

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 113**

51 Int. Cl.:

A61B 5/08

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.08.2011 PCT/US2011/047248**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.02.2012 WO12021617**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.08.2011 E 11746105 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2018 EP 2603137**

54 Título: **Sistema y método para detectar desordenes de sueño**

30 Prioridad:

10.08.2010 US 372202 P

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

27.06.2019

73 Titular/es:

**LYONS, CHRISTOPHER T. (33.3%)
12 Curtis Hill Road
Tyngsboro, Massachusetts 01879, US;
LYONS, ELLEN M. (33.3%) y
LYONS, STEPHEN T. (33.3%)**

72 Inventor/es:

**LYONS, CHRISTOPHER T.;
LYONS, ELLEN M. y
LYONS, STEPHEN T.**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 718 113 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema y método para detectar desordenes de sueño

5 OBJETO DE LA INVENCION

Esta divulgación se refiere a técnicas para detectar condiciones del desorden del sueño, y, particularmente, un sistema y un método para detectar la apnea de sueño obstructor (OSA).

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La apnea de sueño obstructor es la categoría más común de los desórdenes de respiración del sueño. Durante la apnea de sueño obstructor, el tono muscular normalmente se relaja durante el sueño. Al nivel de la garganta, la vía respiratoria está compuesta de paredes plegables. Estas paredes son tejidos blandos y pueden obstruir la respiración durante el sueño. En algunos casos, la apnea de sueño requiere tratamiento para prevenir niveles bajos de oxígeno en la sangre, privación de sueño, y otras complicaciones.

Algunas técnicas abordan la apnea de sueño mediante la elevación de la parte superior del cuerpo – a treinta grados o más – durante el sueño, como si se estuviera durmiendo en un sillón. Estos actos ayudan a prevenir el bloqueo- o la obstrucción de la vía respiratoria. Además, los tratamientos recomendados para la apnea de sueño incluyen el dormir de lado (posiciones laterales) en lugar de dormir en posición supina. Otros tratamientos incluyen el uso de la presión positiva continua de las vías respiratorias (CPAP) o los aparatos bucales para mantener abierta la vía respiratoria.

En consecuencia, existe la necesidad de detectar la apnea de sueño por un aparato de modo que pueda alertar al usuario cuando la cabeza está situada en una posición que induce la apnea de sueño.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La patente número GB-2396043-A expone un sistema de monitorización de bebés que comprende un sensor de postura que se puede fijar en la ropa o la piel del bebé. El sensor contiene un interruptor de inclinación, un circuito de control, un transmisor, una antena y una batería de alimentación. El sensor se comunica con un receptor que tiene una alarma visual o de sonido. La alarma se dispara si el sensor detecta que el bebé ha adoptado una posición asociada con algún riesgo. El sensor puede también incluir medios para detectar señales vitales como el ritmo cardíaco y la temperatura.

El documento EP-1671578-A expone un aparato de recogida de información corporal que tiene una forma adecuada para ser llevado en el conducto auditivo externo, y tiene una parte con sensor para recoger información corporal del conducto auditivo externo. Además, incluye un medidor de presión en sangre, donde el medidor de presión en sangre incluye: una parte estructural que incluye un primer brazo y un segundo brazo que están uno frente a otro; una parte para aplicar presión en al menos un lado del primer brazo opuesto al segundo brazo y un lado del segundo brazo opuesto al primer brazo; y una pieza para detectar el pulso.

El documento US-2005/113646-A expone un método y aparato para la evaluación de desórdenes del sueño. Se usan dos sensores para diagnosticar y caracterizar la respiración anormal durante el sueño, un sensor de vibración traqueal, y un sensor de la posición axial del cuerpo. Los dos sensores están sujetos al paciente en lugares adyacentes el uno al otro. En una realización preferente, estos dos sensores pueden ser físicamente combinados en una única unidad, de tal forma que se simplifica y se aumenta la fiabilidad de la sujeción de los elementos al paciente. La unidad se coloca a un lugar cercano a la tráquea del paciente, preferentemente en una localización suprasternal. El sensor de posición tiene dos ejes de sensibilidad que forman un ángulo entre ellos de tal forma que el sensor determina en qué posición se ubica. Cuando se fija al paciente, el sensor se orienta de forma que se puede determinar si el paciente está en posición supina, boca abajo, decúbito lateral izquierdo o decúbito lateral derecho. Los datos se recogen de los dos sensores a la vez, preferentemente durante un periodo de varias horas, y se almacena en un dispositivo, preferiblemente con una memoria no volátil, de forma que los datos pueden ser recuperados posteriormente para el diagnóstico.

La patente WO-2007/100958-A expone un dispositivo de medición de parámetros fisiológicos que se fija cerca o en un canal de la oreja del paciente para percibir de manera no invasiva al menos un parámetro fisiológico del paciente. Un dispositivo de análisis se incorpora al medidor de parámetros fisiológicos y detecta el estado fisiológico del paciente. Basado en la detección y análisis del estado fisiológico del paciente, un dispositivo de estimulación estimula al sujeto con el dispositivo de medida de parámetros fisiológicos ubicado en o cerca de un canal auditivo del paciente para mitigar el problema fisiológico de este.

El documento US-2007/208169-A expone métodos, sistemas y el montaje de una mascarilla para determinar la ocurrencia de eventos respiratorios usando un electrodo frontal y que incluye el uso de medios para medir el flujo de gas de respiración de la persona, la saturación de oxígeno en sangre, y un electrodo frontal para medir las señales

5 bioeléctricas, cada una de las cuales se lee en una unidad de procesado. La unidad de procesado está configurada para determinar la ocurrencia de al menos un evento de apnea o de hipoapnea que implica el cálculo del índice de apnea-hipoapnea basado en los eventos recogidos de apnea e hipoapnea durante un periodo de tiempo.

10 El documento DE-102209039915-A expone un dispositivo con una unidad de fijación para asegurar el dispositivo a la cabeza del paciente, un sensor para medir las aceleraciones mecánicas en la cabeza y medir los datos y una unidad de evaluación para evaluar los datos de medida.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

15 De acuerdo a un aspecto de la presente invención, se provee un dispositivo para detectar los desórdenes del sueño como se especifica en la reivindicación 1. De acuerdo a otro aspecto de la presente invención se provee un dispositivo para determinar los desórdenes del sueño como se especifica en cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4.

20 De acuerdo a otro aspecto de la presente invención, su provee un método para detectar los desórdenes del sueño como se especifica en la reivindicación 5. De acuerdo a otro aspecto de la presente invención, se provee un dispositivo para detectar los desórdenes del sueño como se especifica en cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9.

25 Se exponen tecnologías para detectar la apnea del sueño. De acuerdo a las realizaciones de la invención, un aparato para detectar la apnea del sueño se configura de forma que cuando el sujeto se coloca en una posición que induce la panea del sueño, el aparato para detectar la apnea del sueño alerta al sujeto a partir de la generación d estímulos, como una alarma audible. De esta manera, el sujeto puede ajustar su postura de forma que ya no esté en una posición que le induzca la panea del sueño. Una posición que induzca la panea del sueño puede ser una posición que adopte el sujeto que provoca que este experimenta apnea del sueño. Se debe entender que incluso si un sujeto se posiciona en una posición que le induzca la apnea del sueño, el sujeto puede no experimentar apnea del sueño. Generalmente hablando, la panea obstructiva del sueño ocurre cuando las vías respiratorias son obstruidas o bloqueadas de forma que el sujeto experimenta apnea del sueño. La obstrucción puede estar causada por la masa de la lengua o que los músculos alrededor de la garganta estén flojos. Cualquiera que sea el motivo que causa la obstrucción, se ha determinado que la posición de la cabeza relativa a un eje de gravedad se relaciona con la ocurrencia de la panea del sueño. Mediante la presente invención, un sujeto puede ser alertado cuando asume una posición que le provoca la apnea del sueño a partir de la monitorización de la posición de la cabeza del sujeto usando un aparato para la detección de la panea del sueño que incluye un inclinómetro de doble eje.

35 De acuerdo a un aspecto de la invención, un dispositivo para detectar los desórdenes del sueño incluye una carcasa que puede ser insertada en un canal auditivo del sujeto. Un sensor que se coloca en la carcasa mide la posición de la cabeza del sujeto respecto a un eje de gravedad, mientras que un transductor que es responsable del sensor, es capaz de crear estímulos detectables por el sujeto. En varias realizaciones, un controlador puede recibir señales que correspondan a un ángulo de inclinación y un ángulo de balanceo formado entre un eje de la cabeza del sujeto y el eje de gravedad medido por el sensor, determina si los ejes de inclinación y de balanceo corresponden a un aposición que induce la panea del sueño, y provocan que el transductor genere un estímulo en la cabeza del sujeto que se encuentra en una posición que le induce la panea del sueño.

