(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 797 692**

(51) Int. CI.:

A61H 9/00 (2006.01)
A61B 5/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.10.2016 PCT/US2016/056296**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **13.04.2017 WO17062959**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.10.2016 E 16788305 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.02.2020 EP 3359110**

(54) Título: **Cumplimiento con prenda de compresión**

(30) Prioridad:

09.10.2015 US 201562239527 P
09.10.2015 US 201562239566 P
09.10.2015 US 201562239493 P
29.04.2016 US 201662329233 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.12.2020

(73) Titular/es:

KPR U.S., LLC (100.0%)
777 West Street
Mansfield, MA 02048, US

(72) Inventor/es:

DENSON, JESSE;
WUDYKA, SCOTT y
BECKER, PAUL

(74) Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

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

Cumplimiento con prenda de compresión

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

Esta solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de patente provisional de Estados Unidos n.º de Serie 62/239.566, presentada el 9 de octubre de 2015, titulada "Compression Garment Compliance", la solicitud de patente provisional de Estados Unidos n.º de Serie 62/239.527, presentada el 9 de octubre de 2015, titulada "Determining a Configuration of a Compression Garment", la solicitud de patente provisional de Estados Unidos n.º de Serie 62/239.493, presentada el 9 de octubre de 2015, titulada "Determining a Configuration of a Compression Garment" y la solicitud de patente provisional de Estados Unidos n.º de Serie 62/329.233, presentada el 29 de abril de 2016, titulada "Determining a Configuration of a Compression Garment".

Antecedentes

Los sistemas de compresión neumática intermitente (IPC) incluyen dispositivos usados para aplicar fluido presurizado, tal como aire, a una extremidad de un paciente o usuario. En algunos casos, se aplica aire presurizado a la extremidad inferior de un paciente en riesgo de formación de trombosis venosa profunda (TVP). Un sistema de IPC incluye habitualmente una unidad de bombeo para manejar la presurización del fluido, un conjunto de tubos para extender el suministro de fluido más allá de la unidad de bombeo, y una prenda de compresión la cual se enrolla alrededor de la extremidad de un paciente y contiene el fluido presurizado. El sistema de IPC presuriza de manera intermitente la prenda para aplicar compresión terapéutica a la extremidad del paciente, moviendo la sangre desde esa área de la extremidad. La eficacia de tales sistemas de IPC para la profilaxis de TVP, sin embargo, depende de la adhesión del paciente a un protocolo de tratamiento prescrito que incluye el sistema de IPC. El documento de patente US2012/083712 divulga la supervisión del cumplimiento del paciente con un régimen de terapia de compresión. El Tiempo de Llenado Venoso (VRT) se controla a través de un sensor de presión en una vejiga de un sistema de compresión. Un controlador del sistema de compresión correlaciona el VRT supervisado con un umbral predeterminado para determinar si el paciente está usando el sistema de compresión.

Sumario

En un aspecto, la presente divulgación se dirige a sistemas y métodos para supervisar el cumplimiento de un usuario con un régimen de tratamiento de compresión para el uso de un sistema de compresión. En otro aspecto, la presente divulgación se dirige a sistemas y métodos para determinar si una prenda de compresión se aplica a una extremidad de un usuario.

En un aspecto, un controlador de dispositivo de compresión incluye un dispositivo de memoria, uno o más procesadores acoplados al dispositivo de memoria, e instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en un medio de almacenamiento legible por ordenador. El dispositivo de memoria se configura para almacenar unos parámetros supervisados. Las instrucciones ejecutables por ordenador incluyen unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores dirijan el flujo de fluido desde una fuente de flujo de fluido presurizado para inflar y desinflar una vejiga inflable de una prenda de compresión. La prenda de compresión se configura para enrollarse alrededor de una extremidad de un usuario de la prenda. También se incluyen unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores reciban las señales de presión indicativas de la presión de fluido en la vejiga inflable a partir de un sensor de presión acoplado de manera comunicativa a la vejiga. Los uno o más procesadores, cuando se hace que las instrucciones den lugar a ello, procesan las señales de presión recibidas durante al menos uno de inflado y desinflado de la vejiga inflable. Las señales de presión se usan para detectar la variación en las señales indicativas de un cambio en el estado de la prenda de compresión. Las instrucciones también hacen que los uno o más procesadores cambien un estado de al menos uno de los parámetros supervisados en el dispositivo de memoria en respuesta a detectar la variación en las señales de presión recibidas. El estado cambiado del parámetro supervisado es representativo del cambio en el estado de la prenda de compresión con respecto al uso.

En otro aspecto, un método implementado por ordenador incluye instrucciones ejecutables por ordenador que se ejecutan en los uno o más procesadores que controlan una fuente de flujo de fluido presurizado a través de un ciclo de funcionamiento en el cual se infla y se desinfla al menos una vejiga inflable de una prenda de compresión configurada para enrollarse alrededor de una extremidad de un paciente. Los uno o más procesadores reciben señales de presión indicativas de la presión de fluido en la vejiga a partir de un sensor de presión acoplado de manera comunicativa a la vejiga. Unas instrucciones ejecutables por ordenador que se ejecutan en los uno o más procesadores detectan la variación en las señales de presión recibidas indicativas de un cambio en el estado de la prenda de compresión durante el inflado y desinflado de la vejiga. Las instrucciones ejecutables por ordenador que se ejecutan en los uno o más procesadores también cambian un estado de al menos un parámetro supervisado, almacenado en un dispositivo de memoria en respuesta a detectar la variación en las señales de presión recibidas. El dispositivo de memoria se acopla a los uno o más procesadores y el estado cambiado del parámetro supervisado es representativo del cambio en el estado de la prenda de compresión con respecto al uso.

En aún otro aspecto, un sistema incluye una prenda de compresión y un controlador. La prenda de compresión incluye al menos una vejiga inflable y desinflable y se puede asegurar alrededor de una extremidad de un usuario. El controlador incluye un dispositivo de memoria, uno o más procesadores acoplados al dispositivo de memoria, e instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en un medio de almacenamiento legible por ordenador. El dispositivo de memoria se configura para almacenar unos parámetros supervisados. Las instrucciones ejecutables por ordenador incluyen unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores dirijan el flujo de fluido desde una fuente de flujo de fluido presurizado para inflar y desinflar la vejiga de la prenda de compresión. También se incluyen unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores reciban las señales de presión indicativas de la presión de fluido en la vejiga a partir de un sensor de presión acoplado de manera comunicativa a la vejiga. Los uno o más procesadores, cuando se hace que las instrucciones den lugar a ello, procesan las señales de presión recibidas durante al menos uno de inflado y desinflado de la vejiga inflable. Las señales de presión se usan para detectar la variación en las señales indicativas de un cambio en el estado de la prenda de compresión. Las instrucciones también hacen que los uno o más procesadores cambien un estado de al menos uno de los parámetros supervisados en el dispositivo de memoria en respuesta a detectar la variación en las señales de presión recibidas. El estado cambiado del parámetro supervisado es representativo del cambio en el estado de la prenda de compresión con respecto al uso.

Las realizaciones pueden incluir una o más de las siguientes ventajas.

En algunas realizaciones, la supervisión de cumplimiento de un sistema de compresión se realiza usando una señal indicativa de la presión en una vejiga inflable de una prenda de compresión, que proporciona una indicación en tiempo real del cumplimiento de un usuario con el uso de la prenda de compresión con respecto al uso.

Por ejemplo, esto puede proporcionar una indicación sólida del cumplimiento al mismo tiempo que reduce la carga que supone, para los cuidadores, realizar un seguimiento del cumplimiento.

Otros aspectos, características y ventajas serán evidentes a partir de la descripción y los dibujos, y a partir de las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista en perspectiva de un sistema de compresión que incluye una prenda de compresión y un controlador.
La figura 2 es una representación esquemática del sistema de compresión de la figura 1, incluyendo un diagrama esquemático de un circuito neumático.
La figura 3 es una representación esquemática de otro sistema de compresión ilustrativo de la figura 1, incluyendo un diagrama esquemático de un circuito neumático.
La figura 4 es una representación gráfica de un perfil de presión producido por el sistema de compresión de la figura 1 cuando la prenda de compresión está en una configuración enrollada sobre una forma de pierna, simulando una extremidad de un usuario.
La figura 5 es una representación gráfica de un perfil de presión producido por el sistema de compresión de la figura 1 cuando una prenda de compresión del sistema está en una configuración desenrollada y alejada de la forma de pierna, simulando una extremidad de un usuario.
La figura 6 es una representación gráfica de las señales de presión de colector del sistema de compresión de la figura 1, correspondiendo las señales de presión de colector a las señales de presión de colector para las configuraciones de prenda de compresión enrollada y desenrollada en las figuras 4 y 5, respectivamente.
La figura 7 es un diagrama de flujo de un método de supervisión de cumplimiento que usa el sistema de compresión de la figura 1.
Las figuras 8 y 9 son unos diagramas de flujo de implementaciones ilustrativas del método de supervisión de cumplimiento de la figura 7.
La figura 10 es una representación gráfica de las líneas de ajuste de curva polinómico de la presión en el colector durante una fase de inflado de una vejiga de la prenda de compresión en las configuraciones tanto enrollada como desenrollada.
La figura 11 es una representación gráfica de un perfil de presión producido por el sistema de compresión de la figura 1 cuando la prenda de compresión está en una configuración enrollada sobre una extremidad de un usuario.
La figura 12 es una representación gráfica de un perfil de presión producido por el sistema de compresión de la figura 1 cuando la prenda de compresión está en una configuración desenrollada y alejada de una extremidad de un usuario.
Las figuras 13 y 14 son unos diagramas de flujo de unos métodos de supervisión de cumplimiento que usan el sistema de compresión de la figura 1.
Las figuras 15A - 15C son unas representaciones gráficas de otro perfil de presión producido por el sistema de compresión de la figura 1 cuando la prenda de compresión está en una configuración enrollada sobre una extremidad de un usuario.
La figura 16 es una representación gráfica de otro perfil de presión producido por el sistema de compresión de la figura 1 cuando la prenda de compresión está en una configuración desenrollada y alejada de una extremidad de

un usuario.
Las figuras 17A y 17B son unas representaciones gráficas de otro perfil de presión producido por el sistema de compresión de la figura 1 cuando la prenda de compresión está en una configuración enrollada sobre una extremidad de un usuario.
Las figuras 18 - 23C son unos diagramas de flujo de unos métodos de supervisión de cumplimiento que usan el sistema de compresión de la figura 1.
Las figuras 24 y 25 son unas representaciones gráficas de otro perfil de presión producido por el sistema de compresión de la figura 1 cuando la prenda de compresión está en una configuración enrollada sobre una extremidad de un usuario.

De principio a fin de los dibujos, caracteres de referencia correspondientes indican partes correspondientes.

Descripción detallada

La invención se define por la redacción de las reivindicaciones. Las realizaciones adicionales son de naturaleza ilustrativa.

Como se usa en el presente documento, los términos "proximal" y "distal" representan ubicaciones relativas de componentes, partes y similares de una prenda de compresión cuando se usa la prenda. Por ejemplo, un componente "proximal" se dispone más adyacente al torso del usuario, un componente "distal" se dispone más distante del torso del usuario, y un componente "intermedio" se dispone generalmente en cualquier parte entre los componentes proximal y distal. Además, como se usa en el presente documento, los términos "enrollado" y "desenrollado" definen condiciones de la prenda en donde la prenda se aplica adecuadamente a la extremidad del usuario (enrollada) y en donde la prenda se retira de la extremidad del usuario (desenrollada).

Con referencia a las figuras 1 - 3, un sistema de compresión 1 incluye una prenda de compresión 10 para aplicar terapia de compresión secuencial a una extremidad de un usuario y un controlador 5 que tiene uno o más procesadores 7 e instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en un medio de almacenamiento legible por ordenador 33, incluyendo las instrucciones ejecutables por ordenador unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores controlen el funcionamiento del sistema de compresión 1. La prenda de compresión 10 incluye una vejiga inflable distal 13a, una vejiga inflable intermedia 13b y una vejiga inflable proximal 13c. La prenda de compresión 10 se puede sujetar alrededor de la extremidad del usuario y en una realización se puede ajustar para adaptarse a extremidades de diferentes circunferencias.

Como se describe en detalle adicional a continuación, el controlador 5 controla el funcionamiento del sistema de compresión 1 para realizar un ciclo de inflado, en el cual las vejigas inflables 13a, 13b, 13c se inflan para aplicar presión a la extremidad del usuario para establecer un gradiente de presión aplicado a la extremidad del usuario por las vejigas inflables 13a, 13b, 13c de la prenda de compresión 10 durante uno o más ciclos de compresión. Como también se describe en detalle adicional a continuación, para los fines de esta descripción, cada ciclo de compresión terapéutica incluye fases de inflado para las tres vejigas 13a, 13b, 13c, una fase de declive para las vejigas 13a y 13b y una fase de ventilación para las tres vejigas 13a, 13b, 13c. El final de la presión de ciclo de cada vejiga 13a, 13b, 13c es la presión en cada vejiga 13a, 13b, 13c antes del inicio de la fase de ventilación de la vejiga 13a, 13b, 13c respectiva. Como se explicará en mayor detalle a continuación, el controlador 5 determina, basándose al menos en parte en una presión medida de una o más vejigas inflables 13a, 13b, 13b, si se aplica, o no, la prenda de compresión 10 a (es decir, en una configuración enrollada alrededor de) una extremidad del usuario y, en algunas realizaciones, proporciona una indicación de la determinación (por ejemplo, al incrementar un temporizador, al pausar un temporizador, al proporcionar una alarma audible y / o al proporcionar una indicación visual en una interfaz gráfica de usuario). Determinar si la prenda de compresión 10 se está usando (es decir, en una configuración enrollada alrededor de una extremidad del usuario) proporciona una función de supervisión de cumplimiento la cual permite que el sistema de compresión 1 realice un seguimiento de cuándo la prenda se está usando adecuadamente para lograr el tratamiento prescrito. Como también se describe en detalle adicional a continuación, el controlador 5 puede controlar el funcionamiento del sistema de compresión 1 para realizar un ciclo de inflado, en el cual las vejigas inflables 13a, 13b, 13c se inflan para aplicar presión a la extremidad del usuario para establecer, por ejemplo, un gradiente de presión aplicado a la extremidad del usuario por las vejigas inflables 13a, 13b, 13c de la prenda de compresión 10 durante uno o más ciclos de compresión.

La prenda de compresión 10 es un manguito hasta el muslo que se puede colocar alrededor de la pierna del usuario, con la vejiga distal 13a alrededor del tobillo del usuario, la vejiga intermedia 13b alrededor de la pantorrilla del usuario, y la vejiga proximal 13c alrededor del muslo del usuario. Se entenderá por un experto en la materia que la prenda de compresión 10 puede ser un manguito hasta el tobillo, una prenda para pie, y similares sin apartarse del alcance de la invención. Las vejigas inflables 13a, 13b, 13c se expanden y contraen bajo la influencia del fluido (por ejemplo, aire u otros fluidos) suministrado desde una fuente de fluido presurizado 21 (por ejemplo, una bomba o compresor) en comunicación eléctrica con el controlador 5. La fuente de fluido presurizado 21 suministra fluido presurizado (por ejemplo, aire) a las vejigas inflables 13a, 13b, 13c a través del tubo 23.

Con referencia a la figura 2, cada vejiga inflable 13a, 13b, 13c está en comunicación de fluidos con una válvula 25a,

25b, 25c respectiva. Un sensor de presión 27 está en comunicación (por ejemplo, comunicación de fluidos) con un colector 29 para medir una señal indicativa de presión en el colector 29. La comunicación de fluidos entre el colector 29 y las vejigas inflables 13a, 13b, 13c respectivas se puede controlar a través del control de la posición de las válvulas 25a, 25b, 25c respectivas (por ejemplo, a través de activación y / o desactivación de las válvulas 25a, 25b, 25c respectivas). El sensor de presión 27 está en comunicación eléctrica con el controlador 5 de tal modo que el controlador 5 recibe del sensor de presión 27 unas señales indicativas de la presión del colector 29 y / o una o más de las vejigas inflables 13a, 13b, 13c en comunicación de fluidos con el colector 29 como resultado de las posiciones de las válvulas 25a, 25b, 25c respectivas. Si solo una vejiga 13a, 13b o 13c está en comunicación de fluidos con el colector 29, la señal recibida del sensor de presión 27 es indicativa de la presión de la vejiga 13a, 13b, 13c respectiva en comunicación de fluidos con el colector 29. Por ejemplo, el sensor de presión 27 proporciona una señal indicativa de la presión en la vejiga inflable 13a cuando se abre la válvula 25a y se cierran las válvulas 25b, 25c. De manera similar, el sensor de presión 27 proporciona una señal indicativa de la presión en la vejiga 13b cuando se abre la válvula 25b y se cierran las válvulas 25a y 25c. De igual manera, el sensor de presión 27 proporciona una señal indicativa de la presión en la vejiga inflable 13c cuando se abre la válvula 25c y se cierran las válvulas 25a y 25b. Una válvula de ventilación 25d es accionable para controlar la comunicación de fluidos entre el colector 29 y una lumbrera de ventilación 15, la cual se ventila a la atmósfera ambiente. Todas las vejigas 13a, 13b, 13c se pueden ventilar usando la válvula de ventilación 25d.

Cada válvula 25a, 25b, 25c es una válvula de solenoide, normalmente abierta, de 2 vías / 2 posiciones. Cada válvula 25a, 25b, 25c incluye dos lumbreras y es accionable para colocar una lumbrera de entrada en comunicación de fluidos con una lumbrera de vejiga en una primera posición abierta. Cada válvula 25a, 25b, 25c es accionable adicionalmente para cortar la comunicación de fluidos entre la lumbrera de entrada y la lumbrera de vejiga. La lumbrera de entrada de cada válvula 25a, 25b, 25c está en comunicación de fluidos con la fuente de fluido presurizado 21 y el colector 29. La lumbrera de vejiga de cada válvula 25a, 25b, 25c está en comunicación de fluidos con una vejiga inflable 13a, 13b, 13c respectiva.

Cualquiera de las vejigas 13a, 13b, 13c puede ser puesta en comunicación de fluidos con la fuente de fluido presurizado 21 y el colector 29 por la válvula 25a, 25b, 25c respectiva para suministrar el fluido presurizado a la vejiga 13a, 13b, 13c. Después de que se haya inflado la vejiga 13a, 13b, 13c, la válvula 25a, 25b, 25c respectiva se puede cerrar para contener el fluido en la vejiga 13a, 13b, 13c respectiva. De esta manera, las vejigas 13a, 13b, 13c de la prenda de compresión 10 se puede inflar individualmente al abrir la válvula 25a, 25b, 25c respectiva y al cerrar las otras válvulas 25a, 25b, 25c de tal modo que solo la vejiga 13a, 13b, 13c asociada con la válvula abierta 25a, 25b, 25c se encuentre en comunicación de fluidos con la fuente de fluido presurizado 21 y el colector 29.

La válvula de ventilación 25d también es una válvula de solenoide, normalmente abierta, de 2 vías / 2 posiciones. La válvula de ventilación 25d incluye dos lumbreras y es accionable para poner una lumbrera de entrada en comunicación de fluidos con una lumbrera de ventilación 15 en una primera posición. La lumbrera de entrada de ventilación está en comunicación de fluidos con una lumbrera de ventilación 15 en una primera posición. La válvula de ventilación 25d es accionable adicionalmente para cortar la comunicación de fluidos entre la lumbrera de entrada y la lumbrera de ventilación 15. La lumbrera de entrada de la válvula de ventilación 25d está en comunicación de fluidos con la fuente de fluido presurizado 21 y el colector 29. La lumbrera de ventilación 15 de la válvula de ventilación 25d está en comunicación de fluidos con la atmósfera ambiente.

Se debería apreciar que las válvulas 25a, 25b, 25c, 25d podrían ser de otros tipos y tener otras disposiciones dentro del sistema de compresión 1 sin apartarse del alcance de la presente divulgación. Por ejemplo, con referencia a la figura 3, las válvulas pueden ser válvulas 35a, 35b, 35c, las cuales son válvulas de solenoide de 3 vías / 2 posiciones y son accionables para controlar la presión en las vejigas 13a, 13b, 13c sin una válvula de ventilación.

Con referencia de nuevo a la figura 2, las instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en el medio de almacenamiento legible por ordenador 33 incluyen unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores 7 presuricen (por ejemplo, inflen) las vejigas inflables 13a, 13b, 13c para proporcionar presión cíclica de compresión terapéutica a la extremidad de un usuario. Por ejemplo, las instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en el medio de almacenamiento legible por ordenador 33 incluyen unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores 7 controlen la fuente de fluido presurizado 21 y / o las válvulas 25a, 25b, 25c, 25d para presurizar las vejigas inflables 13a, 13b, 13c a las presiones de compresión terapéutica por una cantidad predeterminada de tiempo para mover la sangre en la extremidad desde las regiones que subyacen las vejigas inflables 13a, 13b, 13c. En el presente documento, la longitud de tiempo que se mantiene la vejiga 13a, 13b a la presión de compresión se denomina fase de declive. Después de la fase de declive sigue una fase de ventilación en la cual las instrucciones ejecutables por ordenador incluyen unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores 7 controlen la fuente de fluido presurizado 21 y / o las válvulas 25a, 25b, 25c, 25d para reducir la presión en las vejigas inflables 13a, 13b, 13c a una presión inferior (por ejemplo, presión atmosférica).

El sistema de compresión 1 puede determinar si la prenda de compresión 10 se aplica a (es decir, se enrolla sobre) la extremidad de un usuario, o no, y, en ciertas realizaciones, puede proporcionar una indicación de esa determinación, lo cual puede facilitar, por ejemplo, el seguimiento del cumplimiento de usuario con un uso terapéutico prescrito de la prenda de compresión 10. Las instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en

el medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio 33 incluyen unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores 7 analicen los datos de señal de presión recibidos del sensor de presión 27 durante un periodo de descompresión de un ciclo terapéutico del sistema de compresión 1. Las instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en el medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio 33 incluyen unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores 7 determinen si las características de los datos de señal de presión recibidos cumplen, o no, con una o más condiciones indicativas de la prenda de compresión 10 colocada en la extremidad de un usuario.

En una realización ilustrativa, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 reciban los datos de señal de presión del sensor de presión 27. Las instrucciones ejecutables por ordenador pueden incluir instrucciones para hacer que los uno o más procesadores 7 procesen una sola forma de onda representativa de las presiones dentro de una o más de las vejigas 13a, 13b, 13c. Se debería apreciar que los uno o más procesadores 7 pueden procesar múltiples formas de onda sin apartarse del alcance de la presente divulgación. Al supervisar las señales de presión y los datos de presión correspondientes durante, por ejemplo, un periodo de descompresión del ciclo de terapia, los uno o más procesadores 7 pueden detectar ciertas características en la forma de onda que son indicativas de si la prenda de compresión 10 se enrolla adecuadamente sobre la extremidad de un usuario o se desenrolla de la extremidad de un usuario. En ciertas realizaciones, durante el periodo de descompresión, el sensor de presión 27 permanece (o se pone deliberadamente) en comunicación constante (por ejemplo, comunicación fluídica y / o mecánica) con una o más de las vejigas 13a, 13b, 13c. Los periodos estáticos ilustrativos incluyen ciclos no terapéuticos (por ejemplo, presiones en las vejigas 13a, 13b, 13c de menos de aproximadamente 3,3325 kPa (25 mmHg)), un subconjunto de un periodo de detección inicial de prenda, y / o un periodo de medición de llenado venoso.

En una operación ilustrativo de la realización de la figura 3, en la cual se utilizan válvulas de 3 vías / 2 posiciones, las instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en el medio de almacenamiento legible por ordenador 33 incluyen unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores 7 controlen una o más válvulas 35a, 35b, 35c para una o más de una vejiga particular 13a, 13b, 13c de tal modo que una trayectoria de fluido se establece entre el sensor de presión 27 y una o más de las vejigas 13a, 13b, 13c.

En una operación ilustrativa de la realización de la figura 2, en la cual se utilizan válvulas de 2 vías / 2 posiciones, las instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en el medio de almacenamiento legible por ordenador 33 incluyen unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores 7 abran o cierren la válvula de ventilación 25d de tal modo que el colector 29 ya no se pueda ventilar. Una o más de las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si se produce la señal recibida del sensor de presión 27 para impulsos y aumentos repentinos de presión aleatorios que se esperan a medida que el usuario se mueve (por ejemplo, mueve la pierna, flexiona la pantorrilla, tose, estornuda, respiración en general, etc.). Debido a que se retiene un volumen de fluido (por ejemplo, aire) dentro de una o más de las vejigas 13a, 13b, 13c y se extiende al colector 29, y de esta manera el sensor de presión 27, incluso un ligero movimiento hace que la vejiga se mueva o cambie de forma y produzca un aumento repentino de presión en la señal de presión generada por el sensor de presión 27. Inversamente, para una prenda de compresión 10 que se retirado de una extremidad del usuario, la señal de presión generada por el sensor de presión 27 es estática y sin ruido aleatorio o impulsos de presión.

Con referencia ahora a la figura 4, un perfil de presión de ciclo de compresión representativo se muestra para la prenda de compresión 10 en una configuración enrollada alrededor de una forma de pierna, la cual simula una pierna de un usuario. La forma de pierna tiene un tamaño, configuración y rigidez similares a la de una pierna humana. En consecuencia, para el propósito de analizar el rendimiento de los algoritmos descritos en esta divulgación, la forma de pierna es una cosa análoga adecuada para una pierna de un usuario humano. A menos que se especifique lo contrario, todos los datos mostrados en el presente documento se adquirieron en una configuración experimental usando la forma de pierna.

Esta gráfica muestra señales de una configuración experimental en la cual se usan sensores de presión para medir la presión en las vejigas individuales 13a, 13b, 13c y el sensor de presión 27 se usa para medir la presión en el colector 29. Como se describe en detalle adicional a continuación, la usar esta configuración experimental, las presiones medidas en las vejigas individuales 13a, 13b, 13c se comparan con la presión medida por el sensor de presión 27 en el colector 29. Se debería apreciar que, durante un uso normal, el controlador 5 recibe las señales a partir del sensor de presión 27 para controlar el funcionamiento del sistema de compresión 1. La figura 4 muestra la correspondencia entre la presión de colector medida por el sensor de presión 27 y la presión medida por los sensores de presión dispuestos en cada vejiga 13a, 13b, 13c.

Un solo ciclo de compresión para al menos una de las vejigas 13a, 13b, 13c incluye una fase de inflado, una fase de declive, y una fase de ventilación para las vejigas 13a, 13b, y una fase de inflado y una fase de ventilación para la vejiga 13c. El diagrama de presión 402 muestra una señal de presión de principio a fin de un solo ciclo de compresión terapéutica para la vejiga distal 13a, el diagrama de presión 404 muestra una presión durante un solo ciclo de compresión terapéutica para la vejiga intermedia 13b, el diagrama de presión 406 muestra una presión durante un solo ciclo de compresión terapéutica para la vejiga proximal 13c, y el diagrama de presión 408 muestra la

presión de colector medida por el sensor de presión 27 durante cada uno de los ciclos de compresión terapéutica antes mencionados. Cada diagrama 402, 404, 406 incluye un periodo de llenado de vejiga inicial el cual define la fase de inflado del ciclo de compresión terapéutica para la vejiga 13a, 13b, 13c respectiva. Una vez que se logra una presión objetivo respectiva en las vejigas 13a, 13b, se detiene el inflado y la presión en la vejiga se puede mantener en o cerca de la presión objetivo que define la fase de declive del ciclo de compresión terapéutica para las vejigas 13a, 13b. Después de la fase de declive, en el caso de las vejigas 13a, 13b, o inmediatamente después de la fase de inflado, en el caso de la vejiga 13c, el fluido en cada vejiga 13a, 13b, 13c se evacúa de la vejiga respectiva durante la fase de ventilación del ciclo de compresión terapéutica para cada vejiga 13a, 13b, 13c.

Al comienzo del ciclo de compresión terapéutica, las válvulas 25b, 25c y 25d se excitan a una posición cerrada. Para inflar la vejiga distal 13a, el fluido presurizado de la fuente de fluido presurizado 21 se suministra a la vejiga distal 13a a través de la válvula 25a y el tubo 23. Una vez que se logra una presión objetivo para la vejiga distal 13a, o después de un periodo de tiempo medido por el temporizador 31 después de lo cual se espera alcanzar la presión objetivo, la válvula 25a se excita para cerrarse, manteniendo el fluido presurizado en la vejiga distal 13a. A continuación, la vejiga intermedia 13b se infla al desexcitar la válvula 25b a una posición abierta de tal modo que el fluido presurizado de la fuente de fluido presurizado 21 fluya hacia la vejiga intermedia 13b. Una vez que se logra una presión objetivo para la vejiga intermedia 13b, o después de un periodo de tiempo medido por el temporizador 31 después de lo cual se espera alcanzar la presión objetivo, la válvula 25b se excita para cerrarse, manteniendo el fluido presurizado en la vejiga intermedia 13b. A continuación, la vejiga proximal 13c se infla al desexcitar la válvula 25c a una posición abierta de tal modo que el fluido presurizado de la fuente de fluido presurizado 21 fluya hacia la vejiga proximal 13c. Una vez que se logra una presión objetivo para la vejiga proximal 13c, o después de un periodo de tiempo medido por el temporizador 31 después de lo cual se espera alcanzar la presión objetivo, las válvulas 25a, 25b y 25d también se desexcitan a las posiciones abiertas respectivas. La válvula de ventilación abierta 25d permite que el fluido en cada una de las vejigas 13a, 13b, 13c se ventile a la atmósfera.

Se ha descrito que el sistema de compresión 1 infla individualmente cada vejiga 13a, 13b, 13c de tal modo que solo una vejiga se llena con fluido presurizado a la vez. Se debería apreciar, sin embargo, que las vejigas 13a, 13b, 13c se pueden inflar simultáneamente de manera adicional y alternativa o cualquier combinación entre sí. En ciertas realizaciones, la apertura y cierre de las válvulas 25a, 25b, 25c y 25d se temporizan de tal modo que la única vejiga 13a, 13b, 13c está en comunicación de fluidos con el sensor de presión 27 y el colector 29 a la vez. Esto facilita, por ejemplo, el uso del sensor de presión 27 para medir una señal indicativa de cada una de la presión de cada una de las vejigas 13a, 13b, 13c.