40 De acuerdo a otro aspecto de la invención, un método para detectar los desórdenes del sueño incluye un sensor que puede ser insertado en un canal auditivo de un sujeto y medir la posición de la cabeza del sujeto relativa a la gravedad. Basado en la posición medida de la cabeza del sujeto, se determina si la cabeza del sujeto está en un aposición que induce la panea del sueño. Si se determina que la cabeza está en una posición que induce la apnea del sueño, el sujeto puede ser alertado.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

55 La figura 1 ilustra una vista en perspectiva de un aparato para detectar la apnea de sueño, según las características de la presente invención;

60 La figura 2A ilustra un diagrama de bloques del circuito para la detección de la apnea de sueño según las características de la invención presente;

La figura 2B ilustra una vista superior del circuito para la detección de la apnea de sueño en un circuito impreso con algunas características de la presente invención;

65 Las figuras 2C-D ilustran un diagrama de bloques de sistemas para la detección de la apnea de sueño según las características de la invención presente;

Las figuras 3A y 3B ilustran una cabeza del sujeto hipotético y los tres ejes ortogonales relativos a la cabeza del sujeto según la invención presente;

- 5 La figura 3C ilustra la vista en perspectiva de un inclinómetro conceptual relativo a los tres ejes ortogonales según las características de la invención.
- 10 La figura 4A-D ilustra una cabeza del sujeto hipotético orientada en varios ángulos de inclinación y una fuerza correspondiente de gravedad actuando en la vía respiratoria según las características de la invención presente;
- La figura 5A ilustra una representación conceptual de la cabeza del sujeto hipotético orientada de acuerdo a los ángulos de inclinación de la figuras 4-D según las características de la invención presente;
- 15 La figura 5B ilustra una representación conceptual de la cabeza del sujeto hipotético y un rango de ángulos de inclinación que inducen la apnea de sueño según las características de la invención presente;
- La figura 6 ilustra un diagrama del porcentaje de la fuerza necesaria para aplastar la vía respiratoria sobre un rango de ángulos de inclinación presente de acuerdo a la invención presente;
- 20 La figura 7 ilustra un rango de ángulos de inclinación en el cual el sujeto puede sentir la apnea de sueño según la presente invención;
- La figura 8A ilustra las vistas conceptuales de la cabeza del sujeto orientada en ángulos de balanceo varios según con la presente invención;
- 25 La figura 8B ilustra una representación conceptual de la cabeza del sujeto y un rango de ángulos de balanceo que inducen la apnea del sueño de acuerdo a la presente invención.
- 30 La figura 9 ilustra un diagrama del porcentaje de la fuerza necesario para aplastar la vía respiratoria sobre un rango de ángulos según la presente invención;
- La figura 10 ilustra un rango de ángulos de balanceo pueden provocar la apnea de sueño según la presente invención;
- 35 La figura 11A ilustra las vistas laterales de la cabeza del sujeto y orientaciones respectivas del aparato de la apnea de sueño según la presente invención;
- La figura 11B-C son vistas frontales y laterales de la cabeza del sujeto mostrando la orientación del doble-eje del inclinómetro relativo a los ejes ortogonales según las características de la presente invención;
- 40 La figura 12 ilustra un diagrama de flujo lógico para calibrar un aparato para detectar la apnea de sueño de la presente invención;
- La figura 13 ilustra un diagrama de flujo lógico como ejemplo para detectar si el sujeto está en una posición que induce la apnea de sueño;
- 45 La figura 14 ilustra un diagrama de flujo lógico para generar un estímulo en respuesta a la posición del sujeto;
- La figura 15 ilustra un diagrama de las señales varias correspondiente al ángulo de inclinación, el ángulo de balanceo, y una señal de salida generada por el microcontrolador cuando el sujeto asume posiciones supinas que maximizan los efectos de la apnea según; y
- 50 La figura 16 ilustra un diagrama de señales varias correspondiente al ángulo de balanceo, y una señal de salida generada por un microcontrolador cuando el sujeto asume una posición no-supina que minimiza los efectos de la apnea.
- 55

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

- 60 La presente invención se comprenderá mejor a partir de la descripción próxima, que debe leerse en conjugación con los dibujos adjuntos. En esta descripción, los números iguales se refieren a elementos similares de la invención presente. El experto en la materia apreciará fácilmente que los métodos y sistemas descritos aquí son dados simplemente como ejemplo, y que pueden ser hechas variaciones sin salir del espíritu y alcance de la invención.
- 65 En relación ahora a las figuras, la figura 1 ilustra una vista en perspectiva del aparato para detectar la apnea de sueño 100 según con realizaciones varias de la invención presente. El aparato para detectar la apnea de sueño 100 puede incluir una carcasa 110 teniendo un extremo de inserción para el oído 120 y un extremo de acceso del aparato 130. La carcasa 110 está formado de forma que el extremo de inserción para el oído 120 de aparato 100 puede quedar parcialmente insertado en el canal auditivo del sujeto. Adicionalmente, la carcasa 110 puede estar hecha de una gama

5 amplia de materiales que podrán ser rígidos, semirrígidos, flexibles, de manera que el aparato 100 ajuste de manera
 cómoda en el canal auditivo del sujeto. Un extremo de inserción para el oído 120 formará una tapa proyectiva-,
 óptima que puede rodear una porción del extremo de inserción para el oído 120. La tapa proyectiva puede ser hecha
 de un material que ajuste su tamaño para asegurar que el aparato para detectar la apnea de sueño 100 está ajustado
 cómodamente en el canal auditivo del sujeto. En una realización, la tapa proyectiva puede estar hecha de espuma
 10 COMPLY, disponibles comercialmente en la página web <http://www.complyfoam.com>. Debe apreciarse que la tapa
 proyectiva puede ser eliminada, siendo reemplazable, o lavable para reducir el riesgo de una infección del oído. Sin
 embargo, el aparato para detectar la apnea de sueño 100 todavía puede ser operable sin el uso de la tapa proyectiva.

15 El extremo de acceso 130 del aparato 100 provee acceso a un compartimiento interior definido en la carcasa 110. En
 realizaciones varias, el extremo de acceso 130 puede ser configurado de forma que reciba el circuito para la detección
 de la apnea de sueño 200 que es configurado para detectar si el sujeto se coloca el aparato para detectar la apnea de
 sueño 100 y si este está en una posición que induce la apnea de sueño. Detalles adicionales en referencia al circuito
 para la detección de la apnea de sueño 200 son mostradas en la figura 2.

20 El extremo de acceso 130 puede incluir una tapa al menos móvil o extraíble en que una fuente de energía 134, como
 una batería, una célula, o cualquier otro componente de almacenamiento de la energía eléctrica puede ser situado.
 Debe apreciarse que la fuente de energía 134 (mostrado en la figura 2) puede ser recargable y/o extraíble. Además,
 el aparato para detectar la apnea de sueño 100 incluye un interruptor que controla la energía suministrada a los
 componentes varios del circuito para la detección de la apnea de sueño 200 desde la fuente de energía 134.

25 El extremo de acceso 130 también incluye un componente rotacional 138 que puede ser configurado de manera que
 gire el circuito para la detección de la apnea de sueño 200 en el compartimiento interior de la carcasa 110 en al menos
 dos planos. El componente rotacional 138 puede incluir uno o más tornillos de presión que rodea para ajustar la
 orientación del circuito para la detección de la apnea de sueño 200 con respeto a la carcasa 110. La capacidad para
 30 ajuste de la orientación del circuito para la detección de la apnea de sueño 200 permite que el circuito sea reorientado
 en función del tamaño, la forma, y la estructura de los canales auditivos de los sujetos. Detalles adicionales sobre la
 calibración del aparato para detectar la apnea de sueño 100 con respeto a un sujeto particular están indicados en las
 figuras 11 y 12.

35 Aunque, realizaciones varias de la revelación presente del aparato para detectar la apnea de sueño 100 que es
 diseñado para ser dispuesto en el canal auditivo del sujeto, el alcance de la presente invención no está limitado a tales
 realizaciones. En lugar, en algunas realizaciones, el aparato para detectar la apnea de sueño puede ser configurado
 en cualquier lugar en la cabeza del sujeto para detectar posiciones varias de la cabeza relativas al cuerpo del sujeto.
 Por ejemplo, el aparato de la apnea de sueño puede ser diseñado para ser atado en el exterior de la frente de la
 40 cabeza del sujeto, puesto como una tapa sin máximo o un gorro, o sujeto en el exterior del oído del sujeto. Otros
 ejemplos no limitantes incluyen un aparato insertable en la boca, la nariz, o que se sujeta al pelo del sujeto, entre otras.

La figura 2A ilustra un diagrama de bloques del circuito para la detección de la apnea de sueño 200 según algunas
 realizaciones. Como se describe anteriormente, el circuito para la detección de la apnea de sueño 200 puede ser
 45 posicionado en el compartimiento interior de la carcasa 110. Debe apreciarse que el circuito para la detección de la
 apnea de sueño 200 puede ser envasado como un único paquete de IC que se puede insertar en el compartimiento
 interior de la carcasa 110. La figura 2B ilustra una vista superior del circuito para la detección de la apnea de sueño
 200 en un circuito impreso según con algunas realizaciones de la presente invención. En referencia ahora a las figuras
 2a y 2b, el circuito para la detección de la apnea de sueño 200 es configurado de forma que recibe energía desde un
 50 convertidor de DC-DC 204. El convertidor DC-DC 204 puede ser configurado a recibir energía desde una fuente de
 energía 136 y convierte el voltaje provisto por la fuente de energía 136 a un voltaje adecuado por el microcontrolador
 202. El microcontrolador 202 puede ser asignado eléctricamente a un sensor, incluyendo, pero sin limitarse, a un
 sensor de gravedad, como un inclinómetro de tres ejes, un inclinómetro de dos ejes 206 o un inclinómetro de un solo
 eje, y uno o más amplificadores de búfer 208, así que el microcontrolador 202 puede suministrar energía al inclinómetro
 55 de doble eje 206 y los amplificadores de búfer 208. El inclinómetro de doble eje 206 puede ser configurado de forma
 que suministre una primera señal correspondiente a un ángulo medido de inclinación y una segunda señal
 correspondiente a un ángulo medido de balanceo. En adición, el microcontrolador 202 puede recibir la primeras y
 segundas señales generadas por el inclinómetro de doble eje 206. En realizaciones varias, el inclinómetro de doble
 60 eje 206 es acoplado a los amplificadores de búfer 208, de forma que las señales generadas por el inclinómetro de
 doble eje 206 puede ser amplificado por los amplificadores de búfer y provisto al microcontrolador 202 como señales
 de entrada.

El microcontrolador 202 puede ser configurado para ejecutar uno o más algoritmos dirigidos a la calibración, como
 algoritmos para determinar cuando la cabeza del sujeto está posicionada en una posición que induce la apnea de
 65 sueño, y para generar un estímulo para indicar que la cabeza del sujeto está en una posición que induce la apnea de
 sueño.

El microcontrolador 202 puede ser configurado para proveer una señal de salida que puede generar un estímulo en
 indicación de que la cabeza del sujeto está en una posición que induce la apnea de sueño. En una realización, el

5 microcontrolador 202 puede proveer una señal salida a un filtro paso banda y atenuador 210, que pasa la señal de salida a un transductor 212. En realizaciones varias, el transductor 212 puede ser un altavoz, un generador de tono, un generador de vibración, o cualquier otro componente que genera un estímulo. Debe apreciarse que el transductor 212 puede ser capaz de generar estímulo háptico y/o estímulo audible y detectable por el sujeto.

10 En una realización, el microcontrolador 202 puede ser implementado por un 16 PIN QFN4*4*0.9mm BIT CMOS microcontrolador que tiene un número de pieza PIC16F684-1/ML comercialmente disponible desde 'Microchip Technology, Inc' de Chandler, Arizona. El acelerómetro de triple eje usado como un inclinómetro de doble eje 206 puede ser implementado con un modelo de acelerómetro KXTC9 comercialmente disponible desde KIONIX®, en Ithaca, NY. Debe apreciarse que los otros componentes varios, incluyen, pero no se limitan a condensadores, inductores, resistencias, potenciómetros, y pueden ser incluidos como un parte del circuito para la detección de la apnea de sueño 200. En particular, unos potenciómetros pueden ser acoplados al receptor para ajustar la amplitud de la señal generada. Adicionalmente, o alternativamente, la amplitud de la señal puede ser ajustada usando otros componentes eléctricos o por el microcontrolador 202.

20 El inclinómetro de doble eje 206 puede generar señales que son indicadoras de la orientación del inclinómetro relativo a la gravedad. Típicamente, un inclinómetro de doble eje es capaz de la detección de las posiciones angulares en dos direcciones relativas a la dirección de la fuerza de gravedad. Utilizando un inclinómetro de doble eje para detectar si la cabeza del sujeto está en una posición que induce la apnea de sueño, el aparato para detectar la apnea de sueño 100 puede ser configurado para medir la posición de la cabeza del sujeto relativo a uno o más ejes ortogonales. En realizaciones varias, el inclinómetro 206 utiliza un eje representando la dirección instantánea de la gravedad, referido a partir de aquí como el eje de gravedad, como un eje ortogonal.

30 Como se ha descrito anteriormente, del inclinómetro de doble eje 206 puede salir una primera señal correspondiente a un ángulo de inclinación y una segunda señal correspondiente a un ángulo de inclinación. El microcontrolador 202 puede ser configurado para comparar la primera señal con valores umbrales que corresponden a un rango predeterminado de ángulos de inclinación que pueden inducir la apnea de sueño. Este rango predeterminado de ángulos de inclinación están referidos a ángulos de inclinación que inducen la apnea de sueño. El microcontrolador 202 puede ser configurado de forma que a segunda señal tenga valores umbrales que corresponden a un rango predeterminado de ángulos de balanceo que pueden inducir la apnea de sueño. Este rango predeterminado de ángulos de inclinación está referidos a los ángulos que inducen la apnea de sueño. En realizaciones típicas, un sujeto puede sentir la apnea de sueño cuando la primera señal corresponde a un ángulo de inclinación que está en los ángulos que inducen la apnea de sueño, y la segunda señal corresponde a un ángulo de balanceo que está en los ángulos que inducen la apnea de sueño.

40 Si tanto el ángulo de inclinación como el ángulo de balanceo formados entre la cabeza del sujeto y el eje de referencia correspondiente están en los ángulos de inclinación que inducen la apnea de sueño y los ángulos de balanceo que inducen la apnea de sueño, respectivamente, el microcontrolador 202 puede generar una señal de salida que provoque que el transductor 212 genere un estímulo que es detectable por el sujeto. Detalles adicionales sobre los ángulos que inducen la apnea de sueño aparecen en las figuras 4-6 y los ángulos que inducen la apnea de sueño aparecen en las figuras 7-9.

50 Aunque la invención presente describe realizaciones del aparato para la detección de la apnea de sueño que no almacenan datos, debe apreciarse que el aparato puede ser configurado para hacerlo. En algunas realizaciones, el aparato para detectar la apnea de sueño 100 puede ser configurado para aplicaciones varias, como la realización de estudios del análisis de sueño, gestión remota del sueño del sujeto, y similares. Clínicas de sueño pueden usar el aparato para detectar la apnea de sueño en análisis de las posiciones varias de la cabeza en que un sujeto puede dormirse, para determinar las posiciones de la cabeza del sujeto en que el sujeto siente la apnea de sueño. Puede ser necesario almacenar los datos generados por el inclinómetro de doble eje 206 cuando un sujeto está durmiendo.

55 En referencia ahora a la figura 2C, un sistema para la detección de la apnea de sueño puede incluir un circuito para la detección de la apnea de sueño 200C que está en la carcasa 110. El circuito local para la detección de la apnea de sueño 200C es similar al circuito para la detección de la apnea de sueño 200, pero difiere en que no hay un microcontrolador 202. En cambio, el circuito local para la detección de la apnea de sueño 200C incluye una interfaz 242 que permite una salida de datos para recibir las señales de salida generadas por el inclinómetro de doble eje y envía la información asociada con las señales de salida a un equipo remoto de procesamiento para la apnea de sueño 220. El equipo remoto de procesamiento para la apnea de sueño 220 puede incluir un puerto de comunicaciones 224 acoplado comunicativamente a la salida de datos 216. Adicionalmente, el equipo remoto de procesamiento para la apnea de sueño puede incluir una procesadora 222 que puede procesar las señales recibidas desde el circuito para la detección de la apnea de sueño 200C y almacenar datos asociados en la zona de almacenamiento. En adición, el equipo remoto de procesamiento de la apnea de sueño 220 puede proveer la señal de salida a un filtro de paso banda y atenuador 230, que pasa la señal de salida a un transductor 232, que es capaz de alertando al sujeto.