Las instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en el medio de almacenamiento legible por ordenador 33 incluyen unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores 7 reciban una señal de presión medida a partir del sensor de presión 27 de principio a fin del ciclo de compresión terapéutica. A medida que se infla la vejiga distal 13a, los uno o más procesadores 7 reciben del sensor de presión 27 una señal indicativa de presión en el colector 29, la cual es representativa de la presión en la vejiga distal 13a. De esta manera, se mide la presión de principio a fin de la fase de inflado de la vejiga distal 13a, incluyendo el final de la presión de inflado justo antes de que se cierre la válvula 25a. A medida que se infla la vejiga intermedia 13b, los uno o más procesadores 7 reciben del sensor de presión 27 una señal indicativa de presión en el colector 29, la cual es representativa de la presión en la vejiga intermedia 13b. Se mide la presión de principio a fin de la fase de inflado de la vejiga intermedia 13a, incluyendo el final de la presión de inflado justo antes de que se cierre la válvula 25b. A medida que se infla la vejiga proximal 13c, los uno o más procesadores 7 reciben del sensor de presión 27 una señal indicativa de presión en el colector 29, la cual es representativa de la presión en la vejiga proximal 13c. Se mide la presión de principio a fin de la fase de inflado de la vejiga proximal 13c, incluyendo el final de la presión de inflado.

Las instrucciones ejecutables por ordenador incluyen unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores 7 determinen un final de la presión de ciclo en cada vejiga 13a, 13b, 13c. Como se usa en el presente documento, el final de la presión de ciclo es la presión en cada vejiga 13a, 13b, 13c respectiva antes de la fase de ventilación. De esta manera, para las vejigas 13a, 13b, el final de la presión de ciclo para cada vejiga 13a, 13b es la presión en cada vejiga 13a, 13b al final de la fase de declive respectiva del ciclo de compresión terapéutica de cada vejiga 13a, 13b. Para la vejiga 13c, el final de la presión de ciclo es la presión en la vejiga 13c al final de la fase de inflado de la vejiga 13c.

Para medir el final de la presión de ciclo, las válvulas 25a, 25b, 25c se conmutan a abierto y cerrado de manera secuencial después de que se haya inflado la vejiga proximal 13c a su presión objetivo para medir una presión de final de ciclo en cada una de las vejigas 13a, 13b, 13c (figura 4). Debido a que se abre la válvula 25c por haber inflado la vejiga proximal 13c, el final de la presión de ciclo para la vejiga proximal 13c se mide primero. Como se entenderá a partir de ver el perfil de presión en la figura 6, el final de la presión de inflado y el final de la presión de ciclo para la vejiga proximal 13c son los mismos debido a que la vejiga proximal no pasa por fase de declive. La válvula 25c se puede conmutar a cerrado y después conmutarse a abierto otra vez al final del ciclo de compresión de la vejiga proximal 13c. Los uno o más procesadores 7 conmutan a abierto la válvula 25a y a cerrado la válvula 25c para medir el final de la presión de ciclo para la vejiga distal 13a. Los uno o más procesadores 7 conmutan a abierto la válvula 25b y a cerrado la válvula 25a para medir el final de la presión de ciclo para la vejiga distal 13a. Aunque se describe una secuencia de conmutación específica de las válvulas 25a, 25b, 25c, se debería apreciar que las otras

secuencias de conmutación de las válvulas 25a, 25b, 25c están dentro del alcance de la presente divulgación. En una realización, cada válvula 25a, 25b, 25c se conmuta a abierto durante aproximadamente 150 milisegundos (ms) para medir el final, de la presión de ciclo en la vejiga 13a, 13b, 13c respectiva. Las válvulas 25a, 25b, 25c se podrían conmutar a abierto durante un periodo de tiempo más corto o más largo. Por ejemplo, las válvulas 25a, 25b, 25c se podrían conmutar a abierto durante al menos aproximadamente 75 ms. Aún se visualizan otros periodos de tiempo. Las lecturas de presión medidas por el sensor de presión 27 se almacenan en la memoria 33. Durante el funcionamiento, el ciclo de compresión se repite varias veces en sucesión para completar un tratamiento de compresión.

Las instrucciones ejecutables por ordenador pueden incluir instrucciones para hacer que los uno o más procesadores 7 determinen un ajuste de línea representativo usando el final de la presión de inflado y el final de la presión de ciclo para al menos una de las vejigas 13a, 13b. Al usar los dos puntos de presión, se produce una línea que representa la fase de declive. Los valores de esta línea representativa se comparan con el final de la presión de inflado para una vejiga 13b, 13c para determinar si la presión de la vejiga 13b, 13c inflada subsiguientemente se elevó potencialmente por encima de la presión de la vejiga 13a, 13b previamente inflada en cualquier punto durante el ciclo de compresión.

Con referencia a la figura 5, se ilustra un perfil de presión de ciclo de compresión representativo para una configuración desenrollada del sistema de compresión 1. El funcionamiento del sistema de compresión 1 para producir el perfil de presión de la figura 5 es idéntico al funcionamiento descrito en lo anterior para el perfil de presión de ciclo de compresión de la figura 4. La única diferencia es que las señales de presión en la figura 5 se tomaron cuando la prenda de compresión 10 se encontraba en la configuración desenrollada. Los diagramas de presión 502, 504, 506 muestran una presión real de la vejiga distal 13a, vejiga intermedia 13b, y vejiga proximal 13c de principio a fin de un solo ciclo de compresión cuando la prenda 10 está en la configuración desenrollada. La señal de presión del sensor de presión 27, la cual es la representación de la presión en el colector 29 durante el ciclo de compresión terapéutica, también se muestra en la figura 5 como diagrama de presión 508.

Con referencia a la figura 6, se ponen juntas en un diagrama las señales de presión de los perfiles de presión de ciclo de compresión representativos detectados por el sensor de presión 27 para las configuraciones enrollada y desenrollada. Como se explicará en mayor detalle a continuación, existen características en los perfiles de presión de ciclo de compresión representativos que distinguen las configuraciones enrollada y enrollada. Por ejemplo, con referencia a la figura 5, existe un periodo (por ejemplo, alrededor de 6436 ms) cuando la presión de la vejiga intermedia 13b (504) supera la presión de la vejiga distal 13a (502). Adicionalmente, la presión en las vejigas 13a, 13b, 13c antes de que se inflen las vejigas (es decir, la compensación de presión inicial cuando el tiempo = 0) es ligeramente mayor en la configuración desenrollada. La compensación es resultado de que más aire residual se encuentre en las vejigas 13a, 13b, 13c cuando la prenda 10 se retira de la extremidad. La invención cree esto debido a que el manguito desenrollado se contrae menos, por lo que se aplica menos fuerza de evacuación para expulsar el aire residual (es decir, el manguito es capaz de permanecer "abombado" apareciendo como si fuera de menor volumen). Sin que se desee estar ligado a una teoría, se cree que esta compensación resulta de que se contrae menos la prenda de compresión 10 desenrollada, dando como resultado que se aplique menos fuerza de evacuación para expulsar el aire residual. Adicionalmente, el final de las presiones de inflado para las vejigas 13a y 13b en la configuración desenrollada son ligeramente mayores que el final de las presiones de inflado para las vejigas 13a y 13b en la configuración enrollada. La condición inversa es real para la vejiga proximal 13c en donde el final de la presión de inflado para la configuración enrollada es ligeramente mayor que el final de la presión de inflado para la configuración desenrollada. Otra característica de diferenciación es que existe menos diferencial entre el final de las presiones de inflado en las vejigas distal e intermedia 13a, 13b para la configuración desenrollada que para la configuración enrollada.

Las instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en el medio de almacenamiento legible por ordenador 33 incluyen unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores 7 hagan un modelo de las señales de presión a partir del sensor de presión 27 en las configuraciones tanto enrollada como desenrollada. En una realización, la señal de presión de la fase de inflado de la vejiga distal 13a en la configuración enrollada se modela por una línea de mejor ajuste. Por ejemplo, los modelos son líneas de mejor ajuste generadas por una simple regresión lineal.

El análisis de los datos de señal de presión usando la línea de mejor ajuste puede proporcionar una indicación de si la vejiga 13a está en una configuración enrollada con cumplimiento, o una configuración desenrollada sin cumplimiento cuando la terapia de compresión se está aplicando. La diferencia entre la línea de mejor ajuste y las señales de presión observadas es matemáticamente cuantificable como valor de error cuadrático medio (ECM). En este caso, el valor de ECM es un indicador del grado de curvatura de la tendencia de presión observada durante un intervalo dado tal como el inflado de una vejiga de la prenda de compresión 10. De esta manera, un valor mayor de ECM indica que los datos de ajuste de curva tienen una mayor curvatura, y un menor valor de ECM indica que los datos de ajuste de curva tienen una menor curvatura. En una realización, el diagrama para la configuración enrollada generalmente es más recto (es decir, casi se conforma más a la línea de mejor ajuste correspondiente) que el diagrama para la configuración desenrollada. Matemáticamente esto se traduce en un menor valor de ECM para la línea de ajuste de curva del diagrama para la configuración enrollada. En una realización, un valor de ECM bajo una

cantidad predeterminada indica que la vejiga está en la configuración enrollada, mientras que un valor de ECM mayor que o igual a la cantidad predeterminada indica que la vejiga está en la configuración desenrollada. Se visualiza que otros factores pueden proporcionar una indicación de la configuración de la vejiga.

Con referencia a las figuras 7 - 9, las instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en el medio de almacenamiento legible por ordenador 33 hacen que los uno o más procesadores 7 ejecuten un método 740 para determinar si la prenda de compresión 10 está en la configuración enrollada o desenrollada cuando se está aplicando la terapia de compresión. Las etapas establecidas en la figura 7 describen el método para determinar si la prenda de compresión 10 está en la configuración enrollada o desenrollada a un nivel generalmente alto, y las figuras 8 y 9 describen el método en mayor detalle. Ahora se hará referencia a las tres figuras para describir el método de cumplimiento ejecutado por los uno o más procesadores 7.

Con referencia a las figuras 7 y 8, al inicio del método de determinación de cumplimiento 740, el sistema de compresión 1 opera para inflar y desinflar secuencialmente las vejigas 13a, 13b, 13c para aplicar el tratamiento de compresión a la extremidad de un usuario. El tratamiento de preferencia se realiza de acuerdo con un régimen de compresión predeterminado, el cual incluye entre otras cosas, un periodo de tiempo prescrito en el cual el paciente debería recibir el tratamiento. El cumplimiento del paciente con el tiempo de tratamiento prescrito se supervisa. El sistema de compresión 1 se opera por algunos o más ciclos según se necesite para permitir que el sistema se quede en un estado estable y reúna los datos de estado estable antes de que comience la determinación de cumplimiento. Sin embargo, un temporizador de cumplimiento o contador se puede iniciar antes del comienzo de la determinación de cumplimiento. De esta manera, al inicio del método de determinación de cumplimiento 740, la prenda de compresión 10 está en la configuración enrollada y opera bajo un estado de funcionamiento normal (estado estable). El sistema 1 opera en la etapa 750 bajos las condiciones establecidas por defecto en donde los uno o más procesadores 7 instruyen al sensor de presión 27 a medir la presión en el colector 29 de principio a fin del ciclo de compresión. Los datos de presión se descartan con el paso del tiempo y se sustituyen con nuevos datos de presión más recientes a medida que están disponibles. Los uno o más procesadores 7 comprueban en 760 la aparición de un desencadenante que sugiere que la prenda de compresión 10 se puede haber desenrollado.

En general, se puede producir un desencadenante cuando un resultado medido difiere de un resultado esperado, con el resultado esperado, basándose en el historial de ajuste más reciente y el o los errores de control de estado estable. Un desencadenante puede incluir, por ejemplo y sin limitación, uno o más de los siguientes: un cambio de final de presión de ciclo a partir del ciclo o ciclos de compresión previos para al menos una de las vejigas 13a, 13b, 13c; un cambio de final de presión de inflado del ciclo o ciclos de compresión previos para al menos una de las vejigas 13a, 13b, 13c; un ajuste de la bomba 21 provocado por tal presión (por ejemplo, un error en la medición objetivo); un cambio en los coeficientes de curvatura a partir de la o las fases de inflado previas de al menos una de las vejigas 13a, 13b, 13c; un cambio en la pendiente de fase de inflado a partir del ciclo o ciclos de compresión previos para al menos una de las vejigas 13a, 13b, 13c; un cambio en la presión medida de una o más de las vejigas al final de un ciclo de funcionamiento, un cambio en la pendiente de la presión medida durante la fase de ventilación, un cambio en la compensación inicial de la presión medida desde cero a partir del ciclo o ciclos de compresión previos; una presión en una de las vejigas inflables 13b, 13c que tiene una presión objetivo menor que supera la presión en otra de las vejigas inflables 13a, 13b que tiene una presión objetivo superior, una diferencia más pequeña en la presión pico entre las vejigas 13a y 13b, un cambio en el magnitud de ajuste realizado para el funcionamiento de la bomba 21, un cambio estadísticamente significativo de la forma de onda de presión y cualquier alteración no planificada en las presiones medidas o ajustes no planificados realizados por el sistema de compresión 1.

Con referencia a la figura 8, hasta que se detecta una aparición de desencadenante, el sistema de compresión 1 continúa su funcionamiento normal (etapa 762). Si se detecta una aparición de desencadenante, se hace una determinación en 764 en cuanto a si la aparición supera un estado predeterminado tal como, por ejemplo, un error esperado para el funcionamiento de estado estable. Adicional o alternativamente, un cambio de presión / perturbación que produce una respuesta de sistema de control mayor que tres veces la de un cambio esperado / perturbación podría servir como condición predeterminada. Un "cambio/perturbación esperado" se podría establecer previamente o se podría establecer por criterio mediante el controlador 5 a través del funcionamiento del controlador en un estado establece durante un periodo de tiempo. Adicional o alternativamente, un ajuste a la bomba 21 que es mayor que un umbral predeterminado en comparación con un ajuste más reciente podría servir como condición predeterminada. Por ejemplo, se puede producir un desencadenante cuando un nuevo ajuste de bomba 21 es mayor que el 100 % del ajuste previo. El sistema de compresión 1 continúa 762 el funcionamiento normal si se determina que la aparición de desencadenante no supera el umbral predeterminado o cumple con los criterios.

Con referencia a las figuras 7 y 8, se inicia la recopilación de datos en 770 si se determina que la aparición de desencadenante es válida para su uso en confirmar que se ha producido un cambio en el estado de la prenda de compresión 10 de enrollada a desenrollada. Los uno o más procesadores 7 activan un contador de ciclos de compresión de "manguito retirado" en 772 para contar una cantidad de ciclos de compresión de "manguito retirado" para lo cual se recopilan datos para confirmar la aparición de desencadenante como indicación de que la prenda 10 se ha desenrollado. La cantidad de ciclos de compresión de "manguito retirado" se cuenta en 774 hasta que se obtiene una cantidad suficiente de datos (es decir, señales de presión). La cantidad de ciclos de compresión de "manguito retirado" necesaria para obtener una cantidad suficiente de datos para determinar si la prenda 10 está en

la configuración desenrollada puede ser diferente bajo diferentes circunstancias. En una realización, la cantidad de ciclos de compresión de "manguito retirado" está entre aproximadamente diez y aproximadamente veinte ciclos de compresión. En general, se determina que una cantidad suficiente de datos se obtiene cuando las señales de presión alcanzan de nuevo un estado estable después de la aparición inicial del desencadenante. La memoria 33 almacena los datos asociados con el ciclo de "manguito retirado" por separado de los datos de referencia obtenidos durante el funcionamiento normal del sistema 1. Una vez que se obtienen suficientes datos en 776, los uno o más procesadores 7 recuperan los datos obtenidos durante el funcionamiento normal del sistema 1 en la etapa 778. Los uno o más procesadores 7 analizan los datos de "manguito retirado" después de que las señales de presión alcancen el estado estable en 780 para determinar los valores de presión de vejiga para comparar con los datos obtenidos mientras el sistema de compresión 1 operaba en el estado normal.

Los uno o más procesadores 7 determinan en la etapa 790 si la prenda 10 está en la configuración enrollada o desenrollada al comparar los datos de "manguito retirado" con los datos de referencia de estado operativo normal. El sistema de compresión 1 continúa el funcionamiento normal si los uno o más procesadores 7 determinan en 792 que la prenda 10 no se retirado y aún está en la configuración enrollada. Los uno o más procesadores 7 alteran el registro de un parámetro supervisado si se determina en 794 que la prenda 10 se ha retirado, poniendo la prenda en una configuración desenrollada. Comparar los datos de "manguito retirado" con los datos de estado operativo normal en la etapa 790 puede incluir sin limitación uno o más de: comparar el final de la presión de ciclo de los datos de "manguito retirado" con el final de la presión de ciclo de los datos de estado operativo normal para al menos una de las vejigas 13a, 13b, 13c; comparar el final de la presión de inflado de los datos de "manguito retirado" con el final de la presión de inflado de los datos de estado operativo normal para al menos una de las vejigas 13a, 13b, 13c; comparar los coeficientes de curvatura de un ajuste de curva sobre los datos de "manguito retirado", con los coeficientes de curvatura de un ajuste de curva sobre los datos de estado operativo normal; comparar una pendiente de fase de inflado de los datos de "manguito retirado" con la pendiente de fase de inflado de los datos de estado operativo normal para al menos una de las vejigas 13a, 13b, 13c; comparar la compensación inicial de la presión medida a partir de cero sobre los datos de "manguito retirado" con la compensación inicial de la presión medida a partir de cero de los datos de estado operativo normal; comparar una pendiente de fase de ventilación de los datos de "manguito retirado" con una pendiente de fase de ventilación de los datos de estado operativo normal para al menos una de las vejigas 13a, 13b, 13c; comparar las presiones medidas para determinar si una vejiga inflable que tiene una presión objetivo inferior tiene una mayor presión medida que la presión medida de una vejiga inflable que tiene una mayor presión objetivo; comparar las diferencias en las presiones pico de las vejigas inflables 13a, 13b de los datos de "manguito retirado" con la diferencia en las presiones pico de las vejigas 13a, 13b en los datos de estado operativo normal para una disminución en la diferencia; comparar la magnitud de los ajustes en el funcionamiento de la bomba 21 en los datos de "manguito retirado" con la magnitud de los ajustes realizados en los datos de funcionamiento normal; buscar diferencias estadísticamente significativas en la forma de onda de presión entre los datos de "manguito retirado" y los datos de funcionamiento normal. Por ejemplo, un aumento repentino de presión durante la fase de ventilación de una de las vejigas 13a, 13b, 13c es una indicación de que la prenda 10 está en la configuración enrollada. La etapa de comparación 790 es un análisis de confirmación para confirmar la aparición de desencadenante como indicación de que la prenda está en la configuración desenrollada.

Si las comparaciones de datos 790 indican que un cambio estadísticamente significativo en la presión se produjo por cualquiera de las comparaciones de datos, y por cualquiera de las vejigas 13a, 13b, 13c, los uno o más procesadores 7 indican que la prenda 10 está en la configuración desenrollada y ya no se usa en una forma con cumplimiento. Adicional o alternativamente, los uno o más procesadores 7 requieren confirmación de que se produjo un cambio de presión estadísticamente significativo a partir de al menos dos de las vejigas 13a, 13b, 13c para cualquiera de las comparaciones de datos. Adicional o alternativamente, los uno o más procesadores 7 requieren confirmación de que se produjo un cambio de presión estadísticamente significativo a partir de todas las vejigas 13a, 13b, 13c para cualquiera de las comparaciones de datos. Adicional o alternativamente, los uno o más procesadores 7 requieren confirmación de que se produjo un cambio de presión estadísticamente significativo para al menos dos de las comparaciones de datos.

En respuesta a una confirmación de un cambio de presión, los uno o más procesadores 7 después del registro del parámetro supervisado en la etapa 794 por al menos uno de detener un medidor de cumplimiento de tal modo que no se indican ciclos de compresión adicionales como con cumplimiento con un régimen de terapia de compresión (por ejemplo, un temporizador de cumplimiento deja de incrementarse), proporcionar una indicación de alarma que alerta al usuario o médico del no cumplimiento, detener el funcionamiento del sistema de compresión 1, y almacenar los resultados de la comparación en la memoria 33 (por ejemplo, un indicador).

Opcionalmente, con referencia a la figura 9, el método 740 para determinar si la prenda de compresión 10 está en la configuración enrollada o desenrollada continúa al reunir en la etapa 902 datos adicionales de "manguito retirado" después de que se haya hecho la determinación por los uno o más procesadores 7 de que la prenda 10 está en la configuración desenrollada sin cumplimiento. Los uno o más procesadores 7 analizan y comparan en 904 los datos adicionales de "manguito retirado" con los datos de estado operativo normal. Los uno o más procesadores 7 determinan en 906 que la prenda 10 ha vuelto a la configuración enrollada y de nuevo se usa en una forma con cumplimiento si las comparaciones de datos en 904 indican que los datos adicionales de "manguito retirado" coinciden o casi coinciden con los datos de estado operativo normal para cualquiera de las vejigas 13a, 13b, 13c. En

respuesta, los uno o más procesadores 7 alteran el registro del parámetro supervisado por al menos uno de reanudar el funcionamiento del sistema de compresión 1, reanudar un medidor de cumplimiento de tal modo que los ciclos de compresión subsiguientes se indican como con cumplimiento, proporcionar un mensaje que alerta al usuario o médico del cumplimiento, y almacena los resultados de la comparación en la memoria 33. Los uno o más procesadores 7 continúan reuniendo en 902 datos adicionales de "manguito retirado" hasta que los uno o más procesadores 7 determinan que las señales de presión, tales como las medidas descritas en lo anterior, coinciden o estrechamente coinciden con señal de presión de estado operativo normal si las comparaciones de datos en 904 indican que un cambio estadísticamente significativo en la presión permanece para cualquiera de las comparaciones de datos.

Como se puede observar a partir de las figuras 4 y 5, la medición de presión producida por el sensor de presión 27 es ligeramente mayor que la presión real dentro de la vejiga 13a, 13b, 13c. Con la finalidad de usar la señal de sensor de presión para determinar el cumplimiento, la diferencia en las presiones es insignificante. Alternativamente, al desactivar brevemente la fuente de fluido 21, la presión medida por el sensor de presión 27 se normaliza a la presión real en la vejiga en comunicación de fluidos con el colector 29.

Adicional o alternativamente, la regresión lineal para las fases de inflado de las vejigas 13a, 13b, 13c se puede analizar adicionalmente para comparar entre las condiciones enrollada y desenrollada. Por ejemplo, la desviación típica, los valores P, los valores máximo y mínimo, y un valor promedio se pueden calcular y comparar entre las condiciones enrollada y desenrollada para distinguir adicionalmente entre las dos condiciones. Las estadísticas avanzadas asociadas con los análisis de regresión (por ejemplo, el análisis de ajuste de curva descrito en el presente documento), tal como análisis de residuos, para distinguir las condiciones en manguito y fuera de manguito también están dentro del alcance de la presente divulgación.

Aunque los ajustes de curva para la fase de inflado de las vejigas 13a, 13b, 13c se han descrito como líneas de mejor ajuste, los modelos podrían ser ajustes de curva polinómicos. Con referencia a la figura 10, las señales de presión de la fase de inflado de la vejiga 13a se modelan con un ajuste de curva polinómico de quinto orden en la configuración enrollada (1002) y la configuración desenrollada (1004). El ajuste de curva polinómico de quinto orden representa con precisión una curvatura más dinámica de las fases de inflado sin ser demasiado responsivo a los cambios en las señales de presión. También se visualizan ajustes de curva polinómicos de otro orden. Como ejemplo, se pueden usar menores órdenes tales como cuando la curvatura es menos dinámica y no se requieren mayores órdenes.

Los ajustes de curva polinómicos durante las fases de inflado de las vejigas 13a, 13b, 13c en las configuraciones enrolladas generalmente son más rectas (es decir, más lineales) que los ajustes de curva polinómicos para las fases de inflado de las vejigas 13a, 13b, 13c en la configuración enrollada. Adicionalmente, para las vejigas distal e intermedia 13a, 13b, las presiones de principio a fin de la fase de inflado en la configuración desenrollada son mayores que las presiones durante la fase de inflado en la configuración enrollada. La condición inversa es verdadera para vejiga proximal 13c en donde las presiones de principio a fin de la mayor parte de la fase de inflado en la configuración enrollada son mayores que las presiones durante la mayor parte de la fase de inflado en la configuración desenrollada. Adicionalmente, las presiones de partida, o compensación, para las vejigas 13a y 13b, en la configuración desenrollada son mayores que las presiones de partida para las vejigas 13a y 13b en la configuración enrollada. Al reconocer la aparición de estas características diferentes, el sistema de compresión 1 puede determinar cuándo la prenda 10 está en una configuración enrollada con cumplimiento y cuándo la prenda 10 está en una configuración desenrollada sin cumplimiento.

Adicional o alternativamente, los ajustes de curva polinómicos para las fases de inflado de las vejigas 13a, 13b, 13c se pueden analizar adicionalmente para comparar entre las condiciones enrollada y desenrollada. Por ejemplo, la desviación típica, los valores P, los valores máximo y mínimo, y un valor promedio se pueden calcular y comparar entre las condiciones enrollada y desenrollada para distinguir adicionalmente entre las dos condiciones. Las estadísticas avanzadas asociadas con los análisis de regresión (por ejemplo, el análisis de ajuste de curva descrito en el presente documento), tal como análisis de residuos, para distinguir las condiciones en manguito y fuera de manguito también están dentro del alcance de la presente divulgación.

Con referencia a la figura 11, se ilustra un perfil de presión de ciclo de compresión representativo para una configuración enrollada de la prenda de compresión 10. Esta gráfica ilustra las señales del sensor de presión 27. Un solo ciclo de presión para las tres vejigas 13a, 13b, 13c en una configuración enrollada de la prenda de compresión 10 incluye un periodo de compresión 1102 y un periodo de descompresión 1104. Con referencia a la figura 12, se ilustra un perfil de presión de ciclo de compresión representativo para una configuración desenrollada de la prenda de compresión 10. Un periodo de compresión 1202 y un periodo de descompresión 1204 ilustran un solo ciclo de compresión para las tres vejigas 13a, 13b, 13c para la configuración desenrollada de la prenda de compresión 10. Las instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en el medio de almacenamiento legible por ordenador 33 incluyen unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores 7 supervisen las señales del sensor de presión 27 que son indicativas de las presiones de vejiga durante los periodos de descompresión 1104, 1204. Las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 detecten una diferencia entre la señal de presión del periodo de descompresión 1104 y la señal de presión del periodo de descompresión 1204. Por

ejemplo, la señal de presión durante el periodo de descompresión 1104 incluye impulsos de presión, indicados generalmente en 1106 en la figura 11, los cuales interpreta el controlador 5 como indicativos de movimiento del usuario cuando la prenda de compresión 10 está en una configuración enrollada. La señal de presión durante el periodo de descompresión 1204 es relativamente estática (es decir, no está presente impulso alguno) la cual interpreta el controlador 5 como indicativa de la prenda de compresión 10 que está en una configuración desenrollada. Al analizar las señales de presión de los periodos de descompresión 1104, 1204, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si la prenda de compresión 10 está, o no, en una configuración enrollada o una configuración desenrollada basándose en la presencia (es decir, aparición) o ausencia (es decir, no aparición) de uno o más impulsos de presión 1106 durante los periodos de descompresión 1104, 1204.

Con referencia de nuevo a la figura 11, en otra realización del sistema de compresión 1, las presiones de vejiga de las vejigas 13a, 13b, 13c se bloquean y las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 detecten una elevación (por ejemplo, incremento) en la señal de presión durante el periodo de descompresión 1104 cuando la prenda de compresión 10 está en una configuración enrollada sustancialmente alrededor de una extremidad de un usuario. La señal de presión durante el periodo de descompresión 1204 (figura 12) es relativamente estática (es decir, no está presente elevación de presión alguna) la cual interpreta el controlador 5 como indicativa de la prenda de compresión 10 que está en una configuración desenrollada. Las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si la prenda de compresión 10 está en una configuración enrollada o desenrollada basándose en la presencia (es decir, aparición) o ausencia (es decir, no aparición) de una elevación de presión durante los periodos de descompresión 1104, 1204.

Con referencia a la figura 13, las instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en el medio de almacenamiento legible por ordenador 33 hacen que los uno o más procesadores 7 ejecuten un método 1300 para determinar si la prenda de compresión está en la configuración enrollada o desenrollada al detectar uno o más impulsos de presión en la señal de presión recibida del sensor de presión 27. El sistema de compresión 1 opera en la etapa 1302 para inflar y desinflar las vejigas 13a, 13b, 13c para aplicar tratamiento de compresión a la extremidad de un usuario, y para ventilar las vejigas 13a, 13b, 13c hacia un valor objetivo, tal como 0,1333 - 0,2666 kPa (1 - 2 mmHg). Las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen en la etapa 1304 si la presión en las vejigas 13a, 13b, 13c ha alcanzado el valor objetivo. Si no se ha alcanzado el valor objetivo, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 continúen ventilando las vejigas 13a, 13b, 13c y el proceso vuelve otra vez a la etapa 1304. Si se ha alcanzado el valor objetivo, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 dejen de ventilar las vejigas 13a, 13b, 13c y supervisar la señal de presión a partir del sensor de presión 27 en busca de impulsos durante el periodo de descompresión en la etapa 1306. Se aprecia que una señal filtrada se puede asumir de tal modo que ningún impulso observado se pueda encontrar por encima del ruido de señal de punto de referencia sin apartarse del alcance de la presente divulgación. La señal puede ser filtrada, por ejemplo, por un conjunto de circuitos de filtrado en el controlador 5 y / o por técnicas de filtrado digital implementadas por los uno o más procesadores 7 a través de las instrucciones ejecutables por ordenador. Se aprecia que las instrucciones ejecutables por ordenador pueden hacer que los uno o más procesadores 7 realicen la detección de pico de forma de onda para determinar la amplitud de los picos anómalos frente a los picos dentro del ruido esperado sin apartarse del alcance de la presente divulgación. También se aprecia que las instrucciones ejecutables por ordenador pueden hacer que los uno o más procesadores 7 utilicen la detección de límite de umbral de señal sin apartarse del alcance de la presente divulgación. Por ejemplo, si se detecta un impulso mayor que 0,1333 kPa (1 mmHg) por encima del ruido, entonces ese impulso se considera un impulso de presión. Las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 implementen un contador, con el cual se mantiene un recuento por el número de ciclos consecutivos en los cuales no se observan impulsos.

En la etapa 1308, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si se detectó un impulso por el procesador 7 en la etapa 1306. Si se detectó un impulso durante la etapa 1306, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 restablezcan 1310 el contador a cero debido a que el impulso es indicativo de la prenda de compresión 10 que está en una configuración enrollada sustancialmente alrededor de una extremidad de un usuario. Si no se detectó un impulso durante la etapa 1306, entonces tal no aparición (es decir, ausencia) de un impulso es indicativa de la prenda de compresión 10 que está en una configuración desenrollada alejada de una extremidad de un usuario. En tal caso, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si el recuento del contador ha alcanzado o superado un umbral de contador en la etapa 1312. Por ejemplo, el umbral puede ser diez ciclos consecutivos, aunque un experto en la materia apreciará que el umbral puede ser cualquier valor entero. Alcanzar o superar el umbral indica que la prenda de compresión 10 está en la configuración desenrollada alejada de la extremidad del usuario debido a que se pudo haber detectado una anomalía de presión (por ejemplo, impulso de presión) por los uno o más procesadores 7 si la prenda de compresión 10 se encontraba en la configuración enrollada.

Si los uno o más procesadores 7 determinan en la etapa 1312 que el recuento del contador ha alcanzado o superado un umbral de contador, entonces las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores emprendan una acción requerida en la etapa 1314. Por ejemplo, los uno o más procesadores 7 pueden detener el funcionamiento, parar un temporizador de cumplimiento, alertar a un usuario (por ejemplo, el

usuario o cuidador), y similares. Si los uno o más procesadores 7 determinan en la etapa 1312 que el recuento del contador no ha alcanzado el umbral de contador, entonces las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 incrementen el recuento del contador y ventilen completamente las vejigas 13a, 13b, 13c en la etapa 1316 y el proceso vuelve a la etapa 1302.

En una realización alternativa, el método 1300 de la figura 6 se implementa durante las Mediciones de Llenado Venoso. En tal realización, la vejiga 13b se ventila a una presión mayor (por ejemplo, 0,6665 - 0,9331 kPa (5 - 7 mmHg)) y por lo tanto está más firmemente en contacto con la extremidad del usuario. En la realización, los impulsos de presión debido al movimiento del paciente son aún más claros en la señal de presión del sensor de presión 27.

Con referencia a la figura 14, las instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en el medio de almacenamiento legible por ordenador 33 hacen que los uno o más procesadores 7 ejecuten un método 1400 para determinar si la prenda de compresión está en la configuración enrollada o desenrollada al detectar una elevación (por ejemplo, incremento) en la señal de presión recibida del sensor de presión 27. El sistema de compresión 1 opera en la etapa 1402 para inflar y desinflar las vejigas 13a, 13b, 13c para aplicar tratamiento de compresión a la extremidad de un usuario, y para ventilar las vejigas 13a, 13b, 13c hacia un valor objetivo, tal como 0,1333 - 0,2666 kPa (1 - 2 mmHg). Las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen en la etapa 1404 si la presión en las vejigas 13a, 13b, 13c ha alcanzado el valor objetivo. Si no se ha alcanzado el valor objetivo, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 continúen ventilando las vejigas 13a, 13b, 13c y el proceso vuelve a la etapa 1404. Si se ha alcanzado el valor objetivo, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 dejen de ventilar las vejigas 13a, 13b, 13c y supervisan la señal de presión del sensor de presión 27 para una elevación durante el periodo de descompresión en la etapa 1406. En una realización, se asume una señal filtrada de tal modo que cualquier elevación observada pueda estar por encima del ruido de señal de punto de referencia. La señal puede ser filtrada, por ejemplo, por un conjunto de circuitos de filtrado en el controlador 5 y / o por técnicas de filtrado digital implementadas por los uno o más procesadores 7 a través de las instrucciones ejecutables por ordenador. Los uno o más procesadores 7 supervisan la señal de presión para una elevación de presión mayor que un valor de umbral (por ejemplo, 0,1333 - 0,2666 kPa (1 - 2 mmHg)), lo cual indica que la prenda de compresión 10 está en una configuración enrollada sustancialmente alrededor de una extremidad de un usuario. Una falta de elevación en la señal de presión, o una elevación menor que el valor de umbral, indica que la prenda de compresión 10 está en una configuración desenrollada alejada de una extremidad de un usuario. Las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 implementen un contador, con el cual se mantiene un recuento para cada ciclo que no logra la elevación de presión de umbral.

En la etapa 1408, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si se detectó una elevación de presión mayor que el valor de umbral por el procesador 7 en la etapa 1406. Si se detectó una elevación de presión mayor que el umbral durante la etapa 1406, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 restablezcan 1410 el contador a cero debido a que la elevación de presión es indicativa de la prenda de compresión 10 que está en una configuración enrollada sustancialmente alrededor de una extremidad de un usuario. Si no se detectó una elevación por encima del umbral durante la etapa 1406, entonces tal no aparición de una elevación de presión es indicativa de la prenda de compresión 10 que está en una configuración desenrollada alejada de una extremidad de un usuario. En tal caso, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si el recuento del contador ha alcanzado o superado un umbral de contador en la etapa 1412. Por ejemplo, el umbral puede ser diez ciclos consecutivos, aunque un experto en la materia apreciará que el umbral puede ser cualquier valor entero. Alcanzar o superar el umbral indica que la prenda de compresión 10 está en la configuración desenrollada alejada de la extremidad del usuario debido a que se pudo haber detectado una anomalía de presión (por ejemplo, elevación de presión) por los uno o más procesadores 7 si la prenda de compresión 10 se encontraba en la configuración enrollada.

Si los uno o más procesadores 7 determinan en la etapa 1412 que el recuento del contador ha alcanzado o superado un umbral de contador, entonces las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores emprendan una acción requerida en la etapa 1414. Por ejemplo, los uno o más procesadores 7 pueden detener el funcionamiento, parar un temporizador de cumplimiento, alertar a un usuario (por ejemplo, el usuario o cuidador), y similares. Si los uno o más procesadores 7 determinan en la etapa 1412 que el recuento del contador no ha alcanzado el umbral de contador, entonces las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 incrementen el recuento del contador y ventilen completamente las vejigas 13a, 13b, 13c en la etapa 1416 y el proceso vuelve a la etapa 1402.

En una realización alternativa, la forma real del perfil de presión de la señal generada por el sensor de presión 27 es, en sí misma, un indicador potencial. Por ejemplo, la forma del perfil se podría calcular de tal modo que cuando la función (es decir, la forma) resultante coincida con una función (es decir, una forma) predeterminada, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen que la prenda de compresión 10 está en la configuración enrollada. Inversamente, que la función resultante no coincida con la función predeterminada puede dar como resultado que las instrucciones ejecutables por ordenador hagan que los uno o más

procesadores 7 determinen que la prenda de compresión 10 está en la configuración desenrollada. Tal realización se puede usar con los contadores descritos junto con los métodos 1300, 1400 descritos en lo anterior.

Con referencia a la figura 15A, una señal de presión del sensor de presión 27 se muestra para una de las vejigas 13a, 13b, 13c en una configuración enrollada de la prenda de compresión 10 en una extremidad del usuario durante un periodo de inflado de vejiga representativo 1502 y un periodo de retención de presión 1504. En el ejemplo en la figura 15A, el periodo de retención de presión 1504 tiene aproximadamente veintisiete segundos de duración y representa la vejiga 13a, 13b, 13c inflada a aproximadamente 5,9985 kPa (45 mmHg), el cual es un umbral de inflado típico de un ciclo terapéutico de las vejigas 13a, 13b, 13c. De acuerdo con otra realización de la divulgación, el periodo de retención de presión 1504 puede tener aproximadamente veinte segundos de duración y representa una de las vejigas 13a, 13b o 13c infladas a aproximadamente 26,66 kPa (200 mmHg). En consecuencia, la amplitud de oscilación en la señal de presión para una vejiga inflada a aproximadamente 26,66 kPa (200 mmHg) será mayor que las amplitudes de oscilación ilustradas en el presente documento asociadas para una vejiga inflada a aproximadamente 5,9985 kPa (45 mmHg).

Con referencia a la figura 15B, una forma de onda 1504' muestra el resultado de una técnica de filtrado de paso de banda aplicada a una señal de interés de subconjunto del periodo de retención de presión 1504 de tal modo que un intervalo de frecuencia (por ejemplo, 0,5 Hz a 25 Hz, 0,5 Hz a 5 Hz, etc.) se ha extraído. La porción de subconjunto representativa del periodo de retención de presión 1504 se muestra en una escala más pequeña, en comparación con la figura 15A, de tal modo que los pulsos sean visibles en la señal de presión durante el periodo de retención de presión 1504'. Los pulsos en el impulso de presión en la figura 15B se asocian con un efecto de presión producido en la vejiga 13a, 13b o 13c por el pulso del usuario. Las pulsaciones de forma de onda asociadas con el pulso del usuario de la prenda de compresión 10 siguen siendo claras en la forma de onda 1504'. Las instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en el medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio 33 incluyen unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores 7 reciban una señal del sensor de presión 27, la señal recibida es indicativa de la presión de fluido en una o más de las vejigas 13a, 13b, 13c durante el periodo de inflado de vejiga 1502 y el periodo de retención de presión 1504.

En ciertas realizaciones, las instrucciones ejecutables por ordenador incluyen adicionalmente unas instrucciones que hacen que los uno o más procesadores 7 refinen adicionalmente la señal del sensor de presión 27 para extraer, durante el periodo de retención de presión 1504, solo frecuencias asociadas con el intervalo típico del ciclo cardiaco de un ser humano. Por ejemplo, las instrucciones ejecutables por ordenador pueden incluir instrucciones ejecutables por ordenador para hacer que los uno o más procesadores 7 extraigan (por ejemplo, a través de una técnica de filtrado de paso de banda) frecuencias en el intervalo de 0,5 Hz a 25 Hz.

La figura 15B muestra que, a medida que disminuye la amplitud de oscilación, el impacto del ruido en la señal es más significativo (es decir, la relación de señal a ruido es menor). El pre-procesamiento y / o post-procesamiento adicional de los datos puede ser útil para obtener resultados menos distorsionados. En algunas realizaciones, las instrucciones ejecutables por ordenador incluyen adicionalmente unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores 7 filtren la señal del periodo de retención de presión 1504 para eliminar las frecuencias que no se asocien con un pulso de un usuario humano y para hacer que los uno o más procesadores 7 implementen uno o más algoritmos de detección de picos y / o algoritmos de supervisión de cumplimiento. En ciertas realizaciones, una o más instrucciones ejecutables por ordenador incluyen adicionalmente unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores 7 realicen el pre-procesamiento y / o post-procesamiento adicional para disminuir el impacto del ruido en la señal recibida a partir del sensor de presión 27. Se debería apreciar que la señal recibida a partir del sensor de presión 27 y procesada por los uno o más procesadores 7 incluye pulsación asociada con el latido del corazón del usuario y no con la frecuencia cardiaca real del usuario. Por ejemplo, el flujo sanguíneo a medida que late el corazón del usuario crea presión en al menos una de las vejigas inflables 13a, 13b, 13c, que detecta el sensor de presión 27 y genera señales de presión representativas del mismo.

Con referencia a la figura 15C, la forma de onda 1504' se superpone en una forma de onda 1504", la forma de onda 1504" es el resultado de una técnica de filtrado de algoritmo de suavizado aplicada a la forma de onda 1504' por los uno o más procesadores 7. En esta realización ilustrativa en la figura 15C, el suavizado sigue una ventana rectangular de cinco veces (por ejemplo, 5x) el intervalo de movimiento. Incluso a presiones tan bajas como aquellas asociadas con técnicas típicas de Detección de Llenado Venoso (VRD) (por ejemplo, aproximadamente 0,6665 a aproximadamente 2,666 kPa (de aproximadamente 5 a aproximadamente 20 mmHg)), la forma de onda aún proporciona evidencia de pulsaciones indicativas de suficiente contacto entre el usuario y la prenda de compresión 10.

La figura 16 muestra una señal de presión recibida a partir del sensor de presión 27 durante un perfil de presión de periodo de retención de presión de vejiga representativo 1602 de una de las vejigas 13a, 13b, 13c para una configuración desenrollada de la prenda de compresión 10. La amplitud general del perfil de presión 1602 es menor que las amplitudes del periodo de retención de presión análogo 1504 (mostrada en la figura 15A). La ausencia de pulsos claros repetitivos en el perfil de presión 1602 es una indicación de que la prenda de compresión 10 está en una configuración desenrollada o no es usada adecuadamente por el usuario.

La figura 17A muestra una señal de presión recibida a partir de la señal de presión 27 y el perfil de presión de vejiga representativa para una de las vejigas 13a, 13b, 13c. El perfil de presión incluye un periodo de ciclo de terapia 1702, un periodo de ventilación de vejiga 1704, un periodo de inflado de prueba de vejiga 1706, y un periodo de retención de presión de vejiga 1708. Al final del ciclo de terapia 1702, la vejiga probada (por ejemplo, una de las vejigas 13a, 13b, 13c) se ventila durante el periodo de ventilación de vejiga 1704. Después del periodo de ventilación de vejiga 1704, se aplica un inflado corto a la vejiga probada durante el periodo de inflado de vejiga 1706 hasta que la vejiga probada logra una presión de aproximadamente 3,999 kPa (30 mmHg). Los uno o más procesadores 7 ejecutan instrucciones ejecutables por ordenador de tal modo que la detección de pulso, como se describe adicionalmente a continuación, se realiza por los uno o más procesadores 7 durante el periodo de retención de presión de vejiga 1708, el cual es aproximadamente diez segundos en esta realización ilustrativa. El periodo de retención de presión de vejiga 1708 puede ser por una duración más larga o más corta, siempre y cuando la duración sea lo suficientemente larga para asegurar que se produzcan múltiples pulsos dentro de esa duración.

La figura 17B ilustra una forma de onda 1708' indicativa del resultado de una técnica de filtrado aplicada a una señal de interés durante el periodo de retención de presión 1708. En algunas realizaciones, las instrucciones ejecutables por ordenador incluyen unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores 7 detecten picos dominantes y comprueben que la forma de onda cae dentro de un intervalo esperado (por ejemplo, 60 - 100 pulsaciones por minuto (lpm) para un usuario humano). En algunas realizaciones, el intervalo esperado es 60 - 100 pulsaciones por minuto (lpm) para un usuario humano. Se debería apreciar, sin embargo, que un intervalo más amplio (por ejemplo, 30 - 120 lpm) se puede usar para dar cuenta de usuarios que pueden tener mala salud y / o para dar cuenta de mediciones que se pueden producir en ubicaciones en el cuerpo alejadas del corazón (por ejemplo, la parte inferior de las piernas). En esta realización ilustrativa, los uno o más procesadores 7 detectan la pulsación asociada con el latido del corazón del usuario y no con la frecuencia cardiaca real del usuario.

La figura 18 es una representación esquemática de un método 1800 ilustrativo para analizar los datos de forma de onda recibidos del sensor de presión 27 para determinar si la prenda de compresión 10 está en la configuración enrollada o desenrollada alrededor de una extremidad de un usuario de la prenda al detectar las pulsaciones asociadas con el latido del corazón del usuario. Este método ilustrativo puede ser llevado a cabo por los uno o más procesadores 7 a través de la ejecución instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en el medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio 33.

Los uno o más procesadores 7 ejecutan instrucciones ejecutables por ordenador para hacer un muestreo 1802 de la presión inicial. En algunas realizaciones, el muestreo de la presión inicial se realiza a una tasa de 100 Hz o más y se usa acondicionamiento típico de señales para eliminar el ruido de punto de referencia. Adicional o alternativamente, el muestreo 1802 se puede expandir para incluir atenuación de frecuencias justo por debajo de un valor de corte bajo (por ejemplo, 0,25 Hz).

Un análisis de forma de onda de post-proceso 1804 incluye adicionalmente un filtro de paso de banda 1806, un filtrado adicional 1808 y una detección de picos 1810. Durante el filtro de paso de banda 1806, la señal de interés se filtra usando una técnica de filtrado de paso de banda en un intervalo de frecuencias atípico asociado con un intervalo de frecuencia cardiaca típico de un usuario humano (por ejemplo, 0,5 - 4 Hz para un usuario humano).

Durante el filtrado adicional 1808, los picos de la señal filtrada por paso de banda se refinan adicionalmente. El filtrado adicional puede incluir un filtro de paso bajo con un valor de corte de 5 Hz para producir un valor filtrado. Adicional o alternativamente, el filtrado adicional puede incluir un algoritmo de suavizado que usa las cinco muestras más recientes del intervalo de movimiento para producir un valor filtrado. Se debería apreciar que se puede aplicar más de una técnica de filtrado a la señal filtrada por paso de banda durante el filtrado adicional en la etapa 1808.

Durante una detección de picos 1810, se realiza una detección de picos para comprobar que los picos de la señal filtrada corresponden a un intervalo de latido del corazón de un usuario humano típico. La detección de picos 1810 se puede basar en un umbral predeterminado (por ejemplo, buscar solo los picos con una magnitud mayor que 0,006665 kPa (0,05 mmHg)). Adicional o alternativamente, la detección de picos 1810 se puede basar en examinar las señales repetidas con frecuencias dentro de un intervalo de latido del corazón de un usuario humano típico, independiente de la magnitud (por ejemplo, expandido a 30 - 240 lpm para el margen). Por ejemplo, un cálculo de análisis de frecuencia se puede realizar para comprobar que se detecta una señal repetitiva con la frecuencia dentro del intervalo de latido del corazón de un usuario humano típico. Adicional o alternativamente, la detección de picos 1810 se puede basar en los picos de magnitud más alta y comprobar que la frecuencia de esos picos cae dentro del intervalo de latido del corazón esperado de un usuario humano típico. Se debería apreciar que se puede usar más de una técnica de detección de picos durante la detección de picos 1810. En algunas realizaciones, la detección de picos 1810 incluye una combinación de la detección de picos basándose en un umbral predeterminado y basándose en los picos de magnitud más alta y comprueba que la frecuencia de esos picos cae dentro del intervalo de latido del corazón esperado de un usuario humano típico debido a que la relación de señal a ruido es lo suficientemente alta para que los pulsos sean claramente evidentes.

Las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen 1812 si se detectaron características de un pulso del usuario durante la detección de picos 1810. Si se determina 1812 que las

características de un pulso están presentes, los resultados de una determinación positiva se pueden indicar 1816. Por ejemplo, la indicación 1816 puede incluir enviar una representación visual a un dispositivo de visualización asociado con el sistema de compresión 1. Adicional o alternativamente, la indicación 1816 puede incluir incrementar y / o pausar un temporizador. Tras la indicación 1816, el proceso finaliza en la etapa 1818 y vuelve de nuevo a la etapa 1802. Si no se detecta un impulso en la etapa 1812, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 vuelvan un valor nulo en la etapa 1814. Después de la etapa 1814, el proceso finaliza en la etapa 1818 y vuelve al muestreo 1802.

Con referencia a la figura 19, es una representación esquemática de un método 1900 ilustrativo para analizar los datos de forma de onda recibidos de un sensor de presión (por ejemplo, el sensor de presión 27) para determinar si una prenda de compresión (por ejemplo, prenda de compresión 10) está en la configuración enrollada o desenrollada durante un proceso de verificación de prenda. Para facilitar su explicación y para claridad, el método 1900 se describe para una sola vejiga (por ejemplo, una de las vejigas 13a, 13b o 13c). Se debería apreciar, sin embargo, que el método 1900 se puede repetir para comprobar que las vejigas adicionales corresponden a las diferentes válvulas.

El método 1900 comienza en la etapa 1902 y la válvula de vejiga deseada (por ejemplo, válvula de vejiga 25a, 25b, 25c) se abre 1904. Una fuente de fluido presurizado (por ejemplo, fuente de fluido presurizado 21) se enciende 1906 hasta que la presión en la vejiga correspondiente supera aproximadamente15,996 kPa (120 mmHg).

Una señal de presión se recibe 1908 a partir del sensor de presión 27 durante un periodo de tiempo. Se hace una determinación 1910 con respecto a si están disponibles todos los datos. Si no están disponibles todos los datos, las señales de presión continúan adquiriéndose 1912 y la señal de presión se recibe 1908. Si se hace una determinación 1910 de que todos los datos están disponibles en la etapa 1910, se cierra la válvula correspondiente 1914 y se realiza un algoritmo de detección de pulsos.

En algunas realizaciones, el algoritmo de detección de pulsos incluye una o más etapas del análisis de forma de onda de post-proceso 1804 descrito en lo anterior.

Se hace una determinación 1916 con respecto a si se detecta un pulso después de que se cierre la válvula 1914 y el fluido se aísle en la vejiga. La falta de detección de un pulso es indicativa de que la prenda de compresión 10 está en una configuración desenrollada alejada de una extremidad del usuario en la etapa 1918 y el método procede a la etapa 1932, en donde no se incrementa un tiempo de cumplimiento, antes de finalizar el método en la etapa 1936. La detección de un pulso en la etapa 1916 es indicativa de que la prenda de compresión 10 está en una configuración enrollada alrededor de una extremidad del usuario en la etapa 1920 y el método continúa a la etapa 1930.

En la etapa 1922, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 lean la presión después de que haya transcurrido un segundo después de que se encienda la bomba en la etapa 1906. En la etapa 1924, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si la presión es mayor que 0,2666 kPa (2,0 mmHg). La presión que supera 0,2666 kPa (2,0 mmHg) en la etapa 1924 es indicativa de que la prenda de compresión 10 está presente (por ejemplo, en comunicación de fluidos con la válvula 25a, 25b, 25c) en la etapa 1926 y el método procede a la etapa 1930. La presión que no supera 0,2666 kPa (2,0 mmHg) en la etapa 1924 es indicativa de que la prenda de compresión 10 no está presente (por ejemplo, no está en comunicación de fluidos con la válvula 25a, 25b, 25c) en la etapa 1928 y el método procede a la etapa 1932, en donde no se incrementa un tiempo de cumplimiento, antes de finalizar el método en la etapa 1936.

En la etapa 1930, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si la prenda de compresión 10 está presente y está en una configuración enrollada alrededor de una extremidad del usuario. Si se determina que la prenda de compresión 10 no está presente ni está en una configuración enrollada alrededor de una extremidad del usuario, entonces el método procede a la etapa 1932 en donde un tiempo de cumplimiento no se incrementa antes de finalizar el método en la etapa 1936. Si se determina que la prenda de compresión 10 por los uno o más procesadores 7 está presente y está en una configuración enrollada, entonces el método procede a la etapa 1934 en donde un tiempo de cumplimiento se incrementa antes de finalizar el método en la etapa 1936.

Con referencia a la figura 20, las instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en el medio de almacenamiento legible por ordenador 33 hacen que los uno o más procesadores 7 ejecuten un método 2000 para analizar los datos de forma de onda recibidos del sensor de presión 27 para determinar si la prenda de compresión está en la configuración enrollada o desenrollada después del final de la presión de ciclo. El método 2000 comienza en la etapa 2002 y procede a la etapa 2004, en donde las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 completen un ciclo de compresión profiláctica. En la etapa 2006, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 ventilen las vejigas que corresponden al tobillo y al muslo del usuario (por ejemplo, vejigas 13a y 13c). En la etapa 2008, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 mantengan la presión en la vejiga que corresponde a la pantorrilla del usuario (por ejemplo, vejiga 13b) durante un periodo predeterminado de tiempo (por ejemplo, 10 segundos) y

adquieran las señales de presión a través del sensor de presión 27.

En la etapa 2010, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si están disponibles todos los datos. Si todos los datos no están disponibles en la etapa 2010, entonces el método procede a la etapa 2012 para continuar adquiriendo señales de presión del sensor de presión 27 antes de continuar de nuevo a la etapa 2008. Si todos los datos están disponibles en la etapa 2010, entonces el método procede a una etapa 2014 en donde las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 realicen el algoritmo de detección de pulsos. En algunas realizaciones, el algoritmo de detección de pulsos incluye una o más etapas del análisis de forma de onda de post-proceso 1804 descrito en lo anterior. En la etapa 2016, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si se detecta un impulso en la etapa 2014. La falta de detección de un pulso es indicativa de que la prenda de compresión 10 está en una configuración desenrollada alejada de una extremidad del usuario en la etapa 2022. El método entonces procede a la etapa 2024, en donde las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 no incrementen un tiempo de cumplimiento y hacen que los uno o más procesadores 7 emprendan una o más acciones (por ejemplo, alerten al usuario) antes de finalizar el método en la etapa 2026. La detección de un pulso en la etapa 2016 es indicativa de que la prenda de compresión 10 está en una configuración enrollada alrededor de una extremidad del usuario en la etapa 2018. El método entonces procede a la etapa 2020, en donde las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 incrementen un tiempo de cumplimiento antes de finalizar el método en la etapa 2026.

Con referencia a la figura 21, las instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en el medio de almacenamiento legible por ordenador 33 hacen que los uno o más procesadores 7 ejecuten un método 2100 para analizar los datos de forma de onda recibidos del sensor de presión 27 para determinar si la prenda de compresión está en la configuración enrollada o desenrollada durante una Determinación de Llenado Venoso (VRD). El método 2100 comienza en la etapa 2102 y procede a la etapa 2104, en donde las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 completen un ciclo de compresión profiláctica. En la etapa 2106, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 ventilen las vejigas que corresponden al tobillo y al muslo del usuario (por ejemplo, vejigas 13a y 13c). En la etapa 2108, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 ventilen la presión en la vejiga que corresponde a la pantorrilla del usuario (por ejemplo, vejiga 13b) a un objetivo de VRD. En la etapa 2110, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 realicen VRD según se programó. Una vez que se inicia la medición de VRD, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 comiencen un proceso secundario para adquirir datos de presión a partir del sensor de presión 27 para una detección de pulsos paralela. En la etapa 2114, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 adquieran señales de presión del sensor de presión 27 mientras VRD está en progreso.

En la etapa 2116, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si están disponibles todos los datos. Si todos los datos no están disponibles en la etapa 2116, entonces el método procede a la etapa 2118 para continuar adquiriendo señales de presión del sensor de presión 27 antes de continuar de nuevo a la etapa 2114. Si todos los datos están disponibles en la etapa 2116, entonces el método procede a una etapa 2120 en donde las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 realicen el algoritmo de detección de pulsos. En algunas realizaciones, el algoritmo de detección de pulsos incluye una o más etapas del análisis de forma de onda de post-proceso 1804 descrito en lo anterior. En la etapa 2122, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si se detecta un impulso en la etapa 2120. La falta de detección de un pulso es indicativa de que la prenda de compresión 10 está en una configuración desenrollada alejada de una extremidad del usuario en la etapa 2128. El método entonces procede a la etapa 2130, en donde las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 no incrementen un tiempo de cumplimiento y hacen que los uno o más procesadores 7 emprendan una o más acciones (por ejemplo, alerten al usuario) antes de finalizar el método en la etapa 2132. La detección de un pulso en la etapa 2122 es indicativa de que la prenda de compresión 10 está en una configuración enrollada alrededor de una extremidad del usuario en la etapa 2124. El método entonces procede a la etapa 2126, en donde las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 incrementen un tiempo de cumplimiento antes de finalizar el método en la etapa 2132.

Con referencia a la figura 22, las instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en el medio de almacenamiento legible por ordenador 33 hacen que los uno o más procesadores 7 ejecuten un método 2200 para analizar los datos de forma de onda recibidos del sensor de presión 27 para determinar si la prenda de compresión está en la configuración enrollada o desenrollada como ciclo independiente. El método 2200 comienza en la etapa 2202 y procede a la etapa 2204, en donde las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 completen un ciclo de compresión profiláctica. En la etapa 2206, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 ventilen todas las vejigas 13a, 13b, 13c. En la etapa 2208, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 abran una válvula deseada (por ejemplo, válvula 25b) e inflen una vejiga deseada (por ejemplo, vejiga 13b) a una presión deseada (por ejemplo, 1,333 - 15,996 kPa (10 - 120 mmHg)). En la etapa 2210, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 adquieran señales de presión a través del sensor de presión 27 durante un periodo predeterminado de tiempo (por ejemplo, 10 segundos).

En la etapa 2212, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si están disponibles todos los datos. Si todos los datos no están disponibles en la etapa 2212, entonces el método procede a la etapa 2214 para continuar adquiriendo señales de presión del sensor de presión 27 antes de continuar de nuevo a la etapa 2210. Si todos los datos están disponibles en la etapa 2212, entonces el método procede a una etapa 2216 en donde las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 cierren la válvula correspondiente (por ejemplo, 25b) y realicen el algoritmo de detección de pulsos. En algunas realizaciones, el algoritmo de detección de pulsos incluye una o más etapas del análisis de forma de onda de post-proceso 804 descrito en lo anterior. En la etapa 2218, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si se detecta un impulso en la etapa 2216. La falta de detección de un pulso es indicativa de que la prenda de compresión 10 está en una configuración desenrollada alejada de una extremidad del usuario en la etapa 2224. El método entonces procede a la etapa 2226, en donde las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 no incrementen un tiempo de cumplimiento y hacen que los uno o más procesadores 7 emprendan una o más acciones (por ejemplo, alerten al usuario) antes de finalizar el método en la etapa 2228. La detección de un pulso en la etapa 2218 es indicativa de que la prenda de compresión 10 está en una configuración enrollada alrededor de una extremidad del usuario en la etapa 2220. El método entonces procede a la etapa 2222, en donde las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 incrementen un tiempo de cumplimiento antes de finalizar el método en la etapa 2228.