En referencia a la figura 2D, un aparato para la detección de la panea del sueño puede incluir un circuito local para la detección de apnea del sueño 200D que se coloca en la carcasa 110. El circuito local para la detección de panea del

5 sueño 200D es similar al circuito para la detección de apnea del sueño 200, pero se diferencia en que el microcontrolador 202 se asocia a un puerto de salida de datos 216, que puede suministrar las señales de salida generadas por el inclinómetro de doble eje 206 a una unidad de procesamiento de la apnea del sueño 250. La unidad de procesamiento de apnea del sueño remota 250 puede incluir un puesto de comunicación 254 que se asocia al puerto de salida de datos 256. Además, la unidad de procesamiento remoto de apnea del sueño puede incluir un procesador 252 que puede procesar las señales recibidas desde el circuito de detección local de apnea del sueño 200D y almacenar los datos asociados en una localización de almacenamiento, como un almacén 256.

10 En realizaciones varias, el aparato de detección de la apnea de sueño puede incluir un puerto de datos 214 que a través de los datos del circuito de detección de la apnea de sueño puede transferir a una ubicación externa de almacenaje, incluida sin limitación, a una computadora configurada para recoger esos datos. El puerto de datos se puede configurar para la transferencia de datos por cable o transferencia inalámbrica, usando tecnologías, incluida y sin limitación, de BLUETOOTH, transmisiones inalámbricas de corto alcance, u otras formas de transmisión de datos. En algunas realizaciones, la ubicación del almacenaje de datos puede estar en una ubicación remota. En algunas realizaciones, el aparato para detectar la apnea de sueño puede ser configurado para acceder una red de comunicaciones, como Wifi, LAN, WAN, o cualquiera otra red de comunicaciones a través de los datos generados por el inclinómetro de doble eje 206 que puede transferirlos a la zona de almacenaje. En realizaciones varias, el circuito de la detección de la apnea de sueño puede ser configurado para consultar al inclinómetro de doble eje 206, y las señales de salida del inclinómetro 206 pueden proveer a un sistema externo de procesamiento que procesa los datos y que genera un estímulo para atraer la atención del sujeto. Utilizando cualquiera de las configuraciones ilustradas en las figuras 2C-2D, debe apreciarse que las comunicaciones entre el aparato de la detección de apnea de sueño y el equipo de procesamiento de la apnea de sueño puede ser bidireccional. Por ejemplo, usando cualquiera de los procedimientos identificados de comunicación anteriores, los datos del inclinómetro 206 pueden entrar o puede salir del procesador 222. Utilizando la configuración ilustrada en 2D, la señal para iniciar un transductor 212 puede ser originada a partir del equipo de procesamiento 220 en respuesta a datos transmitidos al equipo 220 del equipo 200C y evaluada por un procesador 222.

15 Un sujeto puede girar su cabeza 302 sobre cualquier de los tres ejes ortogonales fijos. Para aclarar este punto, las figuras 3A y 3B ilustran la cabeza del sujeto 302 y los tres ejes ortogonales relativos a la cabeza del sujeto en que la cabeza puede girar. A través de la realización presente y como se muestra en la figura 3A, los tres ejes fijos pueden estar descritos relativos a un sujeto hipotético acostado de manera supina y mirando hacia delante. Un eje-X 306 se extiende desde la parte superior de la cabeza al fondo de la cabeza del sujeto hipotético así que cuando el sujeto hipotético va a ponerse de pie, el eje-x 306 está alineado con un eje instantáneo de gravedad. Como se muestra en la figura 3B, el eje-Y 308 se refiere a un eje que se extiende desde un oído del sujeto hipotético al otro oído, y el eje-z 310 se refiere a un eje que se extiende desde la nariz de la cabeza del sujeto hipotético 302 a la parte posterior de la cabeza del sujeto hipotético 302. Debe apreciarse que, cuando el sujeto hipotético se acuesta en la posición supina, el eje-z 310 está alineado con la dirección instantánea de gravedad.

20 La rotación alrededor de la cabeza del sujeto 302 sobre el eje-x 306 se define aquí como balanceo, y un ángulo formado entre un eje que se extiende desde la nariz 304 en la cabeza del sujeto a la parte posterior de la cabeza del sujeto 302 y el eje-y 308 se define aquí como el ángulo de balanceo. La rotación de la cabeza del sujeto sobre el eje-y 308 se define aquí dentro como inclinación, un ángulo formado entre un eje que se extiende desde la nariz en la cabeza del sujeto 302 a la parte posterior de la cabeza del sujeto y el eje-z 310 se define aquí como el ángulo de inclinación. La rotación de la cabeza del sujeto 302 sobre el eje-z 310 se define aquí como guiñada, y un ángulo formado entre un eje que se extiende desde el parte superior de la cabeza del sujeto 302 a la parte inferior de la cabeza del sujeto 302 y el eje-x 306 se define aquí dentro como el ángulo de guiñada. Debe apreciarse que cualquier de los ejes 306, 308, 310 puede o no estar alineado con el eje de la gravedad. En realizaciones donde ninguno de los ejes 306, 308, 310 están alineados con el eje de gravedad, se pueden hacer ajustes correctivos en el circuito de detección de la apnea de sueño para compensar la desalineación.

25 Como se describe anteriormente, la apnea de sueño obstructor es una condición en la cual se producen pausas durante respiración y que ocurren durante sueño porque la vía respiratoria se ha reducido, bloqueado, o quedado flácida. Durante el sueño, los músculos del sujeto se encuentran más relajados, incluyendo los músculos que lo ayudan a mantener la vía respiratoria y permiten la entrada de aire en los pulmones. Normalmente, la garganta superior todavía sigue suficientemente abierta durante el sueño para permitir la transmisión de aire. Sin embargo, alguna gente tiene un área restringida de la garganta. Cuando los músculos de la garganta superior se relajan durante el sueño, la respiración puede detenerse durante un periodo de tiempo, con frecuencia durante más de diez segundos. La parada de la respiración se define como apnea. Debe apreciarse que la apnea de sueño superior puede ser causada porque la lengua se coloca fuera del paladar blando para obstruir la vía respiratoria, o porque la lengua directamente obstruye la vía respiratoria.

30 Se ha determinado que la posición relativa de la cabeza del sujeto 302 respecto al eje de gravedad está relacionada con casos de la apnea de sueño obstructor. Posiciones en las cuales un sujeto sufre probablemente la apnea de sueño se definen como posiciones que inducen la apnea de sueño. Un sujeto tiene probabilidad de sentir la apnea de sueño

5 cuando la cabeza del sujeto 3012 está posicionada en un ángulo de inclinación formada por un eje de la cabeza del sujeto 302 y el eje-z 310 que está en un rango de ángulos de balanceo que inducen la apnea de sueño. La correlación de la posición de la cabeza del sujeto y la apnea de sueño está unida al efecto de las fuerzas de gravedad que causan que la lengua 324 y/o el paladar blando 322 obstruyan la vía respiratoria 320. Particularmente, la dirección en cual la gravedad ejerce una fuerza en la lengua 324 y el paladar blando 322 dicta la frecuencia de la obstrucción de la vía respiratoria. Aunque la magnitud general de la fuerza de gravedad está constante por debajo de la gravedad, la magnitud de la fuerza de gravedad, en que sucede la obstrucción de la vía respiratoria por la lengua 324 y el paladar blando 322, cambia cuando la posición de la cabeza del sujeto cambia. En consecuencia, algunas posiciones de la cabeza son más frecuentes que otras para causar una incidencia de la apnea de sueño obstructor.