Las figuras 23A - C son una representación esquemática de un método 2300 ilustrativo para analizar los datos de forma de onda recibidos del sensor de presión 27 para determinar si la prenda de compresión 10 está en la configuración enrollada o desenrollada alrededor de una extremidad de un usuario de la prenda al detectar las pulsaciones asociadas con el latido del corazón del usuario. Este método ilustrativo puede ser llevado a cabo por los uno o más procesadores 7 a través de la ejecución instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en el medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio 33.

El método 2300 comienza y procede a la etapa 2302, en donde las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 completen un ciclo de compresión profiláctica. En la etapa 2304, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 ventilen las vejigas que corresponden a, por ejemplo, el tobillo y muslo del usuario (por ejemplo, vejigas 13a y 13c) y ventilen la vejiga que corresponde a, por ejemplo, la pantorrilla del usuario (por ejemplo, la vejiga 13b) hasta que se logre una presión objetivo. En una realización, la presión objetivo comprende una presión objetivo inferior inicial de aproximadamente 0,6665 a aproximadamente 0,9331 kPa (de aproximadamente 5 a aproximadamente 7 mmHg). Alternativamente, la presión objetivo comprende aproximadamente 3,4658 a aproximadamente 4,2656 kPa (aproximadamente 26 a aproximadamente 32 mmHg) cuando la presión objetivo inferior inicial no produce el resultado esperado. La presión objetivo inferior inicial proporciona un beneficio ilustrativo para ejercer menos presión contra la extremidad del usuario, la cual es más cómoda para el paciente con respecto a mayores presiones, antes de volver a tratar con la presión objetivo más alta, la cual es menos cómoda para el paciente.

Tras alcanzar la presión objetivo, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 retengan la presión en la vejiga que corresponde a la pantorrilla del usuario (por ejemplo, la vejiga 13b) mientras que la señal se adquiere a una tasa de aproximadamente 100 Hz durante un periodo de al menos aproximadamente 15 segundos. En una realización, el periodo comprende el periodo de retención de presión 1504, como se describe adicionalmente en el presente documento. Un periodo de retención de más de aproximadamente 15 segundos también puede que se utilice sin apartarse del alcance de la invención. En la etapa 2308, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 ventilen la presión en la vejiga que corresponde a la pantorrilla del usuario (por ejemplo, vejiga 13b).

Después de la ventilación de la vejiga de medición (por ejemplo, la vejiga 13b), las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 realicen acondicionamiento adicional de señales el cual prepara los datos para el algoritmo de detección de paciente. Como se muestra en la figura 23A, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 filtren por paso de banda 2310 los datos de forma de onda. En una realización, las 1024 muestras adquiridas más recientes, que corresponden a una nueva ventana de tiempo de aproximadamente 10 segundos, se pasa a través del filtro de paso de manda 2310 que tiene una banda de paso de aproximadamente 0,5 - 25 Hz para aislar las señales reflexivas de un ciclo cardiaco del usuario. En una realización, las primeras tres muestras de las 1024 muestras adquiridas se ignoran como periodo de tiempo de ajuste. Se entenderá por un experto en la materia que otras cantidades de muestras adquiridas más recientes pueden utilizase sin apartarse del alcance de la invención. Por ejemplo, cualquier número de muestras adquiridas más recientes que sea la potencia de dos, ayuda en el cálculo de frecuencias.

Las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 pasen el resultado del filtro de paso de banda 2310 a través de un filtro de paso bajo 2312 que tiene una frecuencia de valor de corte de paso bajo de aproximadamente 5 Hz. En una realización, el filtro de paso bajo 2312 elimina adicionalmente el ruido en los datos de forma de onda y revela pulsaciones asociadas con el sistema circulatorio de la extremidad inferior del usuario. Con referencia a la figura 24, una señal ilustrativa del resultado del filtro de paso bajo 2312 se muestra. En la realización, la señal incluye aproximadamente 1024 muestras que tiene pulsaciones nítidas asociadas con el

sistema circulatorio de la extremidad inferior del usuario.

Con los datos filtrados de forma de onda, disponibles, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 realicen varios cálculos subsiguientes en los datos filtrados de forma de onda para determinar si la prenda de compresión 10 está en la configuración enrollada o desenrollada alrededor de una extremidad de un usuario de la prenda. En una realización, los cálculos subsiguientes se denominan como post-procesamiento de la forma de onda filtrada.

Con referencia de nuevo a la figura 23A, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 realicen post-procesamiento de la forma de onda filtrada en 2314, 2316 y 2318. Como se muestra, uno o más procesadores 7 calculan la desviación típica de los datos de forma de onda filtrada y / o porciones de los mismos. Se sabe empíricamente que una prenda de compresión en una configuración desenrollada (es decir, inactiva) tiene una señal de presión de presión plana, estable que incluye solo ruido blanco normal. En contraste, una señal de presión representativa de una presión en una prenda de compresión en una configuración enrollada alrededor de una extremidad de un usuario de la prenda incluye pulsaciones y / u otras características mensurables de señal. Por lo tanto, es posible distinguir una prenda de compresión en una configuración enrollada alrededor de una extremidad de un usuario a partir de una prenda de compresión en una configuración desenrollada basándose, completamente o en parte, en este cálculo.

En una realización, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 dividan la señal filtrada por paso bajo (por ejemplo, 1024 muestras) en cinco grupos de muestras y calcula la desviación típica 2314 (σ) para cada grupo. Se entenderá por un experto en la materia que la señal filtrada por paso bajo se puede dividir en un número diferente de grupos de muestras, tales como cuando se usa un número diferente de muestras, por ejemplo. Un propósito ilustrativo para dividir la señal filtrada por paso bajo en grupos de muestras es aislar las porciones de tiempo. Por ejemplo, se sabe que grandes aumentos repentinos de presión anómala (por ejemplo, debido a que un usuario estornuda, tose, y similares) en una señal de presión representativa se producen durante un tratamiento normal debido al movimiento de la extremidad del usuario y / u otros factores. La división en el tiempo de la señal (por ejemplo, dividir la señal en grupos de muestras) permite que los uno o más procesadores 7 determinen si toda la forma de onda es "estable" o si existe una anomalía dentro de un intervalo particular de la muestra. En una realización, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 calculen la desviación típica total 2314 (σ) para toda la señal filtrada por paso bajo (por ejemplo, 1024 muestras).

Después de calcular la desviación típica, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 realicen la detección de picos 2316. En una realización, los uno o más procesadores 7 procesan la forma de onda filtrada (por ejemplo, 1024 muestras) usando una técnica de formación de ventanas que comprende 32 muestras por ventana. Los uno o más procesadores 7 forman un índice del pico de cada ventana de 32 muestras una después de la otra para producir una forma de onda muestreada en forma descendente que comprende solo los picos de señal (por ejemplo, la señal de interés). Por ejemplo, los uno o más procesadores 7 inicialmente puede formar un índice de cada pico desde 1 hasta 32 y después incrementar el índice por uno (por ejemplo, de 2 a 33) a medida que se generan los datos de señal de forma de onda adicionales. Los uno o más procesadores 7 ignoran los picos negativos. En una realización, la ventana de 32 muestras deja una máxima local para cada semana. Adicional y / o alternativamente, la ventana de 32 muestras reduce el número de muestras por un cuarto, elimina los picos negativos, y proporciona conocimiento de que la señal descendente muestreada es representativa de aproximadamente 10 segundos de tiempo real. Con referencia a la figura 25, se muestra una señal ilustrativa de la salida de la detección de picos 2316, incluyendo solo los tres picos que al final revelan la pulsación de interés. En la realización, la señal incluye aproximadamente 250 a 300 muestras que aún corresponden a aproximadamente 10 segundos de tiempo real. En una realización, el número de muestras variará dependiendo del número de picos identificado por los uno o más procesadores 7. En la realización ilustrada en la figura 25, la frecuencia de muestreo se calcula como el resultado del número de muestras dividido por la cantidad de tiempo (por ejemplo, Muestreo f = N muestras / 10,24 segundos).

Con referencia adicional a la figura 23A, con la forma de onda de detección de picos forma de onda muestreada de forma descendente disponible, los uno o más procesadores 7 utilizan la frecuencia fundamental para ayudar a configurar si la prenda de compresión 10 está en la configuración enrollada alrededor de una extremidad de un usuario de la prenda al realizar una conversión de tiempo a frecuencia 2318. En una realización, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 calculen una Transformada de Fourier (por ejemplo, Transformada Rápida de Fourier) de la señal y produce la magnitud más alta entre 0,5 Hz (por ejemplo, aproximadamente 30 lpm) y 4 Hz (por ejemplo, aproximadamente 200 lpm). Un experto en la materia entenderá que transformadas distintas a la Transformada Rápida de Fourier se pueden usar para descubrir un ciclo cardiaco del usuario sin apartarse del alcance de la invención.

Después de completar el post-procesamiento, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si la prenda de compresión 10 está en una configuración desenrollada o una configuración enrollada alrededor de una extremidad de un usuario de la prenda. Con referencia a la figura 23B, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen, en la etapa 2320, si la desviación típica total 2314 (σ) para toda la señal filtrada por paso bajo (por ejemplo, 1024 muestras) es menor que

o igual a un umbral desenrollado (por ejemplo, 0,25). Cuando los uno o más procesadores 7 determinan que la desviación típica total no es menor que o igual al umbral desenrollado, el método 2300 continúa a la etapa 2336 como se describe adicionalmente en el presente documento. Cuando los uno o más procesadores 7 determinan que la desviación típica total es menor que o igual al umbral desenrollado, el método 2300 continúa a la etapa 2322.

En la etapa 2322, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si un número predeterminado de segmentos (por ejemplo, grupos de muestras) en los cuales se ha dividido la señal filtrada por paso bajo cada una son menores que o iguales al umbral desenrollado (por ejemplo, 0,25). En una realización alternativa, los uno o más procesadores 7 dividen la señal filtrada por paso bajo en cinco grupos de muestras y determinan en 2322 si la desviación típica de cada uno de los cinco grupos de muestras es menor que o igual al umbral desenrollado. Alternativamente, los uno o más procesadores 7 dividen la señal filtrada por paso bajo en cinco grupos de muestras y determinan en 2322 si la desviación típica de al menos tres de los cinco grupos de muestras es menor que o igual al umbral desenrollado. Cuando los uno o más procesadores 7 determinan que cada uno del número predeterminado de segmentos no es menor que o igual al umbral desenrollado, el método 2300 continúa de nuevo a la etapa 2302 para volver a intentar el ciclo. Cuando los uno o más procesadores 7 determinan que cada uno del número predeterminado de segmentos es menor que o igual al umbral desenrollado, el proceso continúa en la etapa 2324.

En la etapa 2324, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si la magnitud más grande (por ejemplo, amplitud más) en el intervalo de 0,5 - 4,0 Hz de la señal transformada de tiempo a frecuencia (por ejemplo, Transformada Rápida de Fourier) es menor que o igual a un umbral X (por ejemplo, 0,2). Cuando los uno o más procesadores 7 determinan que la magnitud más grande en el intervalo de 0,5 - 4,0 Hz no es menor que o igual al umbral X, el método 2300 finaliza. Cuando los procesadores 7 determinan en 2324 que la magnitud más grande en el intervalo de 0,5 - 4,0 Hz es menor que o igual al umbral X, los uno o más procesadores 7 determinan en 2326 que la prenda de compresión 10 está en una configuración desenrollada. En una realización, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 declaren que la prenda de compresión 10 está en una configuración desenrollada (por ejemplo, el usuario no está usando la prenda de compresión) cuando el resultado booleano de la etapa 2320 es un verdadero lógico Y el resultado de la etapa 2322 es un verdadero lógico Y el resultado de la etapa 2324 es un verdadero lógico.

En la etapa 2328, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si la detección de configuración desenrollada en 2326 es la segunda determinación consecutiva. Cuando los uno o más procesadores 7 determinan que la detección de configuración desenrollada 2326 no es la segunda detección consecutiva, el método 2300 continúa de nuevo a la etapa 2302 para realizar una segunda medición en el siguiente ciclo para la extremidad correspondiente del usuario. Cuando los uno o más procesadores 7 determinan que la configuración desenrollada 2326 es la segunda detección consecutiva, el método 2300 continúa al menos a una de las tres etapas. En la etapa 2330, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 activen una alerta audible, tal como a través de un altavoz y / u otros dispositivos electromecánicos que producen sonido conectado al controlador 5 del sistema de compresión 1. En una realización, la alerta es una alerta audible de varios tonos. En la etapa 2332, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 visualicen un mensaje de error en un dispositivo de visualización asociado con el sistema de compresión 1. En la etapa 2334, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 no incrementen un tiempo de cumplimiento antes de finalizar el método 2300. En una realización, la prenda de compresión 10 que se usa para terapia no se detiene al detener 2334 el tiempo de cumplimiento y el tiempo de cumplimiento permanece en su estado actual hasta que recibe una respuesta a través de un dispositivo de visualización y / o un dispositivo de entrada (por ejemplo, de un usuario humano).

Con referencia a la figura 23C, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen, en la etapa 2336, si la desviación típica total 2314 (σ) para toda la señal filtrada por paso bajo (por ejemplo, 1024 muestras) es mayor que o igual a un umbral enrollado (por ejemplo, 0,35). Cuando los uno o más procesadores 7 determinan que la desviación típica total no es mayor que o igual al umbral enrollado, el método 2300 continúa de nuevo a la etapa 2302. Cuando los uno o más procesadores 7 determinan que la desviación típica total es mayor que o igual al umbral enrollado, el método 2300 continúa a la etapa 2338 y / o etapa 2340.

En una realización, el método 2300 continúa a la etapa 2338 en la cual las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si la desviación típica total 2314 (σ) para toda la señal filtrada por paso bajo (por ejemplo, 1024 muestras) es menor que o igual a un umbral de límite máximo (por ejemplo, 10,0). Cuando los uno o más procesadores 7 determinan que la desviación típica total para toda la señal filtrada por paso bajo no es menor que o igual al umbral de límite máximo, el método 2300 finaliza. Cuando los uno o más procesadores 7 determinan que la desviación típica total de toda la señal filtrada por paso bajo es menor que o igual al umbral de límite máximo, el método 2300 continúa a la etapa 2340.

En la etapa 2340, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si un número predeterminado de segmentos (por ejemplo, grupos de muestras) en los cuales se ha dividido la señal filtrada por paso bajo cada una son mayores que o iguales al umbral enrollado (por ejemplo, 0,35). En una realización, los uno o más procesadores 7 dividen la señal filtrada por paso bajo en cinco grupos de muestras y

determinan 2340 si la desviación típica de cada uno de los cinco grupos de muestras es mayor que o igual al umbral enrollado. Alternativamente, los uno o más procesadores 7 dividen la señal filtrada por paso bajo en cinco grupos de muestras y determinan 2340 si la desviación típica de al menos tres de los cinco grupos de muestras es mayor que o igual al umbral enrollado. Cuando los uno o más procesadores 7 determinan que cada uno del número predeterminado de segmentos no es mayor que o igual al umbral enrollado, el método 2300 continúa de nuevo a la etapa 2302 para volver a intentar el ciclo. Cuando los uno o más procesadores 7 determinan que cada uno del número predeterminado de segmentos es mayor que o igual al umbral enrollado, el proceso continúa a la etapa 2342 y / o etapa 2344.

En la etapa 2342, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si cada uno de un número predeterminado de segmentos (por ejemplo, grupos de muestras) en los cuales se ha dividido la señal filtrada por paso bajo cada una son menores que o iguales al umbral de límite máximo (por ejemplo, 10,0). Cuando los uno o más procesadores 7 determinan que el número predeterminado de segmentos (por ejemplo, los cinco o al menos tres de cinco) no es menor que o igual al umbral de límite máximo, el método 2300 finaliza. Cuando los uno o más procesadores 7 determinan que el número predeterminado de segmentos cada uno es menor que o igual al umbral de límite máximo, el método 2300 continúa a la etapa 2344.

En la etapa 2344, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 determinen si la magnitud más grande (por ejemplo, la amplitud más alta) en el intervalo de 0,5 - 4,0 Hz de la señal transformada de tiempo a frecuencia (por ejemplo, Transformada Rápida de Fourier) es tanto mayor que un umbral Y (por ejemplo, 20) como menor que o igual a un umbral Z (por ejemplo, 50,0). Cuando los uno o más procesadores 7 determinan que la magnitud más grande en el intervalo de 0,5 - 4,0 Hz no es mayor que el umbral Y, y menor que o igual al umbral Z, el método 2300 finaliza. Los uno o más procesadores 7 determinan que la prenda de compresión 10 está en una configuración enrollada 2346 alrededor de una extremidad de un usuario de la prenda cuando los uno o más procesadores 7 determinan que la magnitud más grande en el intervalo de 0,5 - 4,0 Hz es mayor que el umbral Y, y menor que o igual al umbral Z. En una realización, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 declaren que la prenda de compresión 10 está en una configuración enrollada (por ejemplo, el usuario está usando la prenda de compresión) cuando el resultado booleano de la etapa 2336 es un verdadero lógico Y el resultado de la etapa 2338 es un verdadero lógico Y el resultado de la etapa 2340 es un verdadero lógico Y el resultado de la etapa 2342 es un verdadero lógico Y el resultado de la etapa 2344 es un verdadero lógico. Alternativamente, las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 declaren que la prenda de compresión 10 está en una configuración enrollada cuando el resultado booleano de la etapa 2336 es un verdadero lógico Y el resultado de la etapa 2340 es un verdadero lógico Y el resultado de la etapa 2344 es un verdadero lógico.

Después de determinar que la prenda de compresión 10 está en la configuración enrollada 2346, el método 2300 continúa a la etapa 2348 en la cual las instrucciones ejecutables por ordenador hacen que los uno o más procesadores 7 incrementen un tiempo de cumplimiento antes de finalizar el método 2300.

Aunque se han descrito ciertas realizaciones, adicional o alternativamente son posibles otras realizaciones.

Aunque los sistemas de compresión se han descrito como usados con manguitos de compresión hasta el muslo, se debería entender que los sistemas de compresión se pueden usar adicional o alternativamente con otros tipos de prendas de compresión. Por ejemplo, los sistemas de compresión se pueden usar con manguitos de compresión hasta los tobillos y / o con manguitos que tienen un número diferente de vejigas configuradas para disponerse sobre diferentes áreas del cuerpo del usuario.

Las realizaciones se pueden implementar en conjuntos de circuitos electrónicos digitales, o en hardware, firmware, software informático, o en combinaciones de los mismos. El controlador del sistema de compresión se puede implementar en un producto de programa informático materializado de manera tangible o almacenado en un dispositivo de almacenamiento legible por máquina para su ejecución por un procesador programable; y las acciones de método pueden ser realizadas por un procesador programable que ejecuta un programa de instrucciones para realizar funciones del controlador del sistema de compresión al operar en datos de entrada y generar resultados. El controlador del sistema de compresión se puede implementar en uno o más programas informáticos que se pueden ejecutar en un sistema programable que incluye al menos un procesador programable acoplado para recibir datos e instrucciones de, y para transmitir datos e instrucciones a, un sistema de almacenamiento de datos, al menos un dispositivo de entrada, y al menos un dispositivo de salida. Cada programa informático se puede implementar en un procedimiento de alto nivel o lenguaje de programación orientado a objetos, o en lenguaje de ensamblaje o de máquina si se desea; y, en cualquier caso, el lenguaje puede ser un lenguaje compilado o interpretado.

Procesadores adecuados incluyen, a modo de ejemplo, ambos microprocesadores de propósito general y especial. En general, un procesador recibirá instrucciones y datos de una memoria de solo lectura y / o una memoria de acceso aleatorio. En general, un ordenador incluirá uno o más dispositivos de almacenamiento masivo para almacenar archivos de datos; tales dispositivos incluyen discos magnéticos, tales como discos duros internos, discos removibles; discos magneto-ópticos; y discos ópticos. Los dispositivos de almacenamiento adecuados para materializar, de forma tangible, instrucciones de programa informático y datos incluyen todas las formas de memoria

no volátil, incluyendo, a modo de ejemplo, dispositivos de memoria de semiconductores, tales como dispositivos de memoria flash, EPROM y EEPROM; disco magnéticos tales como discos duros internos y discos magneto- ópticos removibles; discos magneto-ópticos; y discos CD_ROM. Cualquiera de los anteriores puede ser complementado por, o incorporarse en, ASIC (circuitos integrados de aplicación específica) o FPGA (disposiciones lógicas programables en campo).

REIVINDICACIONES

1. Un controlador de dispositivo de compresión para supervisar el cumplimiento de un usuario con respecto al uso de un dispositivo de compresión, comprendiendo el controlador:

un dispositivo de memoria configurado para almacenar uno o más parámetros supervisados;
uno o más procesadores acoplados al dispositivo de memoria; e
instrucciones ejecutables por ordenador materializadas en un medio de almacenamiento legible por ordenador, incluyendo las instrucciones ejecutables por ordenador unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores hagan que el controlador:

dirija el flujo de fluido desde una fuente de flujo de fluido presurizado para inflar y desinflar al menos una vejiga inflable de una prenda de compresión configurada para ser enrrollada alrededor de una extremidad de un usuario de la prenda;
reciba unas primeras señales de presión indicativas de la presión de fluido en la al menos una vejiga inflable a partir de un sensor de presión acoplado de manera comunicativa a la misma durante al menos uno de inflado y desinflado de la al menos una vejiga inflable en un primer ciclo de compresión;
reciba unas segundas señales de presión indicativas de la presión de fluido en la al menos una vejiga inflable a partir del sensor de presión acoplado de manera comunicativa a la misma durante al menos uno de inflado y desinflado de la al menos una vejiga inflable en un segundo ciclo de compresión;
procese las señales de presión recibidas;
detecte una variación entre las primeras señales de presión y las segundas señales de presión, siendo la variación indicativa de un cambio en el estado de la prenda de compresión; y
cambie un estado de al menos uno de los parámetros supervisados en el dispositivo de memoria en respuesta a detectar la variación, en donde el estado cambiado del parámetro supervisado es representativo del cambio en el estado de la prenda de compresión.

2. El controlador de dispositivo de compresión de la reivindicación 1, en donde las instrucciones para hacer que los uno o más procesadores hagan que el controlador cambie el estado del parámetro supervisado incluyen unas instrucciones para uno de incrementar un temporizador de cumplimiento y pausar el temporizador de cumplimiento.

3. El controlador de dispositivo de compresión de la reivindicación 1, incluyendo las instrucciones ejecutables por ordenador unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores hagan que el controlador:

en respuesta a la variación detectada, verifique el cambio en el estado de la prenda de compresión usando al menos un análisis de confirmación a lo largo de ciclos subsiguientes de inflado y desinflado de la al menos una vejiga inflable; y
basándose al menos en parte en los resultados del al menos un análisis de confirmación, cambie el estado del parámetro supervisado,
en donde cambiar el estado del parámetro supervisado comprende uno de dejar de incrementar un temporizador representativo del tiempo que el usuario está cumpliendo con un régimen de terapia de compresión y comenzar a incrementar el temporizador.

4. El controlador de dispositivo de compresión de la reivindicación 1, incluyendo las instrucciones ejecutables por ordenador unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores hagan que el controlador accione una válvula de ventilación para mantener una presión no terapéutica en la al menos una vejiga.

5. El controlador de dispositivo de compresión de la reivindicación 1, en donde la variación es una amplitud oscilante como una función del tiempo representativa de un pulso del usuario de la prenda de compresión, e incluyendo las instrucciones ejecutables por ordenador unas instrucciones para hacer que los uno o más procesadores hagan que el controlador, basándose al menos en parte en la amplitud oscilante detectada como una función del tiempo representativa de un pulso del usuario, indique si la prenda de compresión es usada por el usuario.

6. El controlador de dispositivo de compresión de la reivindicación 5, en donde las instrucciones para recibir señales de presión indicativas de la presión de fluido en la al menos una vejiga inflable incluyen unas instrucciones para recibir las señales indicativas de presión de fluido mientras la al menos una vejiga inflable se infla a una presión no terapéutica.

7. El controlador de dispositivo de compresión de la reivindicación 5, en donde las instrucciones para procesar las señales de presión recibidas incluyen unas instrucciones para:

filtrar por paso de banda las señales de presión recibidas para extraer unas frecuencias de aproximadamente 0,5 Hz a aproximadamente 5 Hz;
filtrar por paso bajo las señales filtradas por paso de banda a una frecuencia de aproximadamente 5 Hz o menos;
dividir en el tiempo las señales filtradas por paso bajo en una pluralidad de grupos de muestras; y
detectar una anomalía que comprende al menos una porción de las señales filtradas por paso bajo dentro de uno

o más de los grupos de muestras al calcular una desviación típica de la pluralidad de grupos de muestras como un todo y calcular una desviación típica de cada grupo de muestras.

8. El controlador de dispositivo de compresión de la reivindicación 7, en donde las instrucciones para procesar las señales de presión recibidas incluyen unas instrucciones para detectar picos en las señales filtradas por paso bajo en un intervalo de frecuencia de aproximadamente 0,5 Hz a aproximadamente 3,5 Hz.

9. Un método implementado por ordenador para supervisar el cumplimiento de un usuario con respecto al uso de un dispositivo de compresión, comprendiendo el método:

controlar, mediante unas instrucciones ejecutables por ordenador que se ejecutan en uno o más procesadores, una fuente de flujo de fluido presurizado a través de un ciclo de funcionamiento en el cual se infla y se desinfla al menos una vejiga inflable de una prenda de compresión configurada para ser enrollada de una extremidad de un paciente;
recibir, mediante los uno o más procesadores, a partir de un sensor de presión acoplado de manera comunicativa a la vejiga, unas primeras señales de presión indicativas de la presión de fluido en la vejiga durante al menos uno de inflado y desinflado de la al menos una vejiga inflable de un primer ciclo de compresión;
recibir, mediante los uno o más procesadores, a partir de un sensor de presión acoplado de manera comunicativa a la vejiga, unas segundas señales de presión indicativas de la presión de fluido en la vejiga durante al menos uno de inflado y desinflado de la al menos una vejiga inflable de un segundo ciclo de compresión;
detectar, mediante unas instrucciones ejecutables por ordenador que se ejecutan en los uno o más procesadores, una variación entre las primeras señales de presión y las segundas señales de presión, siendo la variación indicativa de un cambio en el estado de la prenda de compresión; y
cambiar, mediante unas instrucciones ejecutables por ordenador que se ejecutan en los uno o más procesadores, un estado de al menos un parámetro supervisado almacenado en un dispositivo de memoria en respuesta a detectar la variación, en donde el dispositivo de memoria se acopla a los uno o más procesadores, y en donde el estado cambiado del parámetro supervisado es representativo del cambio en el estado de la prenda de compresión.

10. El método de la reivindicación 9, en donde cambiar el estado del parámetro supervisado comprende al menos uno de incrementar y pausar un temporizador de cumplimiento.

11. El método de la reivindicación 9, que comprende adicionalmente:

verificar, mediante unas instrucciones ejecutables por ordenador que se ejecutan en los uno o más procesadores, el cambio en el estado de la prenda de compresión usando al menos un análisis de confirmación a lo largo de ciclos subsiguientes de inflado y desinflado de la vejiga, en donde dicha verificación se realiza en respuesta a la variación detectada; y
cambiar, mediante las instrucciones ejecutables por ordenador que se ejecutan en los uno o más procesadores, el estado del parámetro supervisado basándose al menos en parte en los resultados del al menos un análisis de confirmación.

12. El método de la reivindicación 9, en donde la variación es una de una elevación de presión y un impulso de presión, comprendiendo adicionalmente el método indicar, mediante unas instrucciones ejecutables por ordenador que se ejecutan en los uno o más procesadores, si la prenda de compresión es usada por el paciente.

13. El método de la reivindicación 12, que comprende adicionalmente accionar, mediante los uno o más procesadores que ejecutan instrucciones a tal efecto, una válvula de ventilación para mantener una presión no terapéutica en la vejiga.

14. El método de la reivindicación 9, en donde la variación es una amplitud oscilante como una función del tiempo representativa de un pulso del paciente, comprendiendo adicionalmente el método indicar, mediante unas instrucciones ejecutables por ordenador que se ejecutan en los uno o más procesadores, si la prenda de compresión es usada por el paciente basándose en al menos la amplitud oscilante detectada como una función del tiempo representativa de un pulso del paciente.

15. El método de la reivindicación 14, en donde dicha detección de la variación en las señales de presión recibidas comprende:

filtrar por paso de banda, mediante las instrucciones ejecutables por ordenador que se ejecutan en los uno o más procesadores, las señales de presión recibidas para extraer unas frecuencias de aproximadamente 0,5 Hz a aproximadamente 5 Hz;
filtrar por paso bajo, mediante las instrucciones ejecutables por ordenador que se ejecutan en los uno o más procesadores, las señales filtradas por paso de banda a una frecuencia de aproximadamente 5 Hz o menos;
dividir en el tiempo, mediante las instrucciones ejecutables por ordenador que se ejecutan en los uno o más

procesadores, las señales filtradas por paso bajo en una pluralidad de grupos de muestras;
detectar, mediante las instrucciones ejecutables por ordenador que se ejecutan en los uno o más procesadores, una anomalía que comprende al menos una porción de las señales filtradas por paso bajo dentro de uno o más de los grupos de muestras al calcular una desviación típica de la pluralidad de grupos de muestras como un todo y calcular una desviación típica de cada grupo de muestras; y
detectar, mediante las instrucciones ejecutables por ordenador que se ejecutan en los uno o más procesadores, uno o más picos en las señales filtradas por paso bajo en un intervalo de frecuencia de aproximadamente 0,5 Hz a aproximadamente 3,5 Hz.

FIG. 1

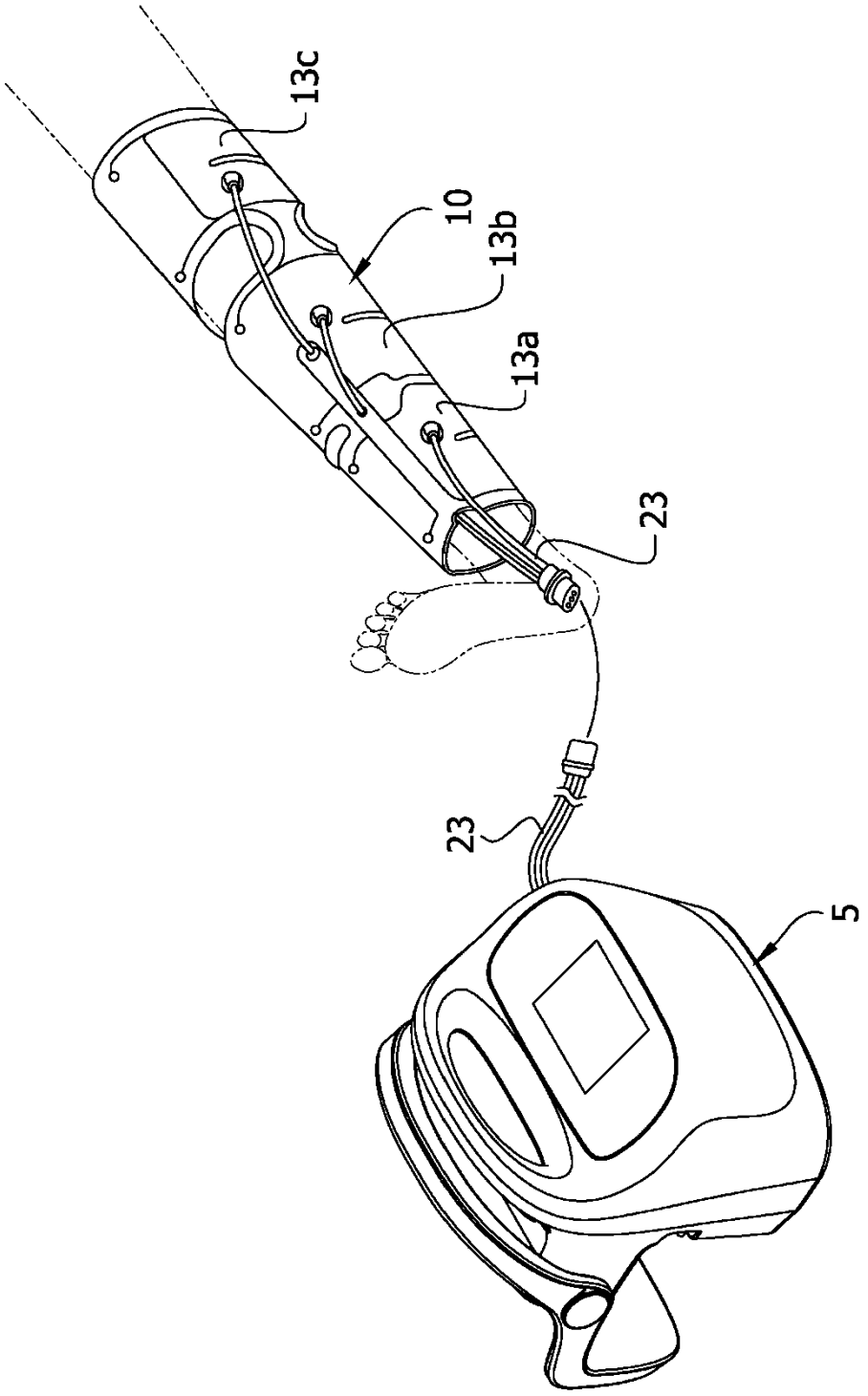


FIG. 2

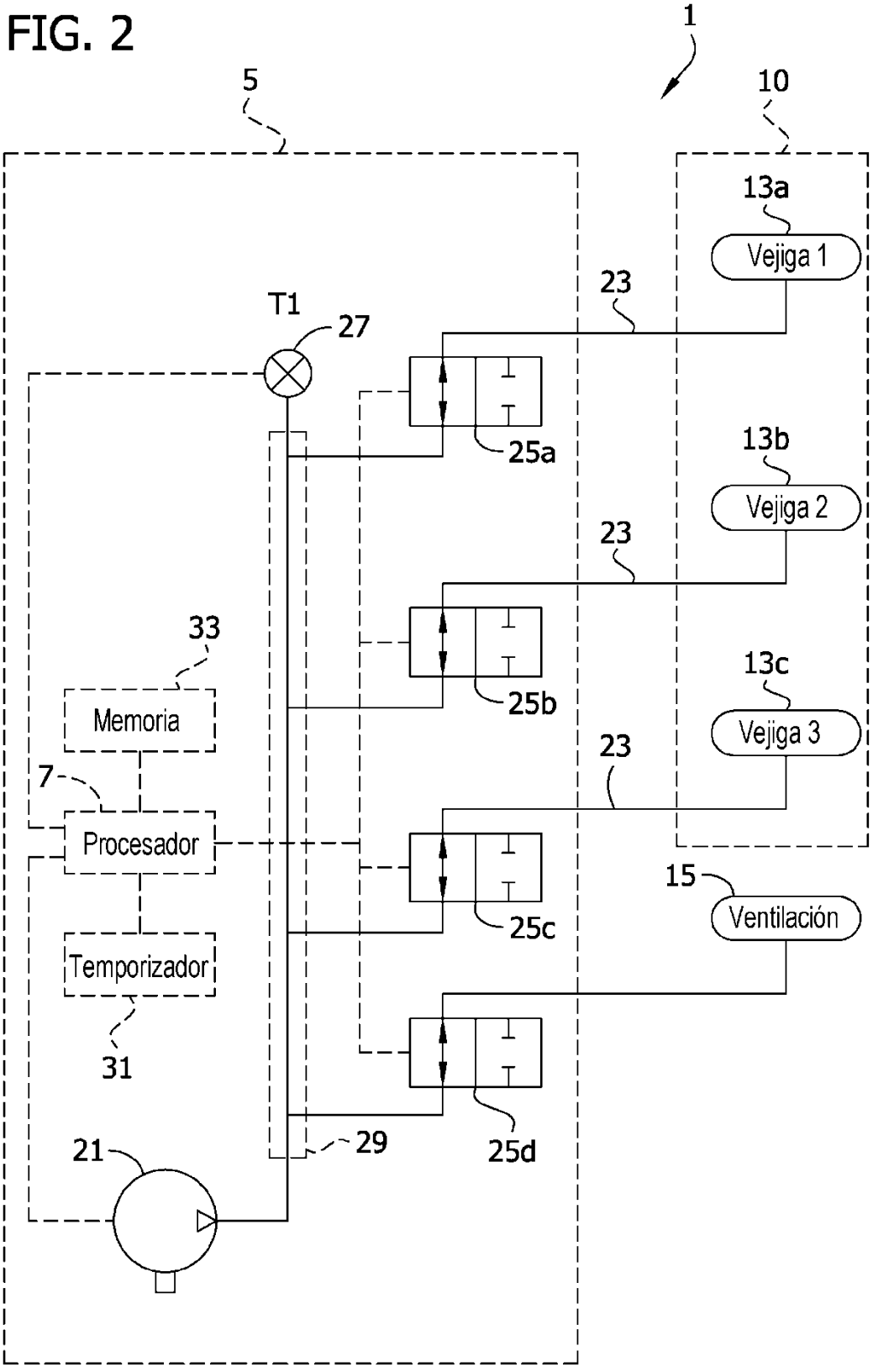

1
5
10
13a
Vejiga 1
23
T1
27
25a
13b
Vejiga 2
23
33
25b
13c
Vejiga 3
Memoria
23
7
Procesador
15
Ventilación
25c
Temporizador
31
29
21
25d

FIG. 3

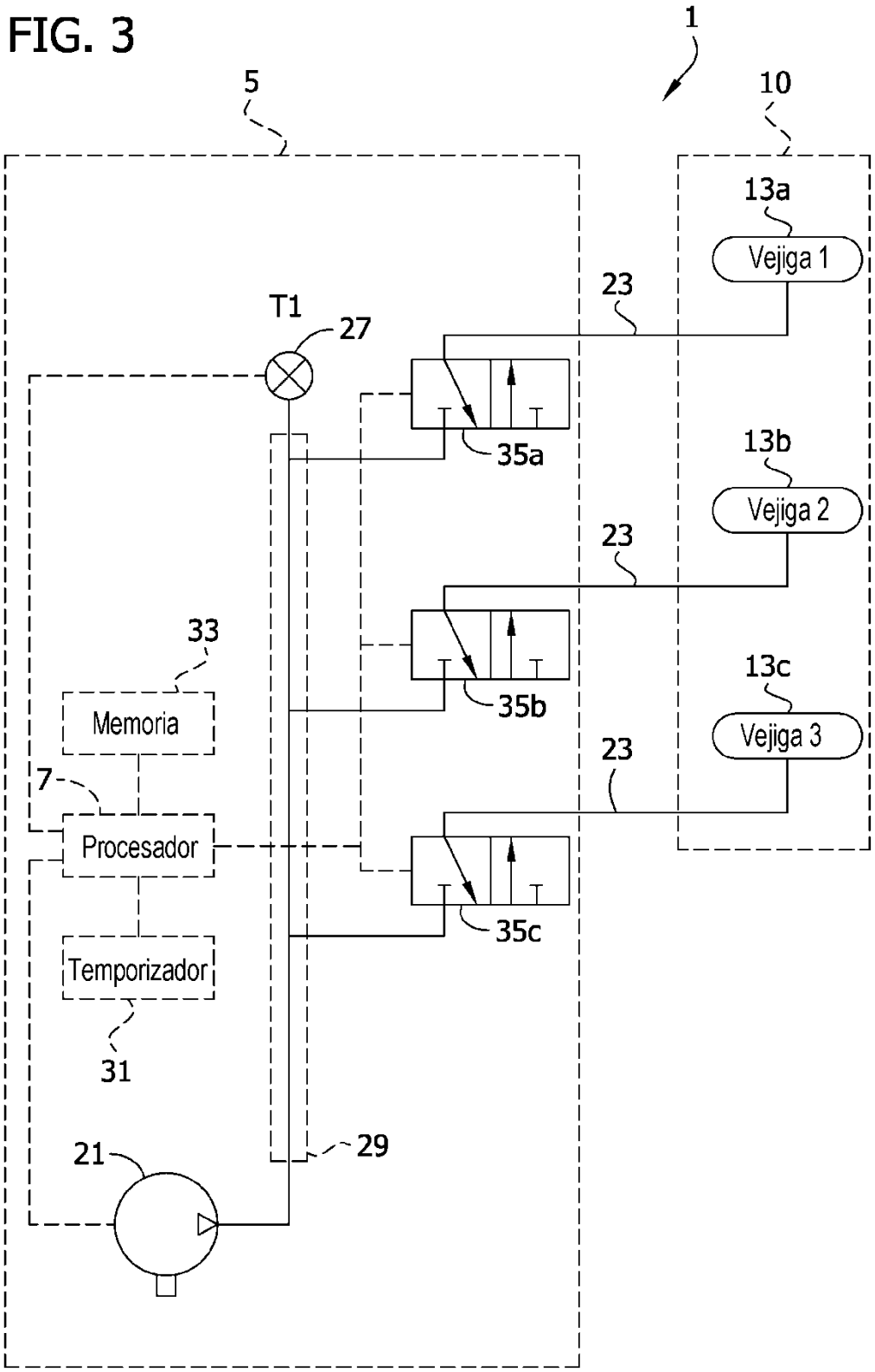

1
5
10
13a
Vejiga 1
23
T1
27
35a
13b
Vejiga 2
23
33
35b
13c
Vejiga 3
23
Memoria
7
Procesador
35c
Temporizador
31
29
21

FIG. 4

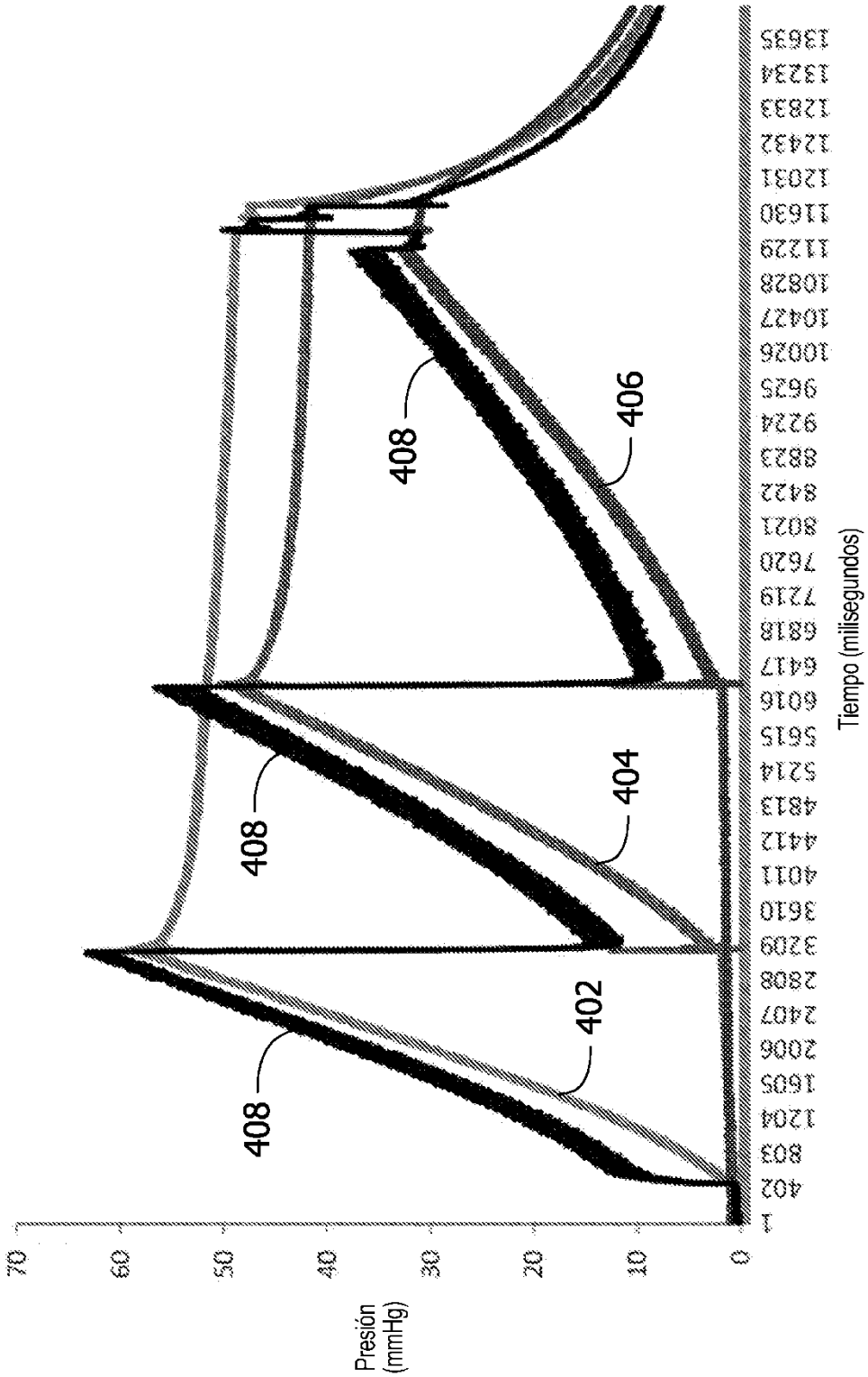
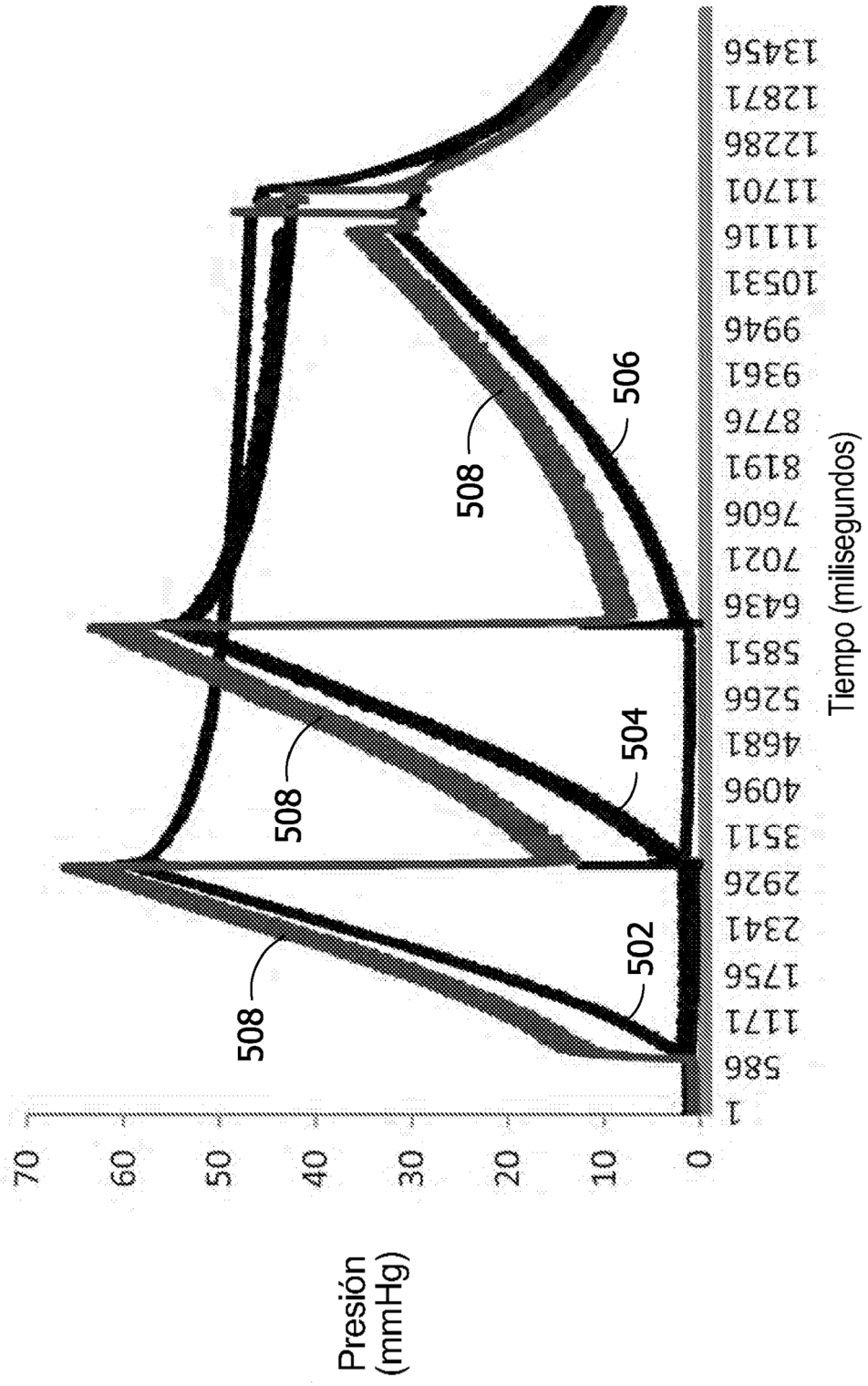

Presión (mmHg)
0
10
20
30
40
50
60
70
Tiempo (milisegundos)
1
402
803
1204
1605
2006
2407
2808
3209
3610
4011
4412
4813
5214
5615
6016
6417
6818
7219
7620
8021
8422
8823
9224
9625
10026
10427
10828
11229
11630
12031
12432
12833
13234
13635
402
404
406
408
408
408

FIG. 5


Presión (mmHg)
70
60
50
40
30
20
10
0
Tiempo (milisegundos)
1
586
1171
1756
2341
2926
3511
4096
4681
5266
5851
6436
7021
7606
8191
8776
9361
9946
10531
11116
11701
12286
12871
13456
502
504
506
508
508
508

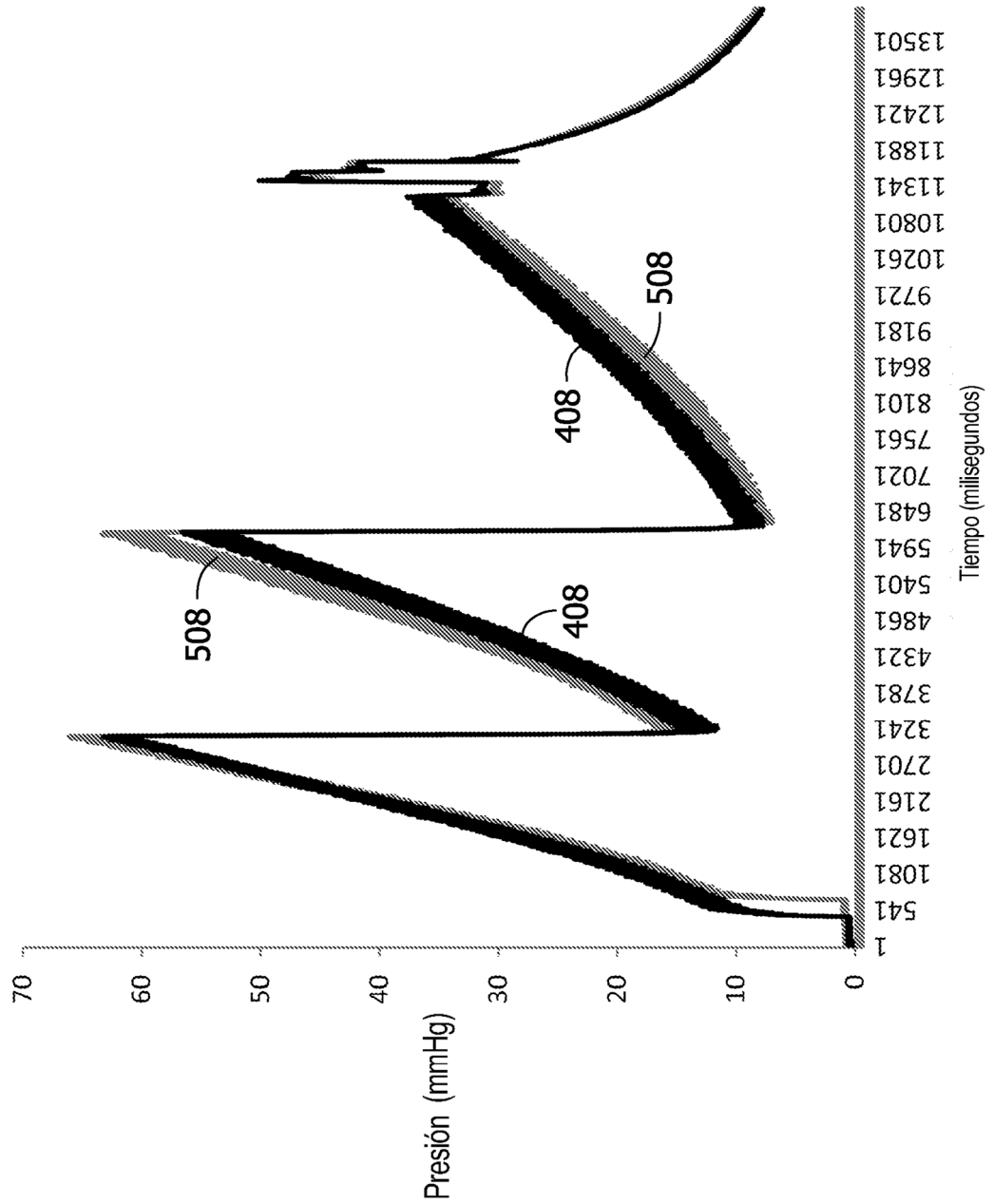
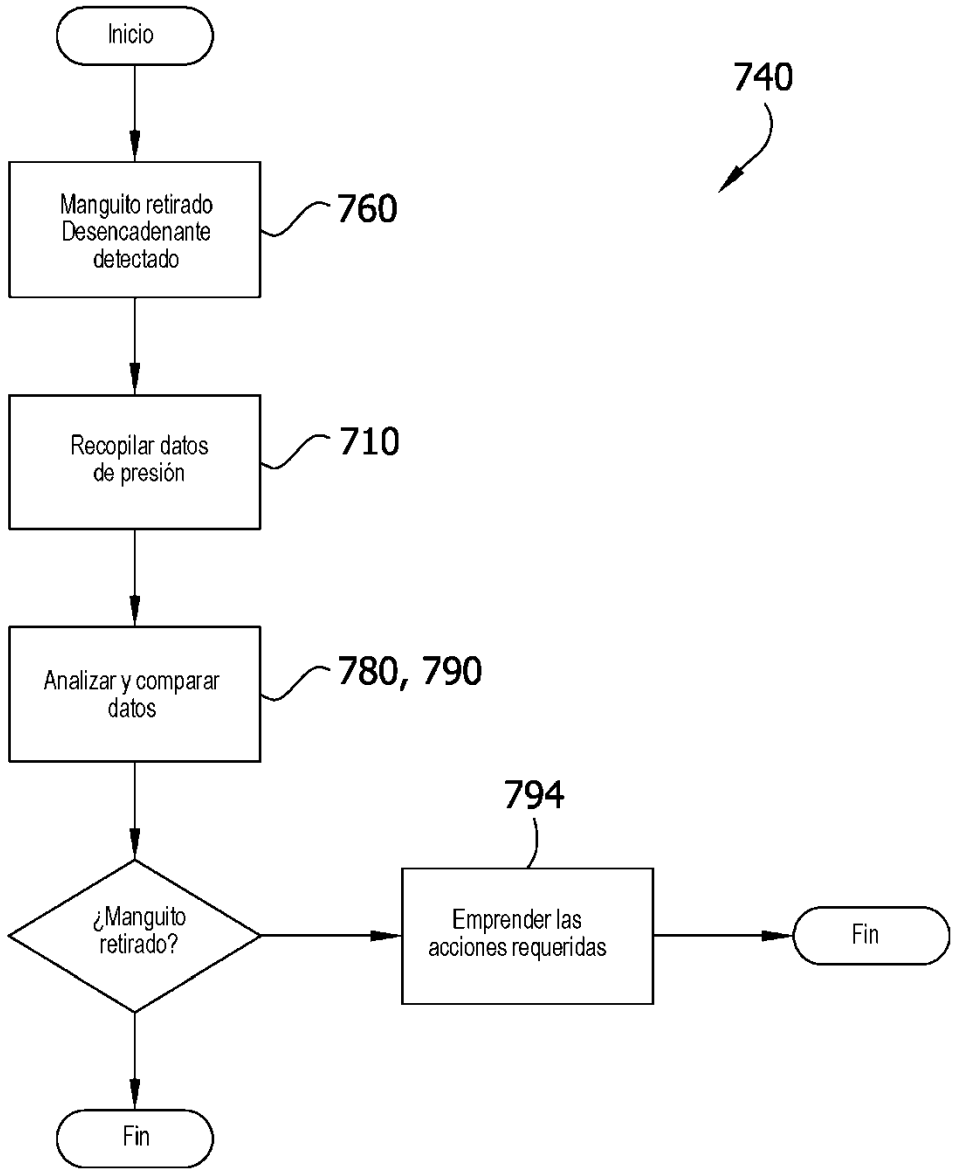

Presión (mmHg)
0
10
20
30
40
50
60
70
Tiempo (milisegundos)
1
541
1081
1621
2161
2701
3241
3781
4321
4861
5401
5941
6481
7021
7561
8101
8641
9181
9721
10261
10801
11341
11881
12421
12961
13501
508
408
508
408

FIG. 6

FIG. 7


Inicio
740
Manguito retirado
Desencadenante
detectado
760
Recopilar datos
de presión
710
Analizar y comparar
datos
780, 790
794
¿Manguito
retirado?
Emprender las
acciones requeridas
Fin
Fin

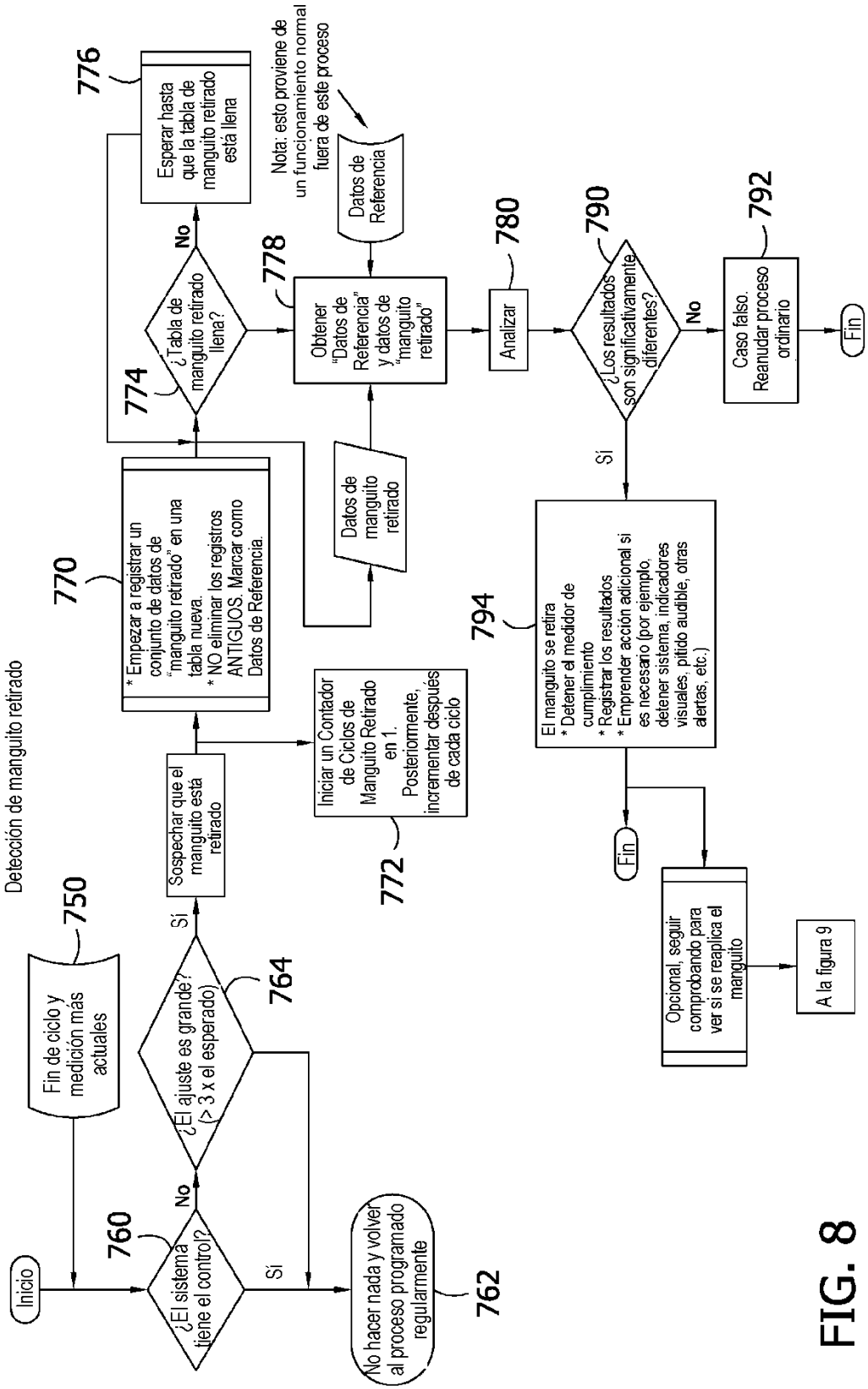

Detección de manguito retirado
Inicio
Fin de ciclo y medición más actuales
750
¿El sistema tiene el control?
760
No
Sí
¿El ajuste es grande? (> 3 x el esperado)
764
No
Sí
Sospechar que el manguito está retirado
Iniciar un Contador de Ciclos de Manguito Retirado en 1. Posteriormente, incrementar después de cada ciclo
772
No hacer nada y volver al proceso programado regularmente
762
* Empezar a registrar un conjunto de datos de "manguito retirado" en una tabla nueva.
* NO eliminar los registros ANTIGUOS. Marcar como Datos de Referencia.
770
Datos de manguito retirado
¿Tabla de manguito retirado llena?
774
No
Esperar hasta que la tabla de manguito retirado está llena
776
Nota: esto proviene de un funcionamiento normal fuera de este proceso
Datos de Referencia
Obtener "Datos de Referencia" y datos de "manguito retirado"
778
Analizar
780
¿Los resultados son significativamente diferentes?
790
No
Caso falso. Reanudar proceso ordinario
792
Fin
Sí
El manguito se retira
* Detener el medidor de cumplimiento
* Registrar los resultados
* Emprender acción adicional si es necesario (por ejemplo, detener sistema, indicadores visuales, pitido audible, otras alertas, etc.)
794
Fin
Opcional, seguir comprobando para ver si se reaplica el manguito
A la figura 9