15 Típicamente, cuando el sujeto está en una posición supina y mira hacia adelante respecto al eje-z 310, las fuerzas de gravedad empujan la lengua 324 y el paladar blando 322 causando la obstrucción de la vía respiratoria 320. La resultante de la fuerza para aplastar la vía respiratoria y el ángulo de inclinación Θ_p puede ser dada por Ecuación 1 dada a continuación:

20 (Ecuación 1) $F = M \cdot a \cdot \sin(\Theta_p)$

Donde F es la fuerza con que se aplasta la vía respiratoria, m es la masa efectiva del tejido de la lengua, a es la aceleración de la gravedad, y Θ_p es el ángulo de inclinación que se mide en relación al eje-z 310. Igualmente, la resultante de la fuerza para aplastar la vía respiratoria y el ángulo de balanceo Θ_r puede darse por Ecuación 2 debajo:

25 (Ecuación 2) $F = M \cdot a \cdot \sin(\Theta_r)$

Donde F es la fuerza con la que se aplasta la vía respiratoria, m es la masa efectiva del tejido de la lengua, a es la aceleración debido a la gravedad, Θ_r es el ángulo de balanceo que se mide en relación al eje-y 308.

30 Las figuras 4A-D ilustran una cabeza del sujeto orientada en ángulos varios de inclinación y una fuerza de la gravedad correspondiente que actúan en la vía respiratoria del sujeto según con algunas realizaciones de la invención presente. En particular, la figura 4A ilustra la cabeza del sujeto 302 en una posición supina así que el ángulo de inclinación Θ_p formado entre un eje se extiende desde la parte superior de la cabeza del sujeto a la parte inferior de la cabeza del sujeto 302 y el eje-z 310 se define como 90° . Cuando el ángulo de inclinación Θ_p es 90° , la fuerza para aplastar la vía respiratoria es máxima. La figura 4B ilustra la cabeza del sujeto 302 en una posición recta, así que el ángulo de inclinación Θ_p formado entre un eje que se extiende desde la parte superior de la cabeza del sujeto a la parte inferior de la cabeza del sujeto 302 y el eje-z 310 es 180° . Cuando el ángulo de inclinación Θ_p es 180° , la fuerza para aplastar la vía respiratoria es mínima, como se explica en la ecuación anterior. La figura 4C muestra la cabeza del sujeto en un ángulo de inclinación entre $90^\circ < \Theta_p < 180^\circ$, en este caso solo una porción de la fuerza para aplastar la vía respiratoria está dirigida de forma que fuerza la lengua 324 o el paladar blando a obstruir la vía respiratoria 320. La figura 4D ilustra la cabeza en un ángulo de inclinación $\Theta_p = 270^\circ$, en este caso la fuerza de gravedad actúa en las paredes 322 de la vía respiratoria 320 en la dirección contraria de forma que la vía respiratoria 320 siempre permanece abierta.

45 La figura 5A ilustra las vistas conceptuales de la cabeza del sujeto en ángulos de inclinación de la cabeza del sujeto con respecto a las figuras 4A-D. La figura 5B ilustra un rango de los ángulos que inducen la apnea de sueño relativos al eje-z 310. Como se muestra en la figura 5B, el rango de los ángulos de la apnea de sueño se extienden desde 20° a 160° .

50 La figura 6 ilustra un diagrama del porcentaje de la fuerza necesaria para aplastar la vía respiratoria según algunas reivindicaciones de la presente invención. Como se describe anteriormente, la relación de la fuerza necesaria para aplastar la vía respiratoria y el ángulo de inclinación Θ_p está indicada en la Ecuación 1.

55 Como se describe en las figuras 4 y 5, un sujeto puede dormir en una posición supina, en este caso el ángulo de inclinación formado por la cabeza del sujeto es 90° . Aunque el sujeto puede dormir con ángulos de inclinación ligeramente menores, ángulos muchos menores que 90° pueden ser incómodos e indeseables. En consecuencia, en algunas realizaciones, un rango más práctico puede incluir ángulos de inclinación que están aproximadamente a 75° o más.

60 La figura 7 ilustra un rango de ángulos de inclinaciones en los que el sujeto puede sentir la apnea de sueño conforme a algunas realizaciones de la presente invención. El circuito para la detección de la apnea de sueño 200 puede ser configurado para generar un estímulo cuando el ángulo de inclinación y el ángulo de balanceo están ambos en un rango de posiciones de ángulos de inclinación y ángulos de balanceo que inducen la apnea de sueño, respectivamente. El rango de los ángulos que inducen la apnea de sueño puede corresponder a ángulos asociados con un porcentaje umbral de la fuerza máxima necesaria para aplastar la vía respiratoria que puede causar obstrucciones en la vía respiratoria 320 y causa la apnea de sueño.

5 Se determina que la apnea de sueño ocurre cuando la fuerza para aplastar la vía respiratoria causa obstrucciones de la lengua 324 o del paladar blando en la vía respiratoria. En realizaciones varias, el porcentaje umbral cuando la vía respiratoria esta obstruida puede ser del 35%, que corresponde a ángulos de inclinaciones mayores que 20° aproximadamente y menos que 160° aproximadamente. En algunas realizaciones, el porcentaje de umbral puede ser 40%, que corresponde a ángulos de inclinación mayores que 25° aproximadamente y menos que 155° aproximadamente. En otra realización, un porcentaje umbral puede ser 50% que corresponde a los ángulos de inclinación que son mayores que 30° aproximadamente y menores que 150° aproximadamente. Debe apreciarse que cuando el porcentaje umbral se amplía, la posibilidad de que ocurra la apnea de sueño también se amplía. Además, si el rango de ángulos de inclinación se reduce, el porcentaje umbral se amplía también. Debe apreciarse que los ángulos que definen el rango no necesariamente suman 180° . En lugar, un rango de ángulos de inclinación que inducen la apnea de sueño pueden extenderse desde 60° aproximadamente hasta 150° .

La figura 8A ilustra las vistas conceptuales de una cabeza del sujeto orientada en ángulos varios de balanceo de conformidad con algunas realizaciones de la invención presente. En particular, la figura 8A muestra la cabeza del sujeto girada sobre el eje-x 306, así que el ángulo de balanceo Θ_r relativo al eje-y 308 se amplía desde 0° a 180° cuando el sujeto rota su cabeza desde su derecha a su izquierda, o si el sujeto rota su cabeza y cuerpo desde su derecha a su izquierda. La figura 8A muestra un rango de ángulos de balanceo que induce la apnea de sueño, que se extiende desde 25° a 155° relativos al eje-y 308.

Aunque las posiciones de la apnea de sueño posibles pueden incluir ángulos de balanceo que se amplían desde 12° a 168° relativos al eje-y 308, el aparato para detectar la apnea de sueño 100 puede configurarse de forma que el aparato para detectar la apnea de sueño 100 presenta ángulos de balanceo desde 25° a 155° que están aproximadamente en el rango de posiciones que inducen la apnea de sueño, como se muestra en la figura 8B. Esto es porque un sujeto, cuando está durmiendo, no puede mantiene el ángulo de balanceo menor que 12° o mayor que 168° relativos al eje-y 308. Sin embargo, incluyendo esos rangos de ángulos en el rango de la apnea de sueño, la precisión del aparato de detección de la apnea de sueño puede ser peor. Sin embargo, debe apreciarse que, en realizaciones varias, estos ángulos pueden ser incluidos en el rango de ángulos que el aparato de detección para la apnea de sueño considerado está en el rango que induce la apnea de sueño.

La figura 9 ilustra un diagrama del porcentaje de la fuerza necesaria para aplastar la vía respiratoria durante un rango de ángulos de balanceo según algunas realizaciones de la presente invención. Como se ha descrito anteriormente, la relación entre la fuerza necesaria para aplastar la vía respiratoria y al ángulo de balanceo Θ_r esta dada por la Ecuación 2.

Se ha determinado que la apnea de sueño ocurre cuando la fuerza para aplastar la vía respiratoria supera un porcentaje umbral de la fuerza necesaria para aplastar la vía respiratoria. En realizaciones varias, el porcentaje umbral puede ser del 35%, que corresponde a ángulos de balanceo que son mayores que 20° aproximadamente y menos que 160° aproximadamente. En otras realizaciones, el porcentaje umbral puede ser 40%, que corresponde a ángulos de balanceo que son aproximadamente mayores que 25° y menos que 155° . Todavía en otra realización puede ser del 50%, que corresponde a los ángulos de inclinación que son mayores que aproximadamente 30° y aproximadamente menos que 150° . Debe apreciarse que, cuando el porcentaje umbral se amplía, la posibilidad de la apnea de sueño también aumenta. Además, el rango de ángulos de balanceo también se reduce cuando el porcentaje umbral se amplía también.