FIG. 8

FIG. 9

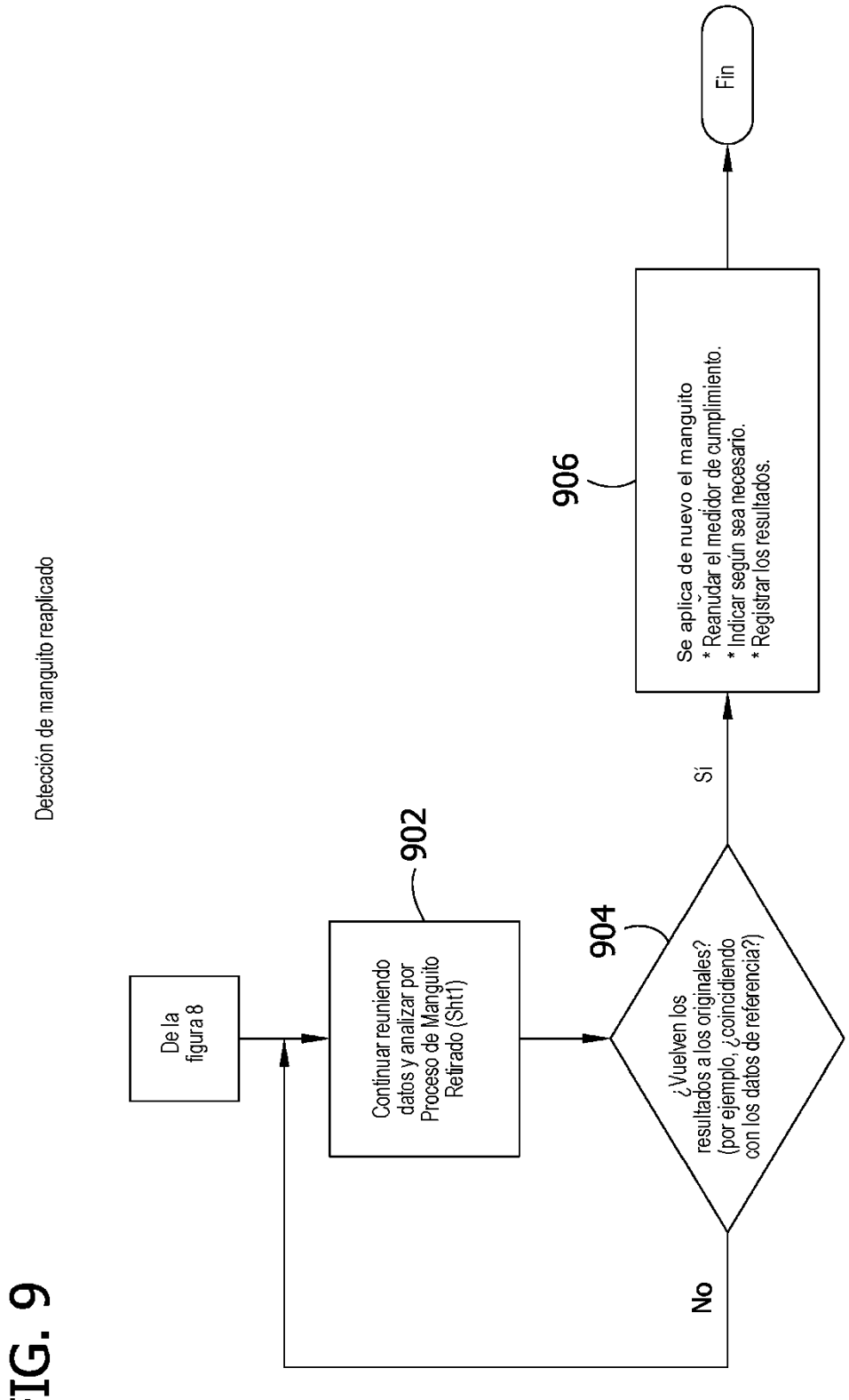

Detección de manguito reaplicado
De la figura 8
Continuar reuniendo datos y analizar por Proceso de Manguito Retirado (Sht1)
902
904
¿Vuelven los resultados a los originales? (por ejemplo, ¿coincidiendo con los datos de referencia?)
Sí
No
906
Se aplica de nuevo el manguito
* Reanudar el medidor de cumplimiento.
* Indicar según sea necesario.
* Registrar los resultados.
Fin

FIG. 10

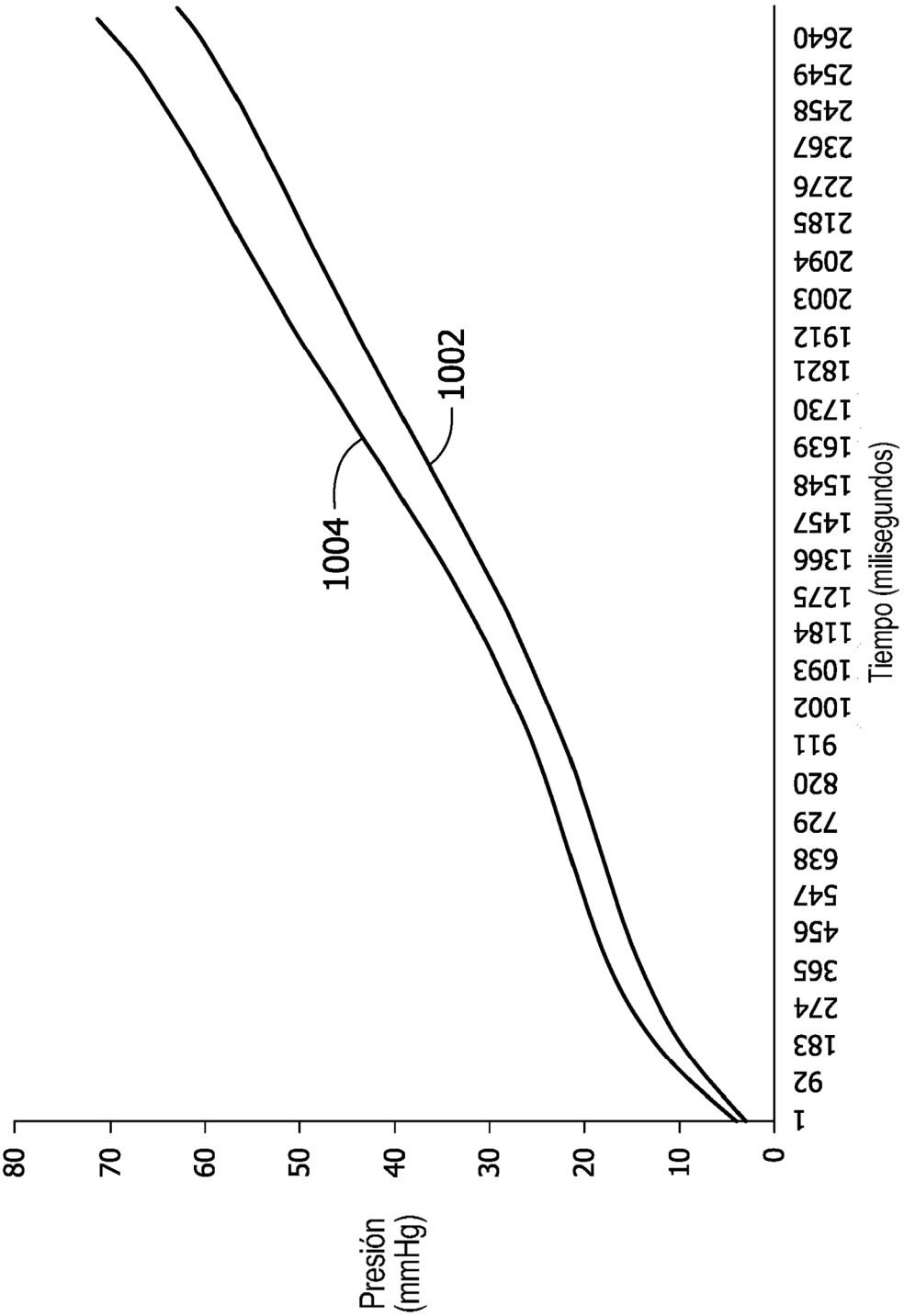

Presión (mmHg)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
Tiempo (milisegundos)
1
92
183
274
365
456
547
638
729
820
911
1002
1093
1184
1275
1366
1457
1548
1639
1730
1821
1912
2003
2094
2185
2276
2367
2458
2549
2640
1002
1004

FIG. 11

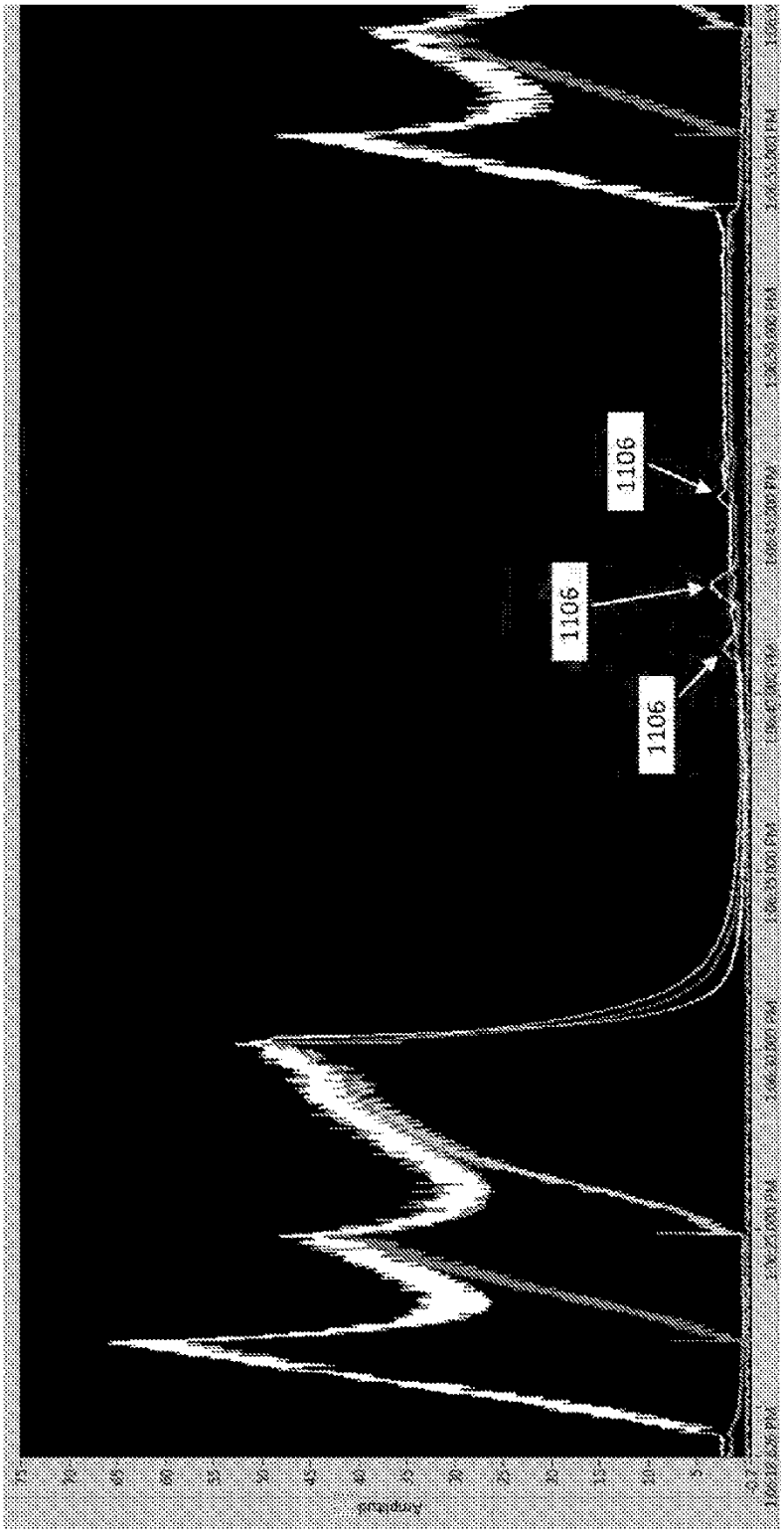


FIG. 12

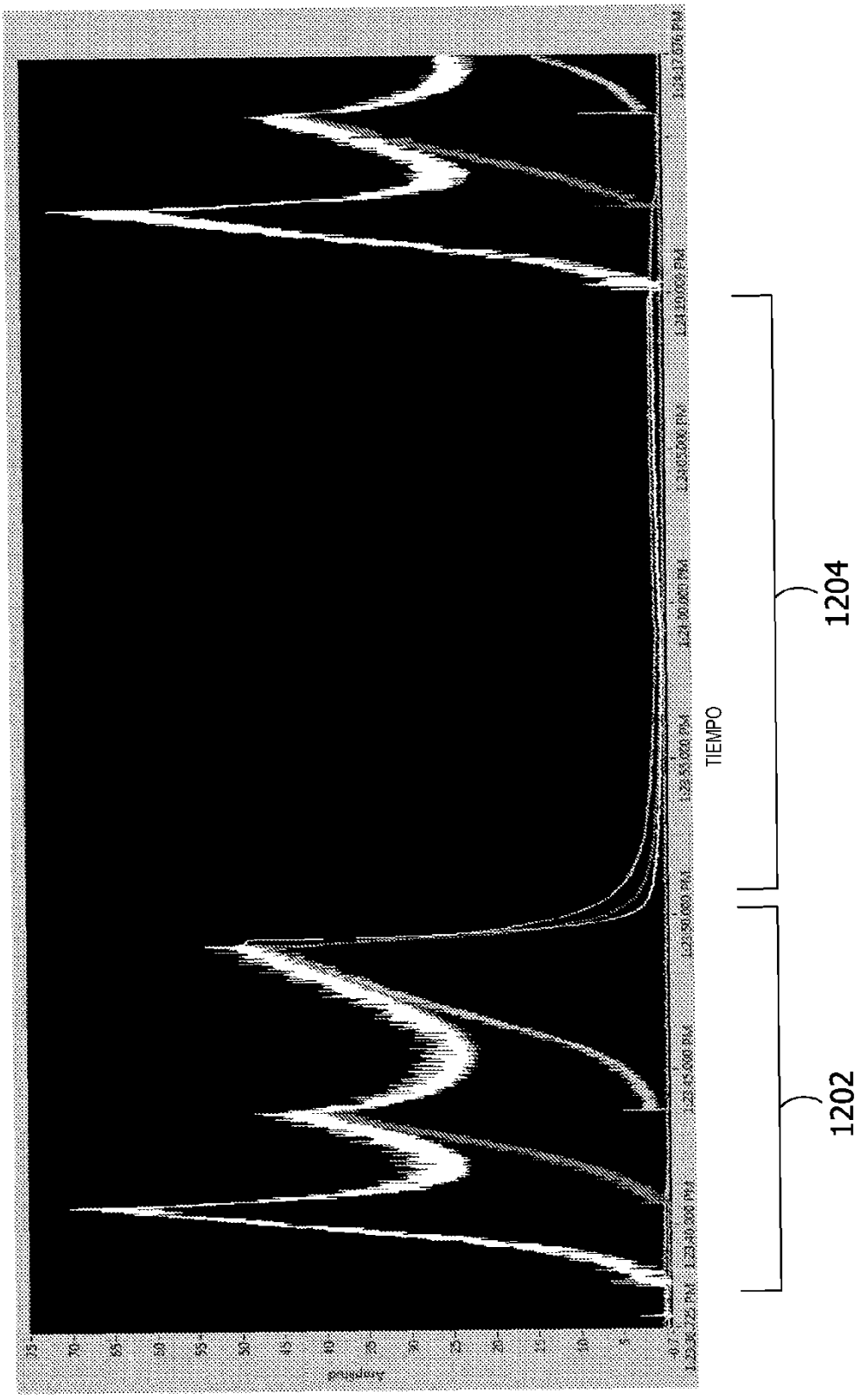


FIG. 13

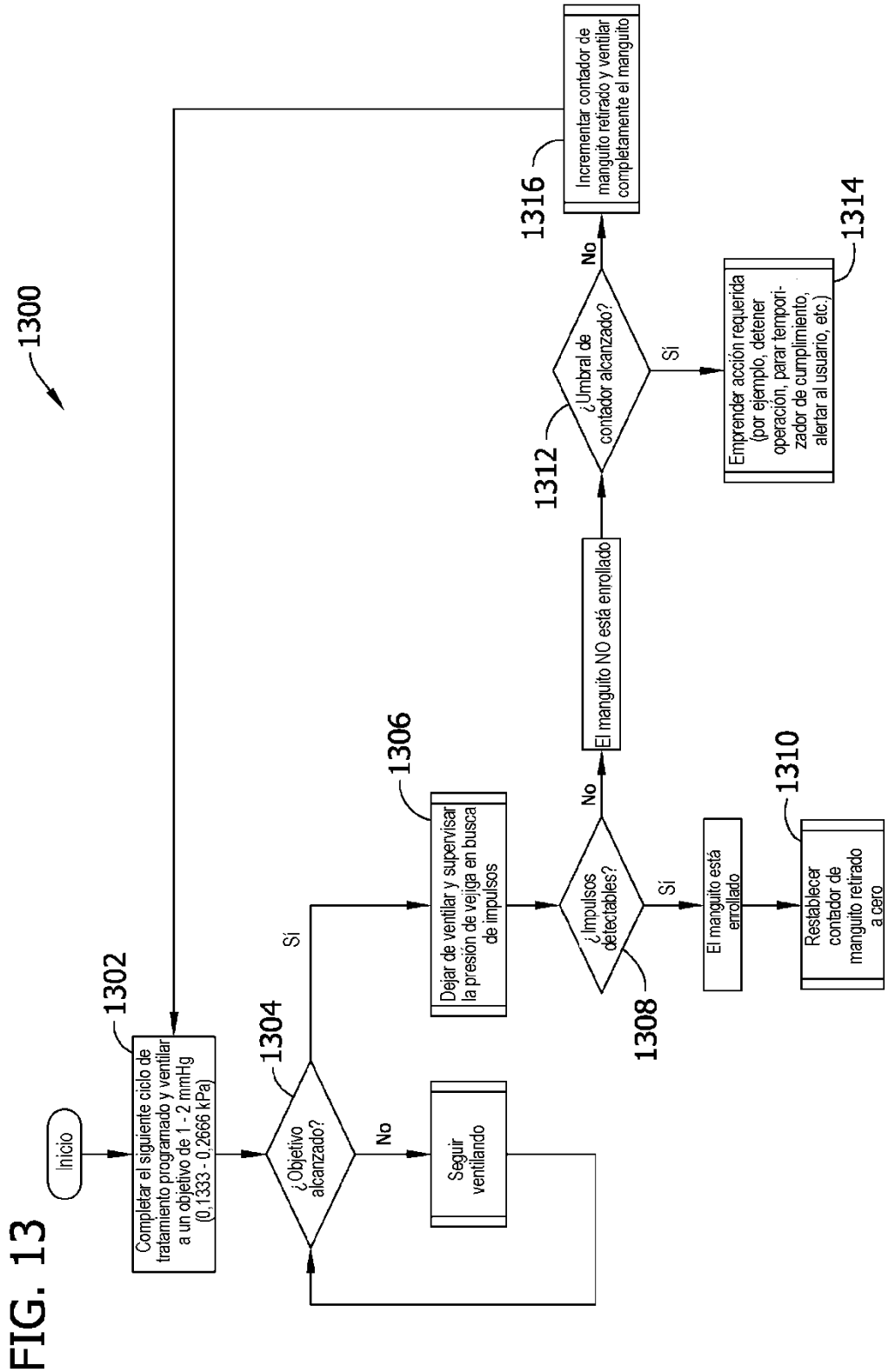

1300
Inicio
1302
Completar el siguiente ciclo de tratamiento programado y ventilar a un objetivo de 1 - 2 mmHg (0,1333 - 0,2666 kPa)
1304
¿Objetivo alcanzado?
Sí
No
Seguir ventilando
1306
Dejar de ventilar y supervisar la presión de vejiga en busca de impulsos
1308
¿Impulsos detectables?
Sí
No
El manguito está enrollado
1310
Restablecer contador de manguito retirado a cero
El manguito NO está enrollado
1312
¿Umbral de contador alcanzado?
Sí
No
1314
Emprender acción requerida (por ejemplo, detener operación, parar temporizador de cumplimiento, alertar al usuario, etc.)
1316
Incrementar contador de manguito retirado y ventilar completamente el manguito

FIG. 14

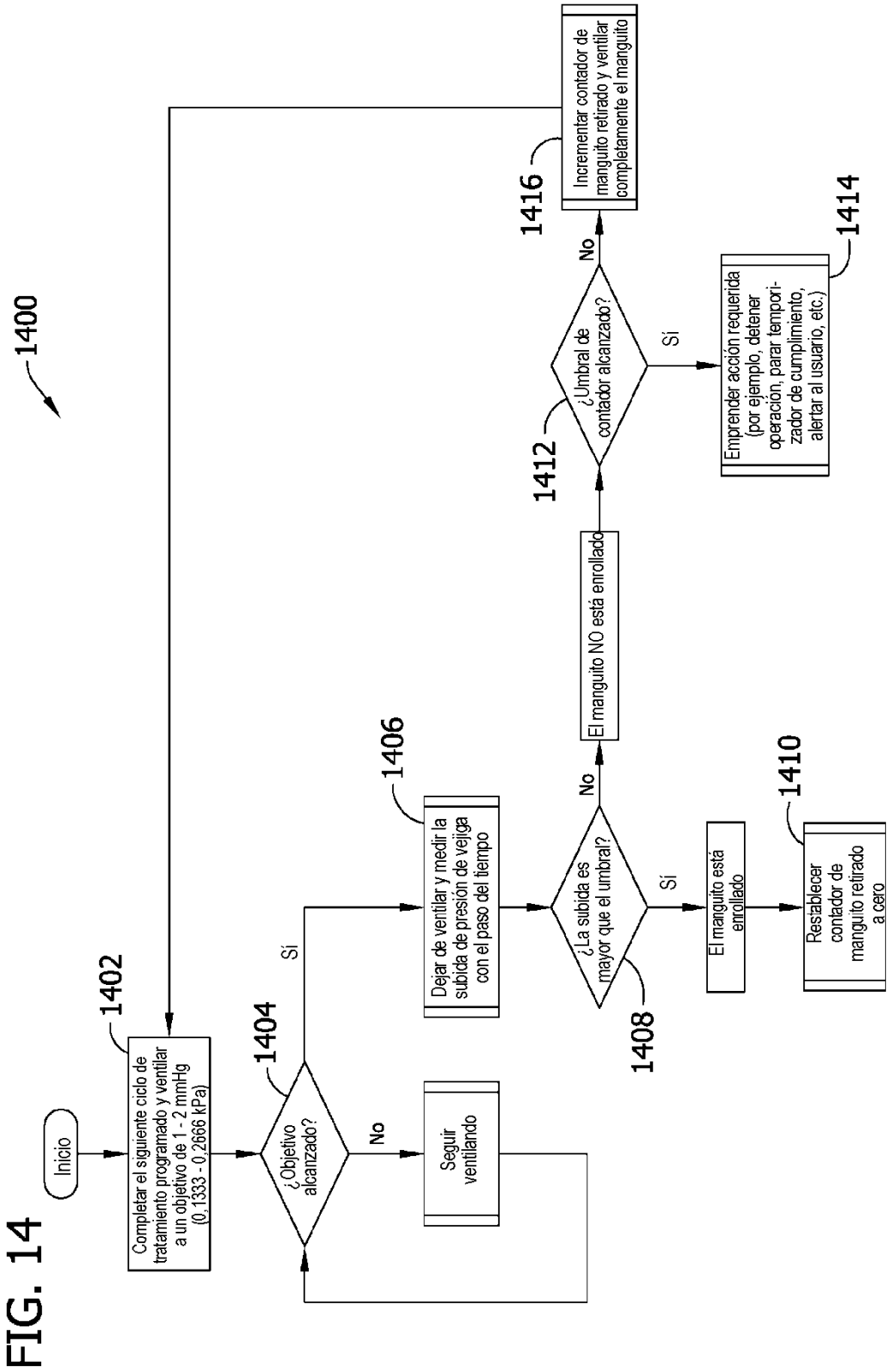

1400
Inicio
1402
Completar el siguiente ciclo de tratamiento programado y ventilar a un objetivo de 1 - 2 mmHg (0,1333 - 0,2666 kPa)
1404
¿Objetivo alcanzado?
Si
No
Seguir ventilando
1406
Dejar de ventilar y medir la subida de presión de vejiga con el paso del tiempo
1408
¿La subida es mayor que el umbral?
Si
No
El manguito está enrollado
1410
Restablecer contador de manguito retirado a cero
El manguito NO está enrollado
1412
¿Umbral de contador alcanzado?
Si
No
1414
Emprender acción requerida (por ejemplo, detener operación, parar temporizador de cumplimiento, alertar al usuario, etc.)
1416
Incrementar contador de manguito retirado y ventilar completamente el manguito

FIG. 15A

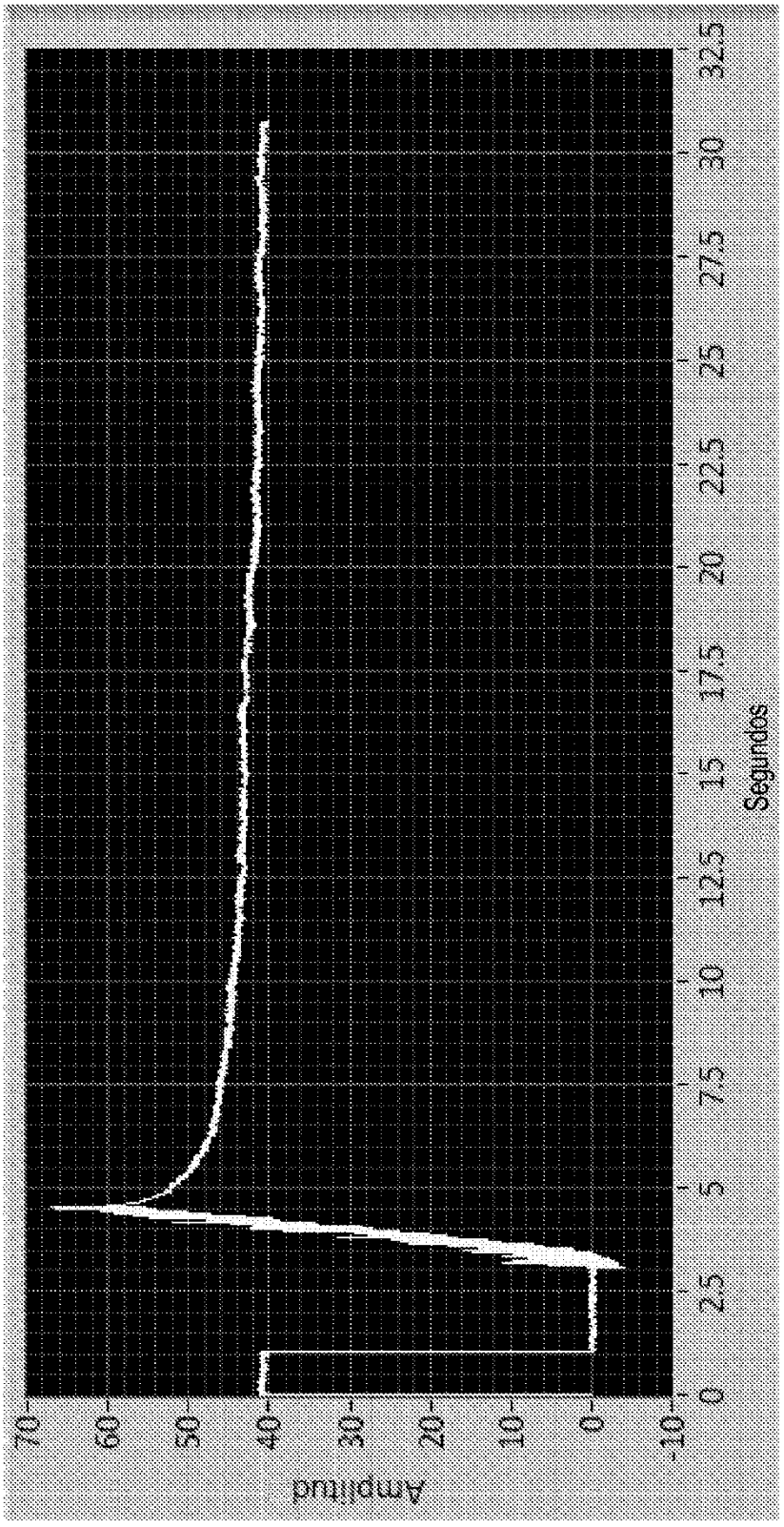

Amplitud
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
0
2.5
5
7.5
10
12.5
15
17.5
20
22.5
25
27.5
30
32.5
Segundos
1502
1504