El aparato para detectar la apnea de sueño 100 no puede generar un estímulo mientras el sujeto adopta una posición en la que el ángulo de inclinación Θ_p no está en el rango del ángulo de inclinación de la apnea de sueño que induce la apnea de sueño o el ángulo de balanceo Θ_r no está en el rango de posiciones que inducen la apnea de sueño, que son predeterminados por el circuito para la detección de la apnea de sueño 200. En una realización, los ángulos de inclinación no están en el rango de ángulos de inclinación que pueden inducir la apnea de sueño e incluyen ángulos de inclinación que son más que 160° o menos que 20° relativos al eje-z 310. Debe apreciarse que, aunque algunos ángulos no inducen la apnea de sueño, durmiendo en tales posiciones es indeseable o incómodo. Por ejemplo, durmiendo en ángulos de inclinación menores que 90° o ángulos de inclinación mayores que 270° relativos al eje-z 310 puede ser incómodo o indeseable. Igualmente, ángulos de balanceo que no están en el rango de ángulos de balanceo que corresponden a las posiciones que inducen la apnea del sueño. Esos ángulos que son menores que 20° o mayores que 160° relativos al eje-y 308. Debe apreciarse que no es posible para un humano típico duerma en ángulos de balanceo mayores que 250° o menores que -70° . Sin embargo, cuando un aparato de detectar la apnea de sueño está configurado solo para determinar cuándo un sujeto está posicionado en una posición que induce la apnea de sueño, no hay acción cuando la cabeza del sujeto está posicionada en cualquier ángulo que no está en el rango de los ángulos que induce la apnea de sueño.

El aparato para detectar la apnea de sueño 100 puede generar un estímulo cuando el sujeto asume una posición en que el ángulo de inclinación Θ_p está en un rango de posiciones que induce la apnea de sueño, tal como los ángulos de inclinación que están entre aproximadamente 20° y 160° relativos al eje-z 310, y el ángulo de balanceo Θ_r que está entre aproximadamente 20° y 160° relativos al eje-y 308.

5 La figura 10 ilustra un rango de ángulos de balanceo en los que el sujeto puede sentir la apnea de sueño de acuerdo con algunas realizaciones en la revelación presente. Como se describe anteriormente, el circuito para la detección de la apnea de sueño 200 se puede configurar para generar un estímulo cuando el ángulo de inclinación y ángulo de balanceo están ambos en el rango de posiciones del ángulo de inclinación y del ángulo de balanceo. El rango de ángulos que induce la apnea de sueño puede corresponder a ángulos de balanceo asociados con un porcentaje umbral de la fuerza máxima necesaria para aplastar la vía respiratoria que puede obstruir la vía respiratoria 320 y causar la apnea de sueño.

10 Se ha determinado que la apnea de sueño puede ocurrir cuando la fuerza máxima para aplastar la vía respiratoria causa una obstrucción en la vía respiratoria por la lengua 324 o el paladar blando 322. En realizaciones varias, el porcentaje umbral en que hay una obstrucción en la vía respiratoria puede ser 35%, que corresponde a ángulos aproximadamente mayores que 20° y menores que aproximadamente 160° . En otras realizaciones, el porcentaje umbral puede ser 40% que corresponde a ángulos de balanceo mayores que aproximadamente 25° y menores que aproximadamente 155° . En una otra realización, el porcentaje umbral puede ser 50% que corresponde a los ángulos de balanceo que son mayores que aproximadamente 30° y menores que aproximadamente 150° . Debe apreciarse que, cuando el porcentaje umbral se amplía, la posibilidad de la apnea de sueño aumenta también. Además, cuando el rango de ángulos de balanceo se reduce el porcentaje umbral se amplía también. Debe apreciarse que los ángulos que definen el rango no es necesario que sumen 180° . En lugar de, un rango de ángulos de balanceo que inducen la apnea de sueño puede extender desde 60° a 150° .

15 Aunque la invención presente divulga el uso de un inclinómetro de doble-eje 206 para determinar los ángulos de inclinación y de balanceo de la cabeza del sujeto, otros tipos de inclinómetros, acelerómetros, giroscopios, o sensores pueden ser utilizados para determinar la orientación de la cabeza relativa a los tres ejes fijados 306, 308, 310. En realizaciones varias, un acelerómetro de un solo eje puede ser usado. Particularmente, un acelerómetro de un solo eje es capaz de proveer información angular relacionada con un eje primer, e información angular con sensibilidad reducida en un segundo eje de los dos ejes ortogonales mutuos. Desde el acelerómetro de único eje se pueden generar conjuntos diferentes de voltaje provocados por dos ejes independientes, un acelerómetro de un eje único puede ser usado mientras el rango de los ángulos de inclinación que define las posiciones que inducen la apnea de sueño y el rango de los ángulos de balanceo que definen las posiciones que inducen la apnea de sueño son los mismos.

20 Desde las figuras 6 y 9, puede apreciarse que los ángulos de balanceo y ángulos de inclinación son iguales cuando definen las posiciones que inducen la apnea de sueño. Por ejemplo, el rango de ángulos de inclinación se puede situar en $20^\circ < \Theta_p < 160^\circ$ y el rango del ángulo de balanceo se puede situar en $20^\circ < \Theta_r < 160^\circ$ de sus ejes respectivos. En una realización, la posición de ángulos de inclinación que induce la apnea de sueño se puede situar en 30° desde el eje-x 306, que corresponda a un voltaje umbral de salida generada por el acelerómetro de eje único. Cuando la cabeza del sujeto se mueva a la posición supina y rote su cabeza desde $0^\circ < \Theta_r < 180^\circ$, el circuito de la detección de la apnea de sueño puede generar un estímulo cuando el voltaje imprimido por el acelerómetro de eje único alcanza el voltaje umbral de salida. Como el voltaje umbral de salida correlaciona un ángulo de balanceo que es aproximadamente 30° relativo al eje-y 308 o 150° relativo al eje-y 308, el estímulo puede ser generado cuando el ángulo de balanceo está en el rango de las posiciones que inducen la apnea de sueño.

25 La orientación del inclinómetro de doble eje 206 puede ser una consideración importante para el funcionamiento preciso y coherente del aparato para detectar la apnea de sueño 100. El inclinómetro de doble eje 206 genera señales de salida indicando la orientación relativa del aparato para detectar la apnea de sueño 100 relativo a los tres ejes ortogonales fijados 306, 308, 310. Como el microcontrolador 206 es diseñado para generar un estímulo cuando la cabeza del sujeto 302 asume una posición que induce la apnea de sueño, es importante verificar que el inclinómetro 206 de doble eje está generando señales de salida que correspondan exactamente a los ángulos de inclinación y a los ángulos de balanceo correcto. La precisión general del aparato para detectar la apnea de sueño 100 está provocada por un error rotacional y un error de planitud, cuando se sitúa en el oído.

30 El error rotacional está asociado con el ángulo de inclinación. En realizaciones varias, los rangos aceptables del error de rotación pueden incluir ángulos de inclinación que están entre 170° y 190° relativos al eje de gravedad. El error rotacional puede ser eliminado durante la calibración cuando el sujeto rota el aparato para detectar la apnea de sueño entre el canal auditivo, sobre el eje de la gravedad, hasta que el ángulo de inclinación que está entre 170° y 190° , relativo al eje de gravedad. En realizaciones varias, durante el proceso de calibración, el aparato para detectar la apnea de sueño puede generar un estímulo indicando que el aparato para detectar la apnea de sueño no está calibrado correctamente. Como el aparato 100 rota en el canal auditivo, el aparato para detectar la apnea de sueño 100 puede generar un estímulo diferente que indica que el aparato ya no tiene un error de rotación. En realizaciones varias, el aparato para detectar la apnea de sueño puede ser configurado para explicar el error rotacional cuando se determina si la cabeza del sujeto 302 está en un rango de ángulos que inducen la apnea de sueño.

35 Ahora, en referencia a figura 11A, se muestran las vistas laterales de la cabeza del sujeto y orientaciones respectivas del aparato para detectar la apnea de sueño 100. Un sujeto puede asumir una posición que induce la apnea de sueño basado en la orientación de la cabeza del sujeto. Particularmente, el sujeto puede asumir una posición que induce la

5 apnea de sueño cuando la cabeza del sujeto asume una posición en la que el ángulo de inclinación está en el rango de ángulos de inclinación que inducen la apnea de sueño, y, el ángulo de balanceo está en el rango de ángulos de balanceo que inducen la apnea de sueño. Se describe anteriormente, como el aparato para detectar la apnea de sueño 100, que contiene el inclinómetro de doble eje 206, está al menos insertado parcialmente en el canal auditivo del sujeto, los movimientos de balanceo e inclinación de la cabeza del sujeto relativos a los ejes ortogonales y fijados 306, 308 pueden cambiar la orientación del inclinómetro de doble eje 206 relativo a los ejes ortogonales fijados 306, 308. En consecuencia, la señal de salida generada por el inclinómetro de doble eje 206 puede cambiar también, reflejando cambios entre los ángulos de inclinación y los ángulos de balanceo.