FIG. 15B

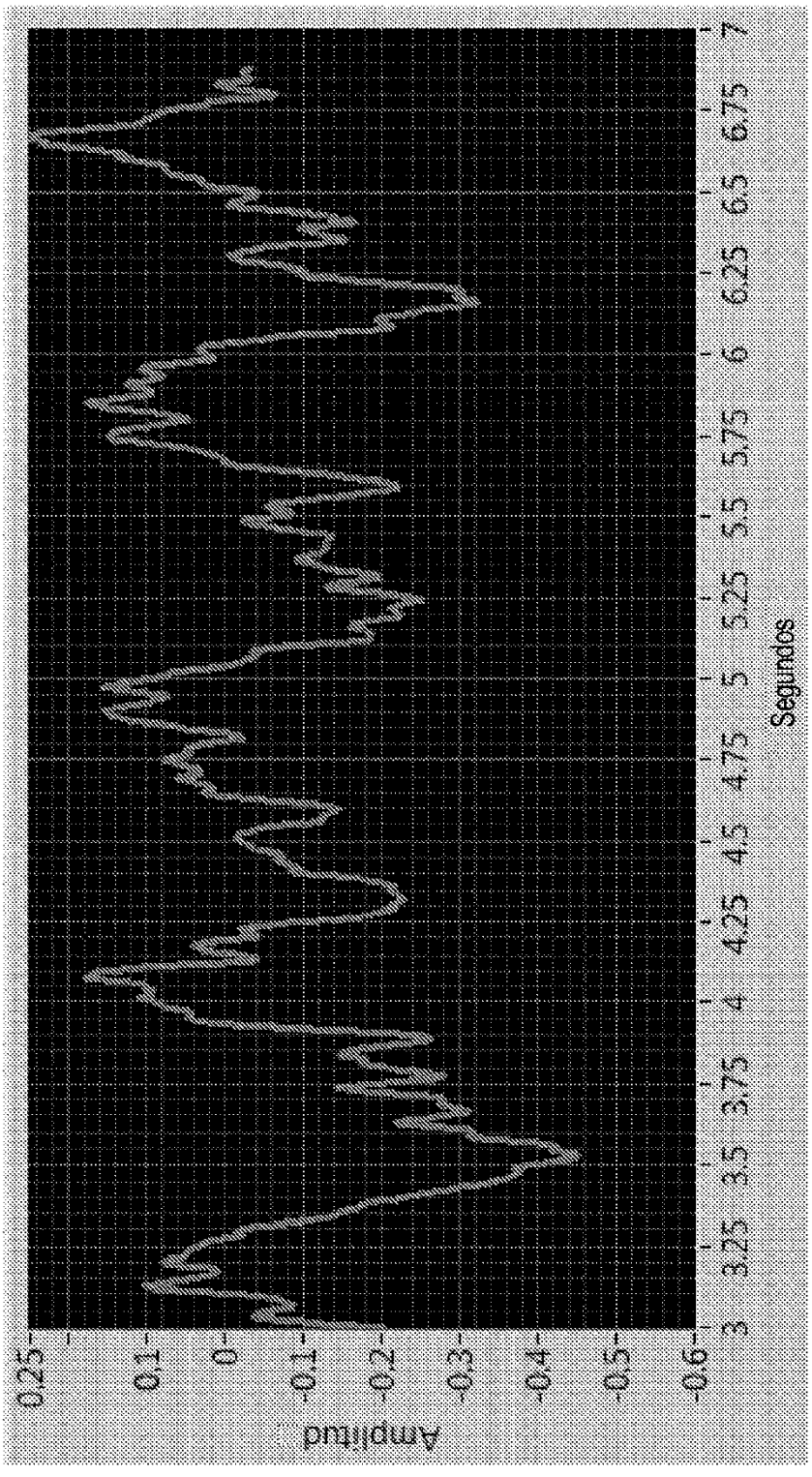

Amplitud
0,25
0,1
0
-0,1
-0,2
-0,3
-0,4
-0,5
-0,6
3
3,25
3,5
3,75
4
4,25
4,5
4,75
5
5,25
5,5
5,75
6
6,25
6,5
6,75
7
Segundos
1504'

FIG. 15C

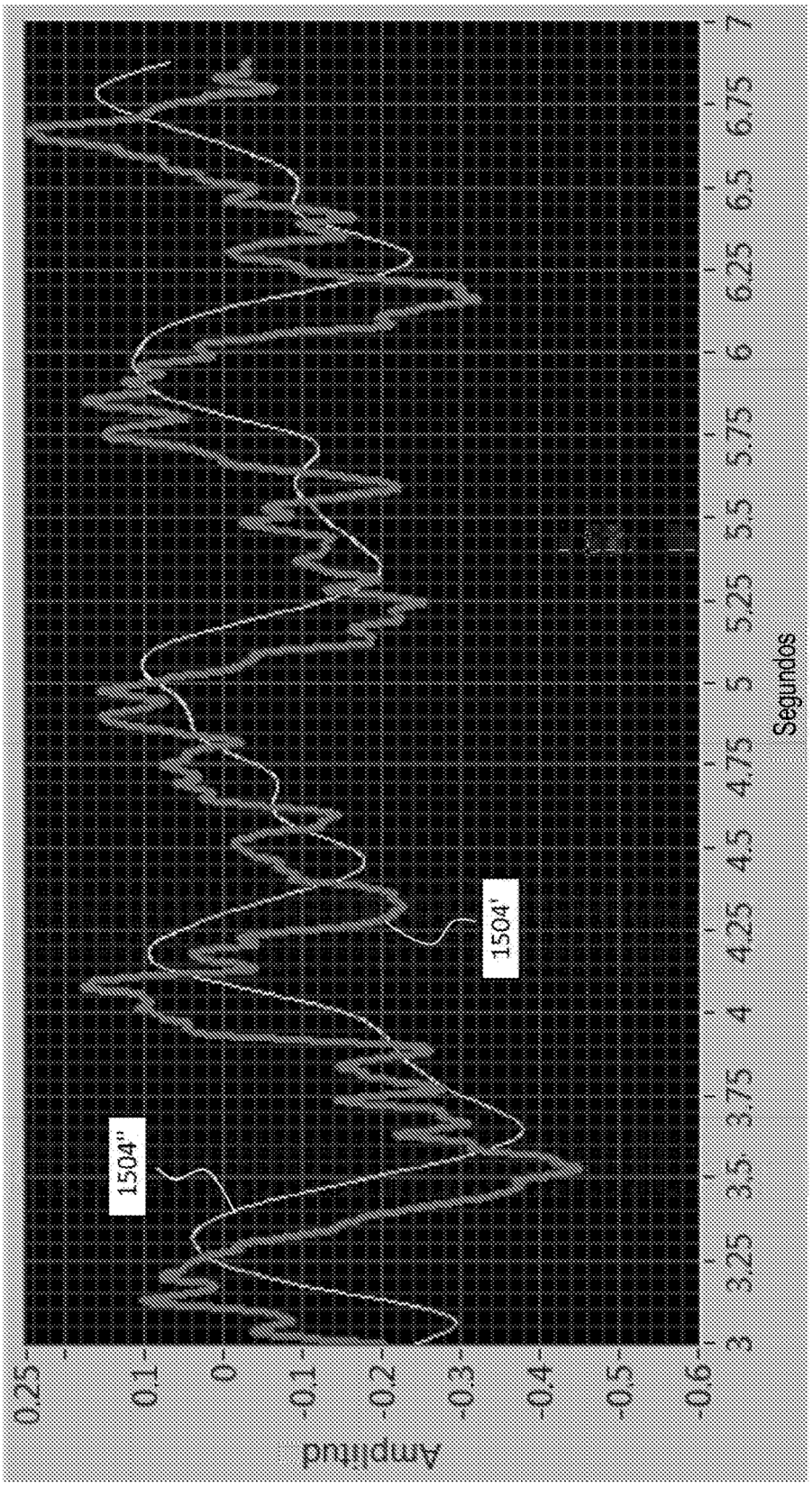

0.25
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
-0.5
-0.6
Amplitud
3
3.25
3.5
3.75
4
4.25
4.5
4.75
5
5.25
5.5
5.75
6
6.25
6.5
6.75
7
Segundos
1504''
1504'

FIG. 16

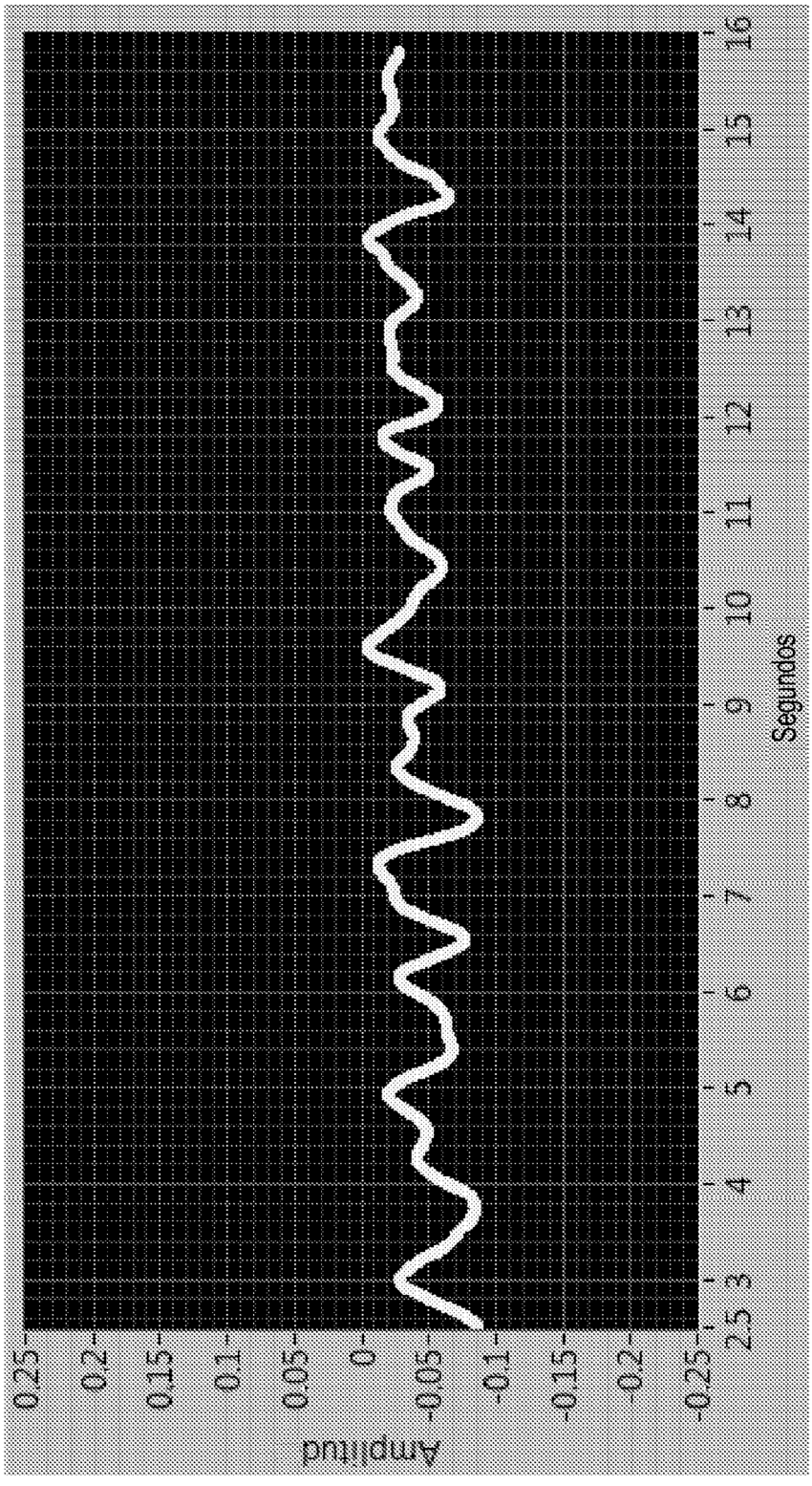

Amplitud
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
-0.05
-0.1
-0.15
-0.2
-0.25
2.5
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
Segundos
1602

FIG. 17A

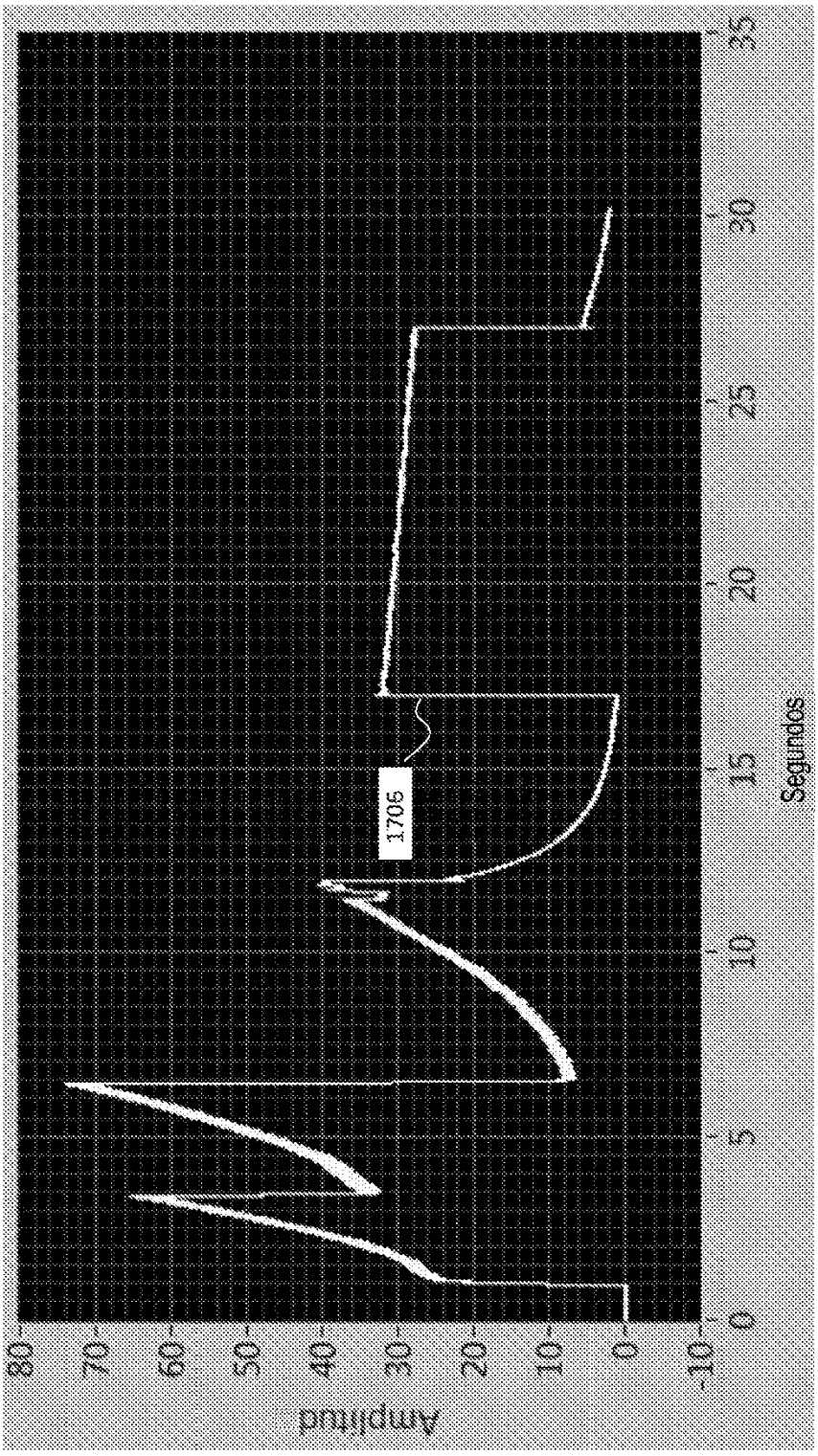

Amplitud
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
0
5
10
15
20
25
30
35
Segundos
1705
1702
1704
1708

FIG. 17B

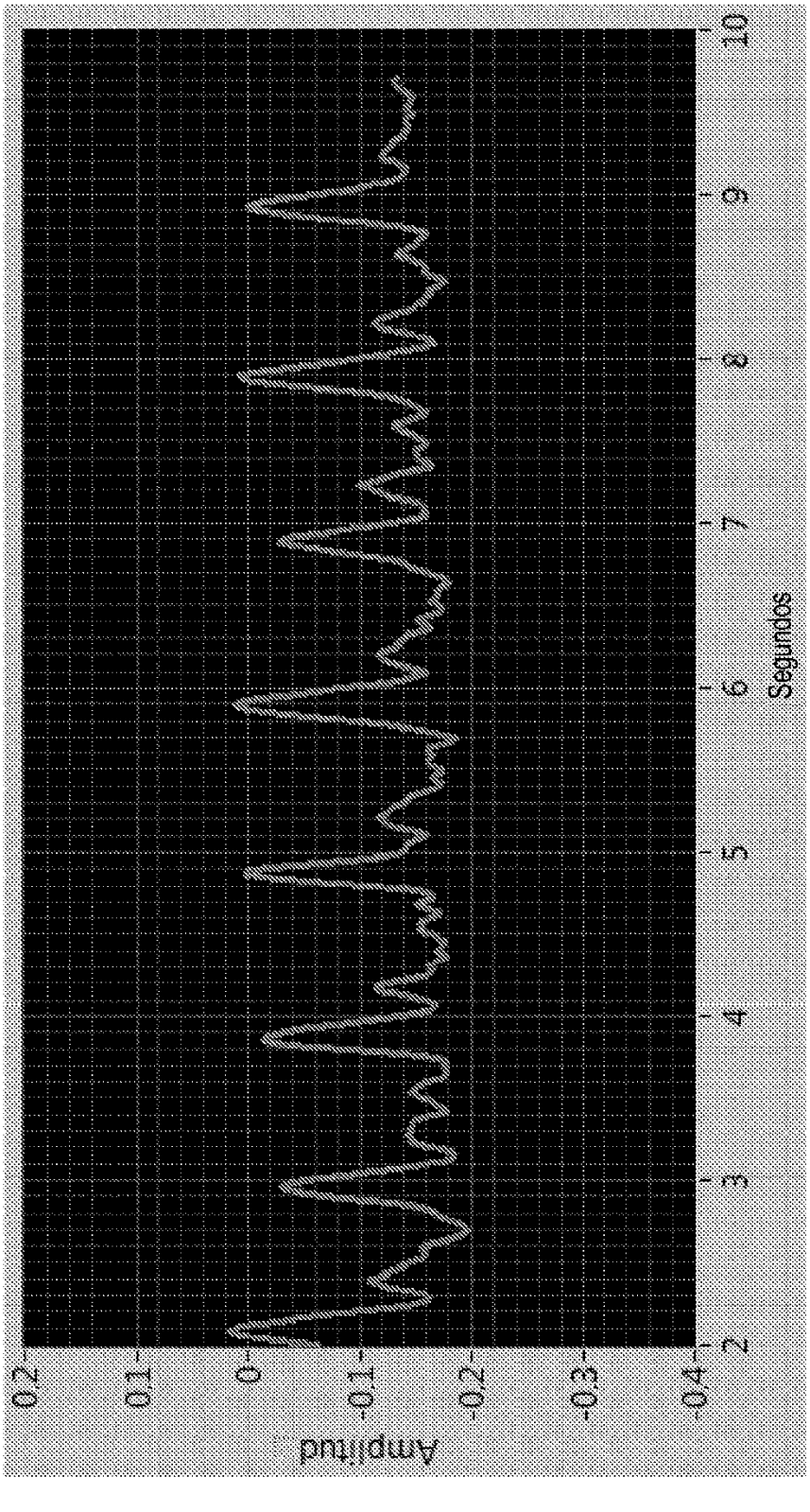


FIG. 18

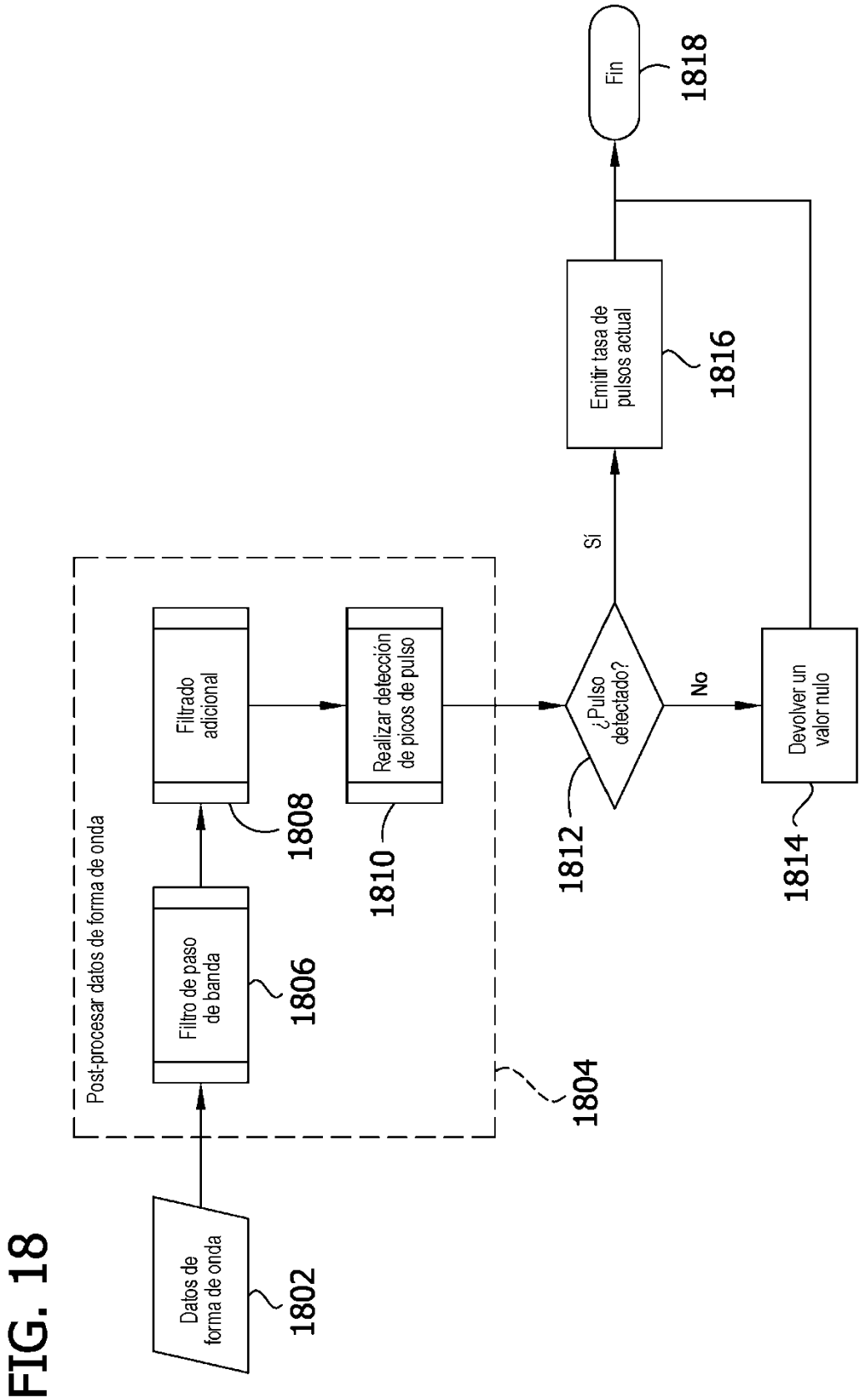

Datos de forma de onda
1802
Post-procesar datos de forma de onda
Filtro de paso de banda
1806
Filtrado adicional
1808
Realizar detección de picos de pulso
1810
1804
¿Pulso detectado?
1812
Sí
No
Emitir tasa de pulsos actual
1816
Devolver un valor nulo
1814
Fin
1818

FIG. 19

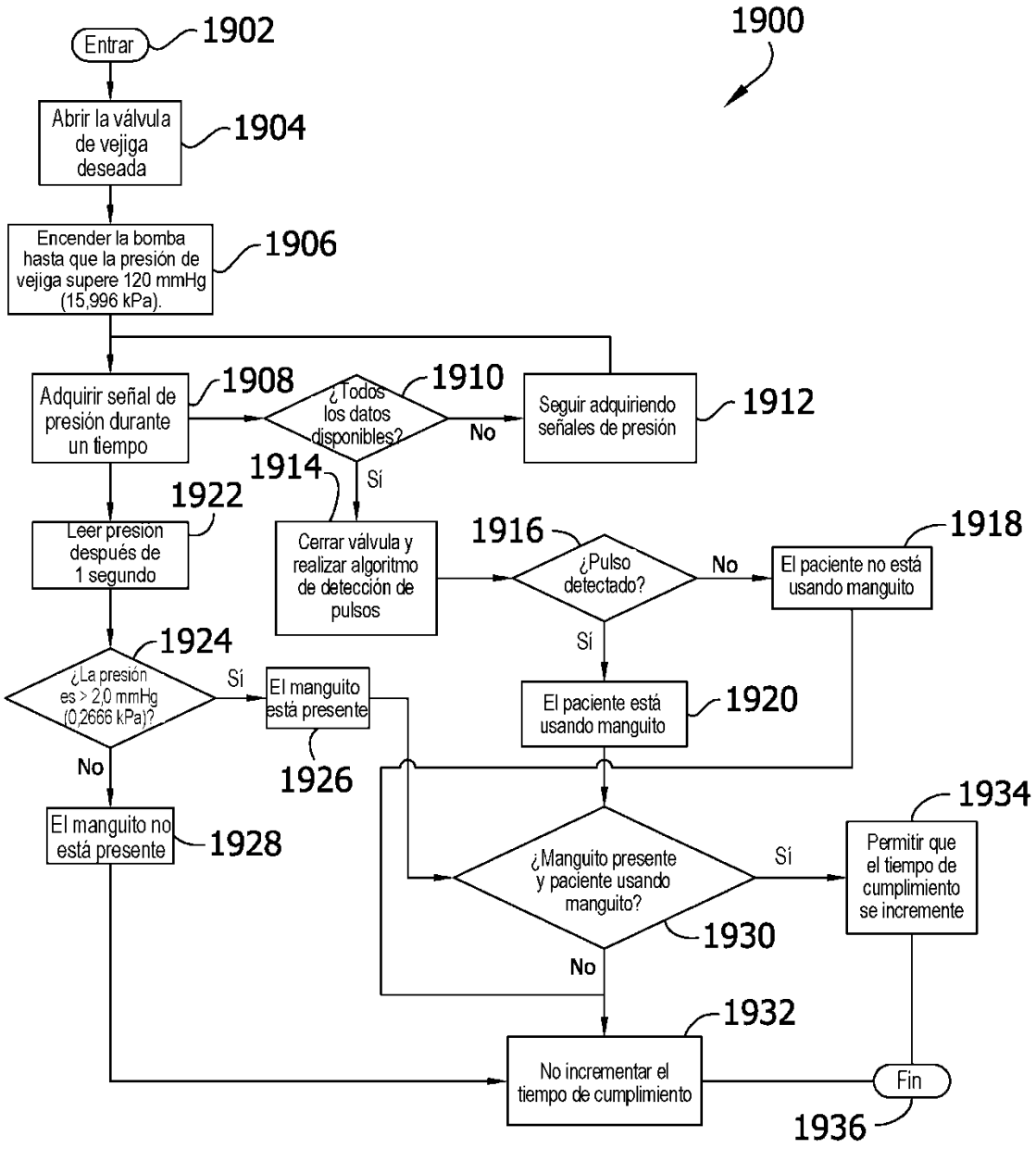

1900
Entrar
1902
Abrir la válvula de vejiga deseada
1904
Encender la bomba hasta que la presión de vejiga supere 120 mmHg (15,996 kPa).
1906
Adquirir señal de presión durante un tiempo
1908
¿Todos los datos disponibles?
1910
No
Seguir adquiriendo señales de presión
1912
Sí
1914
Leer presión después de 1 segundo
1922
Cerrar válvula y realizar algoritmo de detección de pulsos
1916
¿Pulso detectado?
No
El paciente no está usando manguito
1918
Sí
El paciente está usando manguito
1920
¿La presión es > 2,0 mmHg (0,2666 kPa)?
1924
Sí
El manguito está presente
1926
No
El manguito no está presente
1928
¿Manguito presente y paciente usando manguito?
1930
Sí
Permitir que el tiempo de cumplimiento se incremente
1934
No
No incrementar el tiempo de cumplimiento
1932
Fin
1936