15 Antes del primer uso del aparato para detectar la apnea de sueño, de debe realizar un procedimiento de calibración en el que el inclinómetro de doble eje determina los ángulos de inclinación y ángulos de balanceo relativos a la gravedad o a la vertical. Así, cuando el circuito para la detección de la apnea de sueño 200 – incluyendo el inclinómetro de doble eje 206 – está posicionado en el canal auditivo del sujeto, el inclinómetro de doble eje 206 puede proveer los ángulos de inclinación y ángulos de balanceo en relación a los ejes ortogonales. Como parte del proceso de calibración, que se describiría en la figura 12, el ángulo de rotación del inclinómetro de doble eje 206 puede situarse en aproximadamente 170° y 190° relativo al eje de gravedad 306, como indica la figura 11A. Dependiendo de si el sujeto se pone el aparato para detectar la apnea de sueño 100 en su oído derecho o izquierdo, el circuito para la detección de la apnea de sueño está posicionado en la carcasa 110 y puede rodar 180° respecto a la carcasa 110.

25 Como se describe anteriormente, la precisión general del aparato para detectar la apnea de sueño 100 también puede depender en un error de los planos. Un error de planos surge cuando el inclinómetro de doble eje 206 no está alineado con cada uno de los tres ejes ortogonales. El inclinómetro de doble eje 206 – está alineado perpendicularmente a una línea desde un oído al otro – sin embargo, no es tan fácil de calibrar, detectar, o ajustar cuando el error de plano varía basado en la forma del canal auditivo del sujeto. La planitud puede ser detectada por un giroscopio, que en sí mismo requiere calibración. Como la forma y el ángulo del canal auditivo pueden variar ligeramente de sujeto a sujeto, hay una posibilidad de un ajuste necesario de planitud única para hacer coincidir la orientación del canal auditivo del sujeto. Este ajuste puede estar realizado por el sujeto o por un médico mediante la rotación del circuito para la detección de la apnea de sueño 200 en la carcasa 110. Como se describe anteriormente, el componente rotacional 138, como por ejemplo un tornillo de presión, accesible desde el extremo de acceso 130 del aparato para detectar la apnea de sueño 100, puede rotar el circuito para la detección de la apnea de sueño 200 relativo a la carcasa 110. En realizaciones varias, tornillos independientes pueden ser usados para rotar el inclinómetro 206 o el circuito para la detección de la apnea de sueño 200 en la carcasa 110, sobre un eje particular.

40 Las figuras 11B-C son vistas frontales y vistas laterales de la cabeza de un sujeto mostrando la orientación del inclinómetro de doble eje respecto a los ejes ortogonales de conformidad con algunas realizaciones de la presente invención. Girando el circuito para la detección de la apnea de sueño 200 en la carcasa 110, la orientación del inclinómetro de doble eje 206 también cambia. Para eliminar los errores de planitud, el inclinómetro de doble eje 206 puede ser orientado de manera que el inclinómetro de doble eje esté alineado con los tres ejes ortogonales fijados 306, 308, 310.

45 La figura 12 ilustra un diagrama de flujo para calibrar el aparato para detectar la apnea de sueño 100 de acuerdo con algunas realizaciones de la invención. Una rutina 1200 empieza en operación 1202, donde el aparato para detectar la apnea de sueño 100 está alimentado. En realizaciones varias, el interruptor puede ser configurado para controlar la energía suministrada al aparato para detectar la apnea de sueño 100. Desde operación 1202, la rutina 1200 procede a la operación 1204, donde el microcontrolador 202 determina si el voltaje suministrado por la fuente de alimentación 132 es mayor que un voltaje umbral. Si el microcontrolador 202 determina que el voltaje suministrado no es mayor que el voltaje umbral, la rutina 1200 procede a la operación 1206, donde el microcontrolador 202 – por el transductor 216 – como un altavoz, genera un estímulo en indicación de voltaje bajo. En realizaciones varias, el estímulo en indicación de voltaje bajo puede ser una señal teniendo una frecuencia específica, amplitud, y duración. Por ejemplo, la señal puede ser una señal de 30 Hz que está generada por 2 segundos. En realizaciones varias, el voltaje umbral puede fijarse como un voltaje que puede proveer energía al microcontrolador 202 de forma que el microcontrolador 202 puede operar normalmente durante una cantidad de tiempo predeterminada – por ejemplo, ocho horas. Debe apreciarse que la cantidad de energía usada por el microcontrolador 202 puede estar basada, en función de la frecuencia con la que el microcontrolador 202 encuesta al inclinómetro de doble eje para conocer el ángulo de inclinación y ángulo de balanceo, así como la frecuencia y duración en cual estímulo es generado por el transductor 216.

60 Desde operación 1206, la rutina 1200 procede a la operación 1202, donde el circuito para la detección de la apnea de sueño 200 es reajustado de nuevo. Sin embargo, si, en operación 1204, el microcontrolador 202 determina que el voltaje suministrado por la fuente de alimentación es más que el voltaje umbral, la rutina 1200 procede a la operación 1208, donde el microcontrolador 202 provee de energía al inclinómetro de doble eje 206. Desde la operación 1208, la rutina 1200 procede a la operación 1210, donde el microcontrolador 202 recibe, como una entrada, un voltaje de inclinación correspondiente a un ángulo de inclinación relativo al eje-z 310 y un voltaje de balanceo correspondiente a un ángulo de balanceo relativo al eje-y 308. Debe apreciarse que el voltaje de inclinación y voltaje de balanceo son ejemplos de señales proporcionadas por el inclinómetro 206.

5 Desde operación 1210, la rutina 1200 procede a la operación 1212, donde el microcontrolador 202 elimina la energía suministrado al inclinómetro 206. Como una parte de la consulta al inclinómetro de doble eje 206, el microcontrolador suministra energía al inclinómetro de doble eje 206, y recibe señales desde el inclinómetro de doble eje, y luego elimina la energía suministrada al inclinómetro 206. En algunas realizaciones, el microcontrolador 202 puede consultar al inclinómetro de doble eje 206 cada 20 segundos. El microcontrolador 202 suministra energía al inclinómetro de doble eje por aproximadamente 0.25 segundos, durante este tiempo el inclinómetro 206 es capaz de generar señales correspondientes al ángulo de balanceo actual y un ángulo de inclinación asociado con la cabeza del sujeto relativo al eje-y 308 y el eje-z 310, respectivamente. Después de 0.25 segundos, el microcontrolador 202 termina suministrando energía al inclinómetro de dobl eje 206, hasta aproximadamente 20 segundos, cuando el microcontrolador 202 consulta el inclinómetro de doble eje 206 otra vez. Como el microcontrolador suministra energíasolo al inclinómetro de doble eje206 para aproximadamente 1.2% (0.25s/0.25s) del tiempo que el aparato 100 está operativo, la duración de la batería es aproximadamente 81 veces mejor que cualquier solución que requiere el sensor, como el inclinómetro de doble eje 206, para estar alimentado constantemente. Por ejemplo, para usar un sensor para detectar una posición actual de la cabeza por la detección del movimiento de la cabeza del sujeto requiere que el sensor esté alimentado constantemente. En contraste, por consulta al inclinómetro de doble eje 206 en la manera descrita aquí se puede mejorar la duración de la batería significativamente. Debe apreciarse que el tiempo entre consultas al inclinómetro de doble eje 206 aumento la duración de la batería. En realizaciones alternativas, el microcontrolador 202 puede suministrar energía continuamente al inclinómetro de doble eje 206, sin embargo, como se explica anteriormente, se necesita un equilibrio en la duración de la batería.

25 Desde operación 1212, la rutina 1200 procede a la operación 1214, donde el microcontrolador 202 determina si las señales desde el inclinómetro 206 que representa el ángulo de inclinación y el ángulo de balanceo están en el rango de valores. En algunas realizaciones, el microcontrolador 202 determina si el voltaje de inclinación corresponde a un ángulo de inclinación que está entre aproximadamente entre 170° y 190° relativo al eje-z 310, y si el voltaje de balanceo corresponde a un ángulo de balanceo que también está entre 170° y 190° relativo al eje-y 308.