FIG. 20

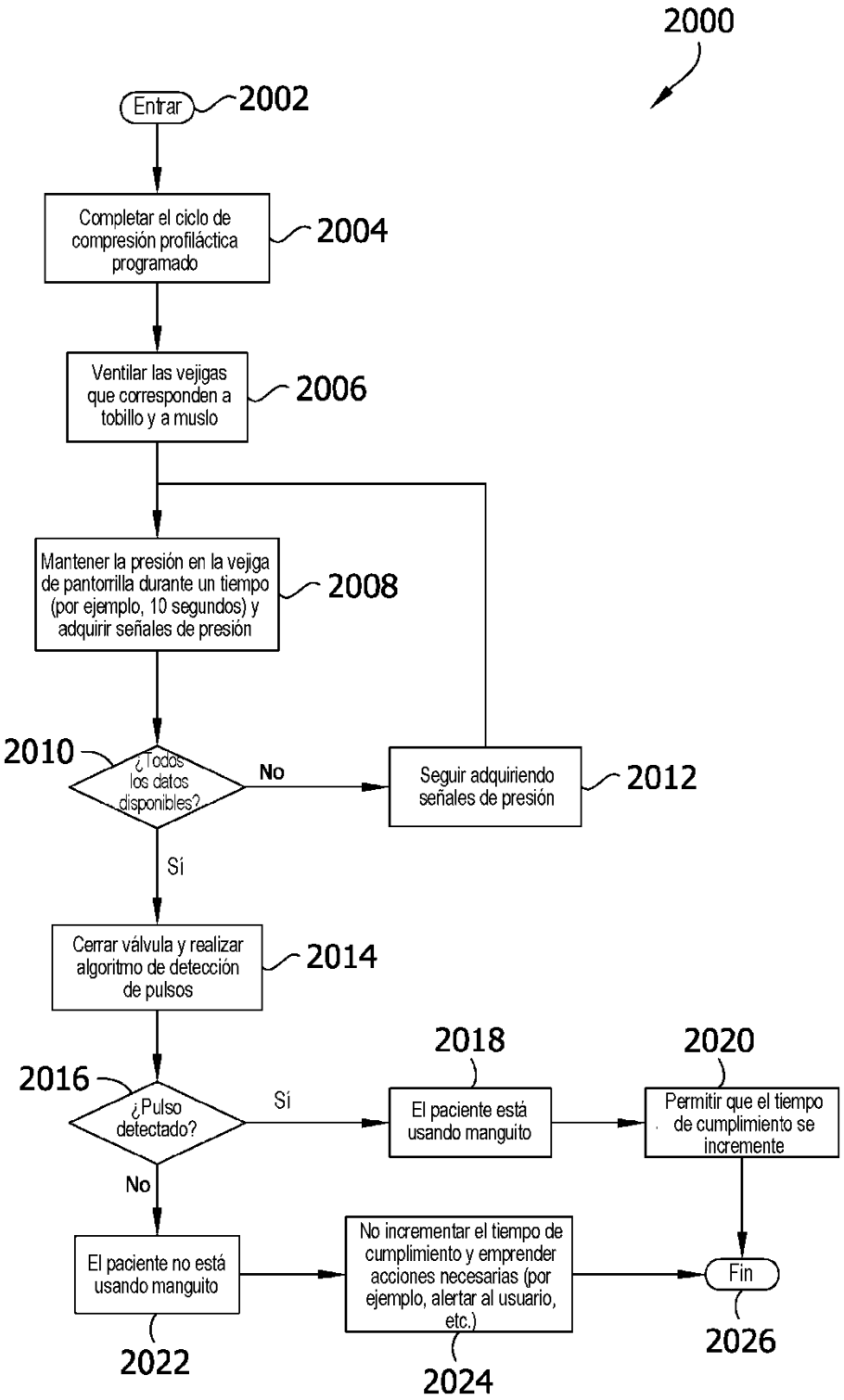

2000
Entrar
2002
Completar el ciclo de compresión profiláctica programado
2004
Ventilar las vejigas que corresponden a tobillo y a muslo
2006
Mantener la presión en la vejiga de pantorrilla durante un tiempo (por ejemplo, 10 segundos) y adquirir señales de presión
2008
2010
¿Todos los datos disponibles?
No
Seguir adquiriendo señales de presión
2012
Sí
Cerrar válvula y realizar algoritmo de detección de pulsos
2014
2016
¿Pulso detectado?
Sí
2018
El paciente está usando manguito
2020
Permitir que el tiempo de cumplimiento se incremente
No
El paciente no está usando manguito
2022
No incrementar el tiempo de cumplimiento y emprender acciones necesarias (por ejemplo, alertar al usuario, etc.)
2024
Fin
2026

FIG. 21

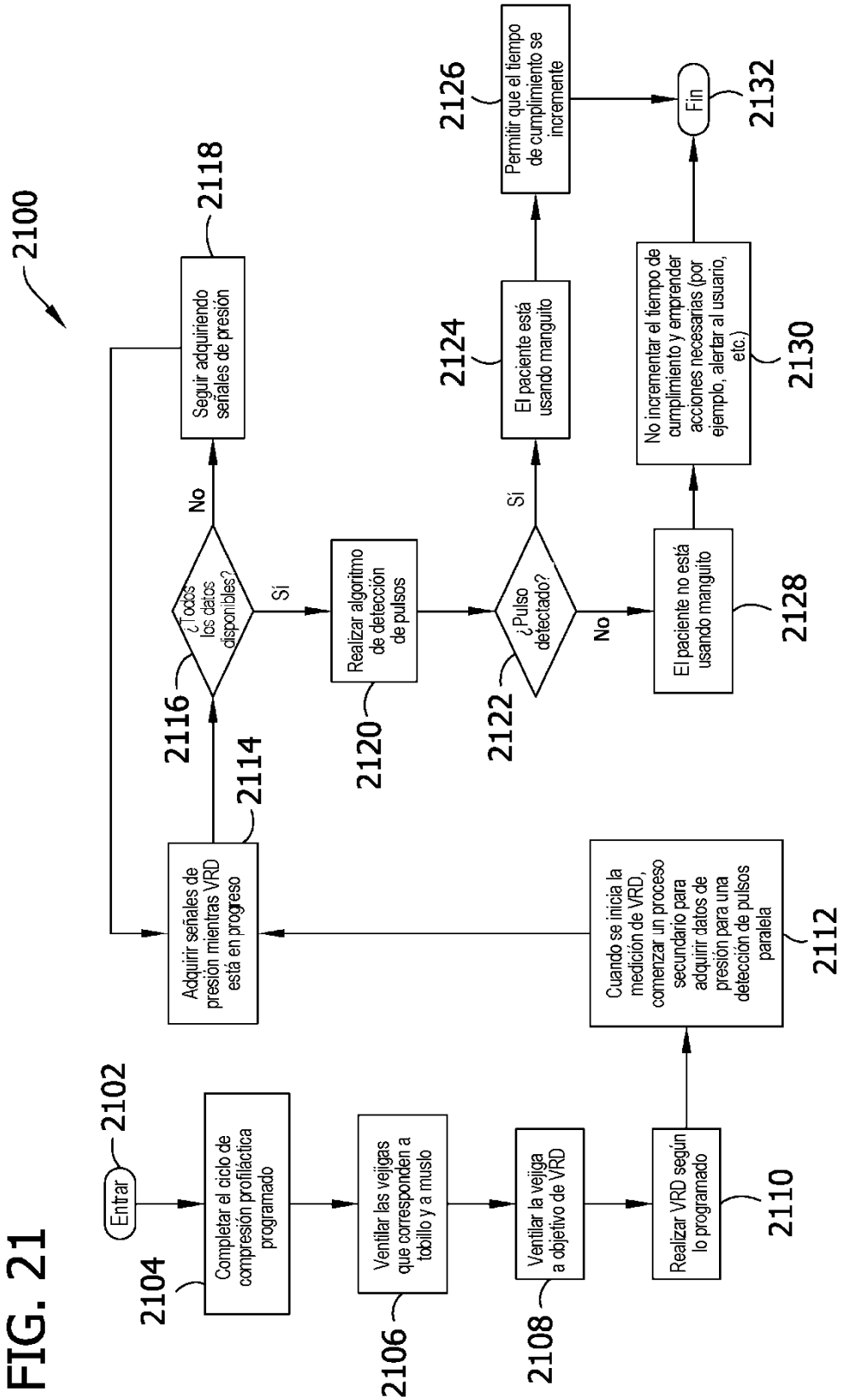

2100
Entrar
2102
Completar el ciclo de compresión profiláctica programado
2104
Ventilar las vejigas que corresponden a tobillo y a muslo
2106
Ventilar la vejiga a objetivo de VRD
2108
Realizar VRD según lo programado
2110
Cuando se inicia la medición de VRD, comenzar un proceso secundario para adquirir datos de presión para una detección de pulsos paralela
2112
Adquirir señales de presión mientras VRD está en progreso
2114
¿Todos los datos disponibles?
2116
No
Sí
Seguir adquiriendo señales de presión
2118
Realizar algoritmo de detección de pulsos
2120
¿Pulso detectado?
2122
No
El paciente no está usando manguito
2128
Sí
El paciente está usando manguito
2124
No incrementar el tiempo de cumplimiento y emprender acciones necesarias (por ejemplo, alertar al usuario, etc.)
2130
Permitir que el tiempo de cumplimiento se incremente
2126
Fin
2132

FIG. 22

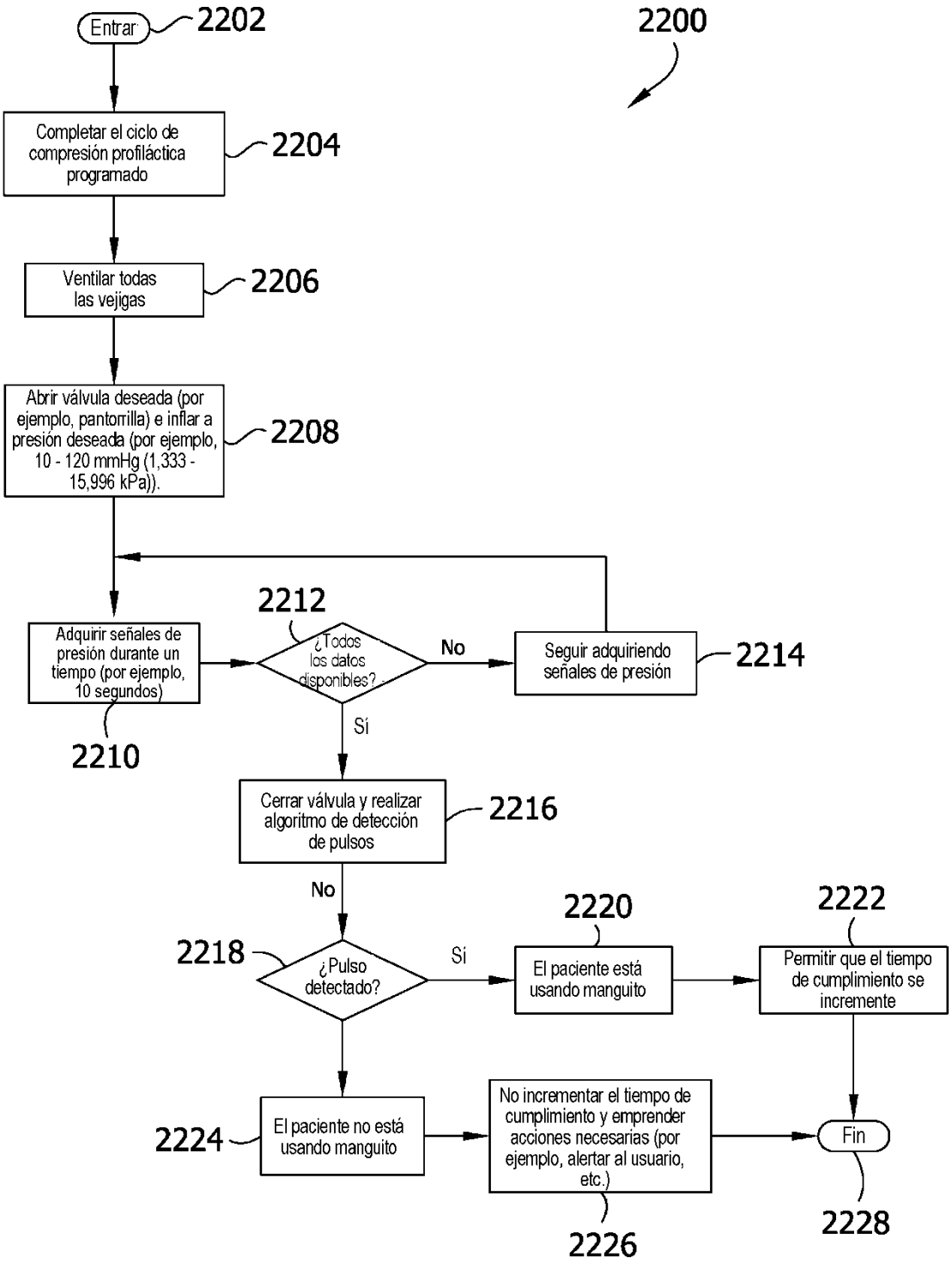

2200
Entrar
2202
Completar el ciclo de compresión profiláctica programado
2204
Ventilar todas las vejigas
2206
Abrir válvula deseada (por ejemplo, pantorrilla) e inflar a presión deseada (por ejemplo, 10 - 120 mmHg (1,333 - 15,996 kPa)).
2208
Adquirir señales de presión durante un tiempo (por ejemplo, 10 segundos)
2210
2212
¿Todos los datos disponibles?
No
Seguir adquiriendo señales de presión
2214
Sí
Cerrar válvula y realizar algoritmo de detección de pulsos
2216
No
2218
¿Pulso detectado?
Sí
2220
El paciente está usando manguito
2222
Permitir que el tiempo de cumplimiento se incremente
2224
El paciente no está usando manguito
No incrementar el tiempo de cumplimiento y emprender acciones necesarias (por ejemplo, alertar al usuario, etc.)
2226
Fin
2228

FIG. 23A

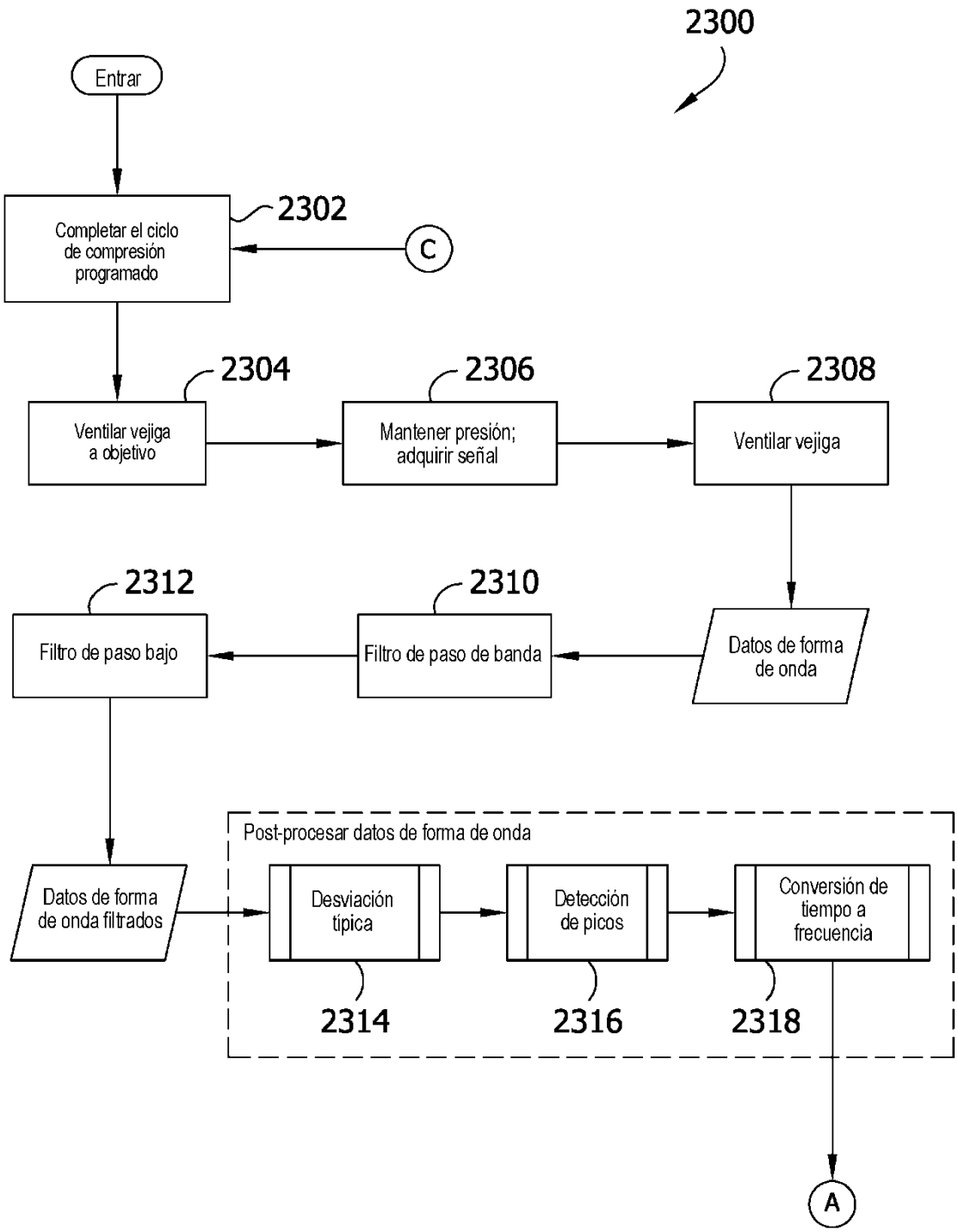

2300
Entrar
Completar el ciclo de compresión programado
2302
C
2304
Ventilar vejiga a objetivo
2306
Mantener presión; adquirir señal
2308
Ventilar vejiga
2312
Filtro de paso bajo
2310
Filtro de paso de banda
Datos de forma de onda
Post-procesar datos de forma de onda
Datos de forma de onda filtrados
Desviación típica
Detección de picos
Conversión de tiempo a frecuencia
2314
2316
2318
A

FIG. 23B

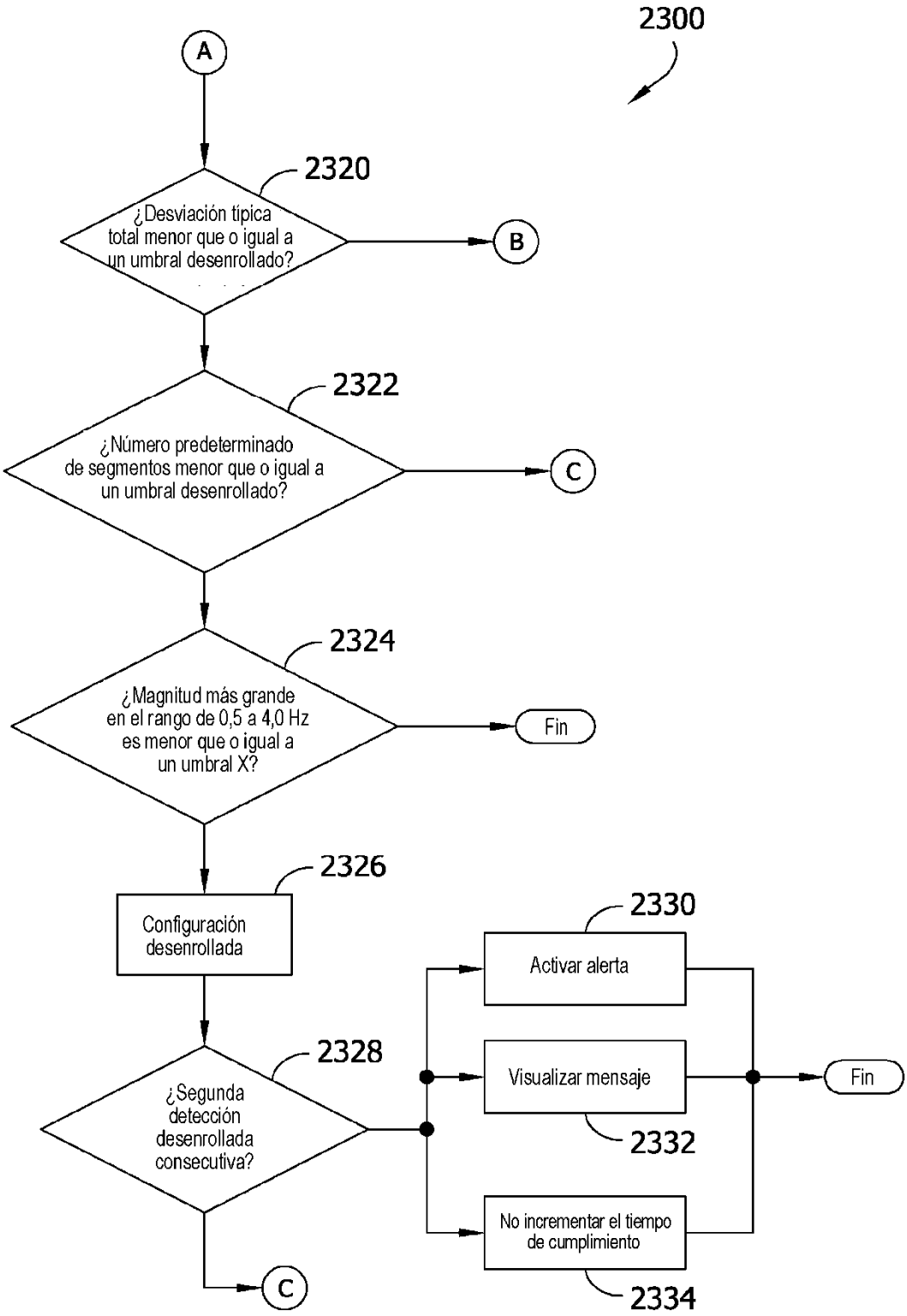

2300
A
2320
¿Desviación típica total menor que o igual a un umbral desenrollado?
B
2322
¿Número predeterminado de segmentos menor que o igual a un umbral desenrollado?
C
2324
¿Magnitud más grande en el rango de 0,5 a 4,0 Hz es menor que o igual a un umbral X?
Fin
2326
Configuración desenrollada
2328
¿Segunda detección desenrollada consecutiva?
C
2330
Activar alerta
Visualizar mensaje
2332
No incrementar el tiempo de cumplimiento
2334
Fin

FIG. 23C

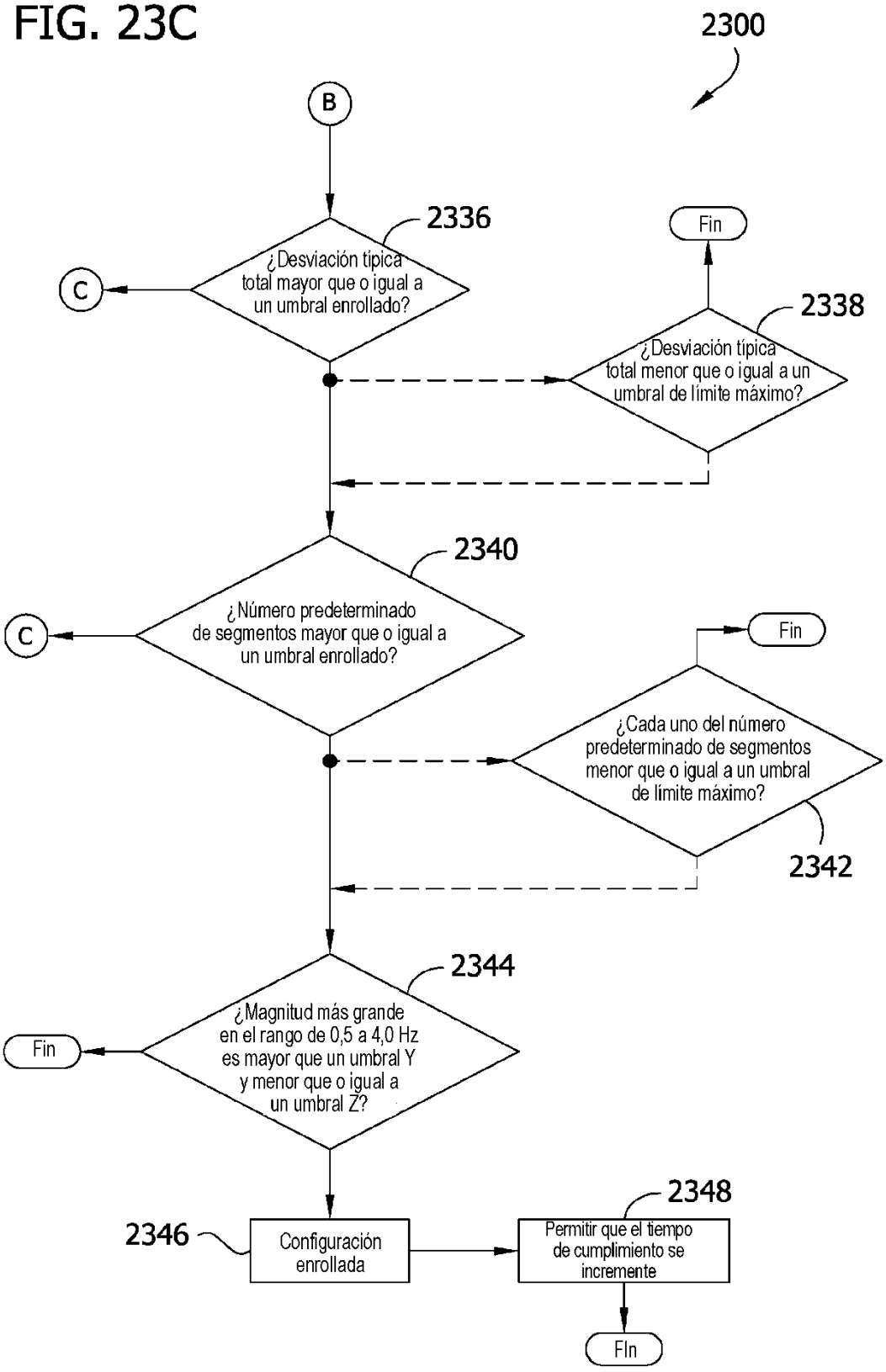
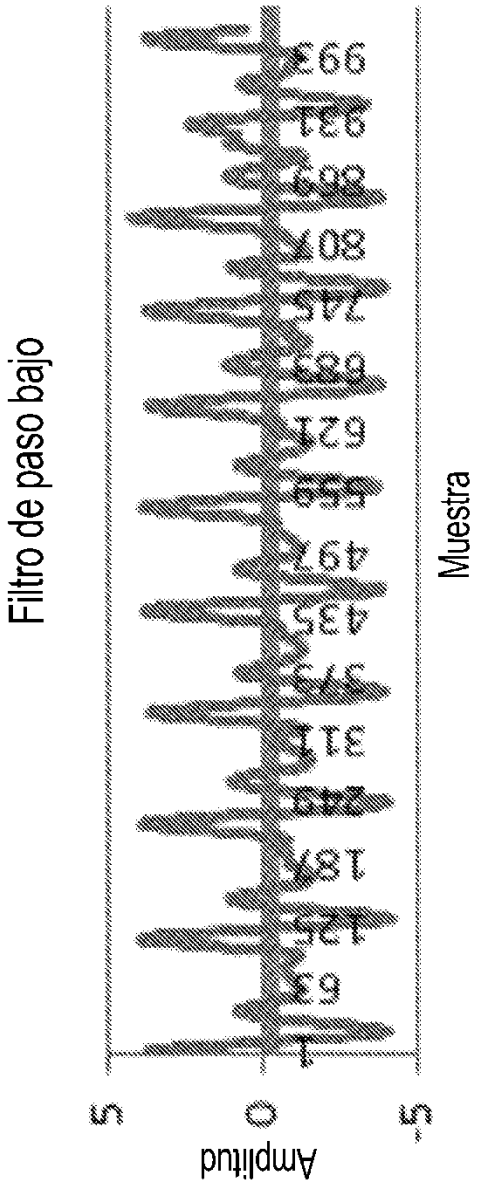

2300
B
2336
¿Desviación típica total mayor que o igual a un umbral enrollado?
C
Fin
2338
¿Desviación típica total menor que o igual a un umbral de límite máximo?
2340
¿Número predeterminado de segmentos mayor que o igual a un umbral enrollado?
C
Fin
¿Cada uno del número predeterminado de segmentos menor que o igual a un umbral de límite máximo?
2342
2344
¿Magnitud más grande en el rango de 0,5 a 4,0 Hz es mayor que un umbral Y y menor que o igual a un umbral Z?
Fin
2346
Configuración enrollada
2348
Permitir que el tiempo de cumplimiento se incremente
FIn

FIG. 24


Filtro de paso bajo
Amplitud
5
0
-5
Muestra
1
63
125
187
249
311
373
435
497
559
621
683
745
807
869
931
993

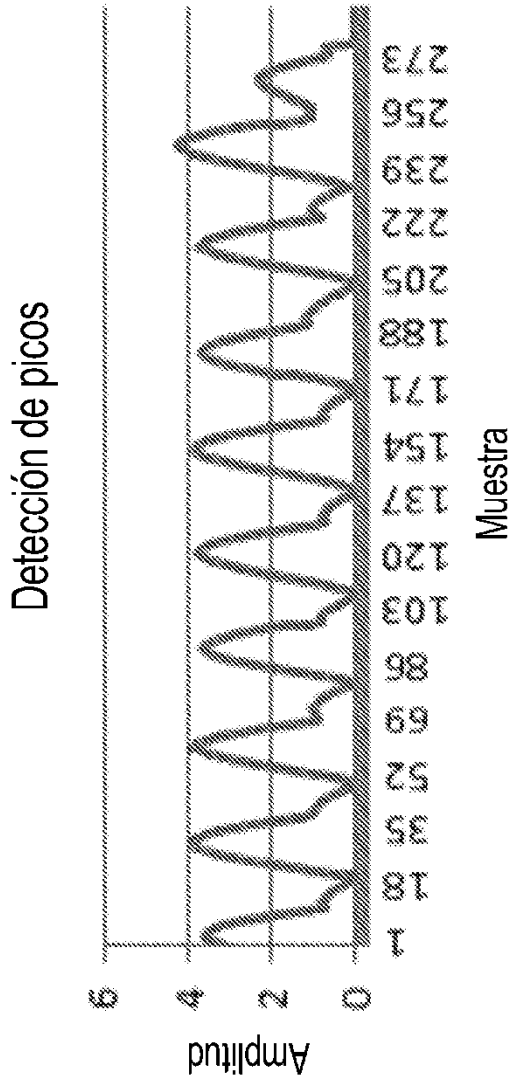

Detección de picos
Amplitud
6
4
2
0
1
18
35
52
69
86
103
120
137
154
171
188
205
222
239
256
273
Muestra

FIG. 25