30 Si, en la operación 1214, el microcontrolador 202 determina que, o bien el ángulo de inclinación, o el ángulo de balanceo no están en los valores de umbral, la rutina 1200 procede a la operación 1216, donde el microcontrolador 202 puede generar una alarma de la indicación de que el aparato para detectar la apnea de sueño 100 no está calibrado. Desde la operación 1215, la rutina 1200 procede a la operación 1218, donde el sujeto se puede ajustar la orientación del aparato para detectar la apnea de sueño 100 en el canal auditivo. En realizaciones varias, el ajuste puede incluir la rotación del aparato para detectar la apnea de sueño 100 en el canal auditivo del sujeto. Alternativamente, durante una calibración de planitud, el ajuste puede incluir la rotación del circuito para la detección de la apnea de sueño 200 en el comportamiento interior de la carcasa 110 de la rotación del componente rotacional 138 del aparato para detectar la apnea de sueño 100. Desde la operación 1218, la rutina 1200 regresa a la operación 1208, donde el microcontrolador 202 prosigue el proceso de calibración por la provisión de poder al inclinómetro 206.

40 Si, en la operación 1214, el microcontrolador 202 determina que el ángulo de inclinación está entre aproximadamente 170° y 190° relativo al eje-z 310 y el ángulo de balanceo está entre aproximadamente 170° y 190° relativo al eje-y 308, la rutina 1200 procede desde operación 1214 a la operación 1220, donde el microcontrolador 202 puede generar un estímulo en indicación de que el aparato para detectar la apnea de sueño 100 ha sido calibrado. En realizaciones varias, el estímulo puede ser una señal, como una señal de 300Hz que está generada durante 3 segundos. Desde operación 1220, la rutina 1200 procede a la operación 1222, donde el aparato para detectar la apnea de sueño 100 puede ejecutar un algoritmo de búsqueda de apnea, una realización está descrita con en la figura 13.

50 La figura 13 ilustra un diagrama ejemplar de flujo lógico en asociación con un algoritmo de búsqueda de apnea configurado para detectar cuando el sujeto está en una posición que induce la apnea de sueño según con algunas realizaciones de la revelación. Una rutina 1300 empieza en la operación 1302, donde el microcontrolador 202 provee energía al inclinómetro 206. Desde la operación 1302, la rutina 1300 procede a la operación 1304, donde el inclinómetro 206 para generar un voltaje de inclinación y un voltaje de balanceo correspondiente a un ángulo de inclinación y un ángulo de balanceo de la cabeza del sujeto como se explicaba anteriormente. Debe apreciarse que el inclinómetro 206 puede generar cualquier tipo de señal incluyendo pero sin limitarse a un voltaje, tensión, una carga, y adicionales. Desde la operación 1304, la rutina 1300 procede a la operación 1306, donde el microcontrolador 202 elimina la energía suministrada al inclinómetro 206. En realizaciones varias, el microcontrolador 202 puede proveer y eliminar la energía suministrada al inclinómetro 206 para conservar energía y extiende la duración de la batería del aparato para detectar la apnea de sueño 100 y también minimiza el número de alarmas falsas durante el reposicionamiento.

65 Desde la operación 1306, la rutina 1300 procede a la operación 1308, donde el microcontrolador 202 determina el ángulo de inclinación y el ángulo de balanceo basado en las señales recibidas del inclinómetro de doble jee206. Desde la operación 1308, la rutina 1300 procede a la operación 1310, donde el microcontrolador 202 determina si el ángulo de inclinación corresponde a una posición que induce la apnea de sueño. En realizaciones varias, el microcontrolador puede determinar el ángulo de inclinación si el ángulo de inclinación está entre aproximadamente 20° y 160° relativo al eje-z 310. Si, en operación, el microcontrolador 202 determina que el ángulo de inclinación no necesariamente corresponde a una posición que induce la apnea de sueño, la rutina 1300 procede a la operación 1312, donde el

- 5 microcontrolador 202 establece un set de banderas a 0. En realizaciones varias, un recuento de banderas puede ser un bit o serie de bites o cualquier estructura de datos que se puede usar en un contador. Desde la operación 1312, la rutina 1300 procede a la operación 1324, donde el microcontrolador 202 espera hasta el microcontrolador 202 consulta inclinómetro de doble eje 206 para obtener lecturas nuevas de inclinaciones y balanceos de voltaje.
- 10 Sin embargo, si en la operación 1310, el microcontrolador 202 determina que el ángulo de inclinación correspondiente a una posición que induce la apnea de sueño, la rutina 1300 procede a la operación 1314, donde el microcontrolador 2020 determine si el ángulo de balanceo corresponde a una posición que induce la apnea de sueño. En realizaciones varias, si el ángulo de balanceo está entre aproximadamente 25° y 155° relativo al eje-y 308, el sujeto está en una posición que induce la apnea de sueño.
- 15 Si, en la operación 1314, el microcontrolador 202 determine que el ángulo de balanceo no corresponde a las posiciones de la apnea de sueño, la rutina 1300 procede a operación 1316, donde la cuenta de banderas regresa a 0. De esta manera, si el sujeto no está en una posición que induce la apnea de sueño, el estímulo o alarma no son activados. Desde la operación 1316, la rutina 1300 procede a la operación 1324, donde el microcontrolador 202 espera hasta que el microcontrolador 202 consulta al inclinómetro de doble eje 206 para obtener lecturas nuevas para voltaje de balanceo y voltaje de inclinación.
- 20 Si, en la operación 1314, el microcontrolador 202 determina que el ángulo de balanceo correspondiente a la posición que induce la apnea de sueño, la rutina 1300 procede a la operación 1318, donde el microcontrolador 202 aumenta el recuento de banderas por uno. Desde operación 1318, la rutina 1320, donde el microcontrolador 202 determina si el recuento de banderas es igual o mayor que un valor umbral para la generación de la alarma. En algunas realizaciones el valor umbral para la generación de la alarma puede establecerse en 3. Si, en operación 1320, el microcontrolador 202 determina que el recuento de banderas no es igual o mayor que el recuento umbral de la generación de alarma, la rutina 1300 procede a la operación 1324, donde el microcontrolador 202 espera hasta que el microcontrolador 202 consulta al inclinómetro de doble eje 206 para obtener resultados nuevos de voltaje de balanceo y voltaje de inclinación. Sin embargo, en la operación 1320, el microcontrolador 202 determina que el recuento de banderas es igual o mayor que el valor umbral para la generación de alarmas, la rutina 1300 procede a la operación 1322, donde el microcontrolador ejecuta un algoritmo de bucle para alarmas al respeto de la figura 14.
- 25 La figura 14 ilustra un diagrama de ejemplo de flujo lógico para generar un estímulo cuando el sujeto está en una posición que induce la apnea de sueño según algunas reivindicaciones de la presente invención. Una rutina 1400 inicia una operación 1402, donde el microcontrolador establece el recuento de alarmas a 0. Desde la operación 1402, la rutina 1400 procede a la operación 1404, donde el microcontrolador 202 establece un carácter de estímulo o parámetro correspondiente al recuento de alarmas a 0. Desde la operación 1404, la rutina 1400 procede a la operación 1406, donde el microcontrolador 202 genera un estímulo. Como se ha descrito anteriormente, el estímulo puede ser un sonido, un comando por voz, una vibración, un estímulo háptico, o cualquier otra notificación que un sujeto es capaz de detectar. Debe apreciarse que las características de un estímulo generado por el transductor 216 puede incluir, pero no limitarse a frecuencia, amplitud, y duración.
- 30 Desde la operación 1406, la rutina 1400 procede a la operación 1408, donde el microcontrolador 202 amplía el contador por uno. Desde la operación 1408, la rutina procede a la operación 1410, donde el microcontrolador 202 determina si los ángulos de balanceo y ángulos de inclinación son los correspondientes a las posiciones que inducen la apnea de sueño. Si, en la operación 1410, el microcontrolador 202 determina que los ángulos de balanceo y los ángulos de inclinación no corresponden a las posiciones que inducen la apnea de sueño, la rutina 1400 procede a la operación 1412, donde el microcontrolador ejecuta el algoritmo de búsqueda para la apnea de sueño, que está descrita aquí con respecto a la figura 13. Como se describe anteriormente, el microcontrolador 202 puede determinar que los ángulos de balanceo y ángulos de inclinación no corresponden a las posiciones que inducen la apnea de sueño si el ángulo de inclinación no está entre aproximadamente 20° y 160° relativo al eje-z 310 o si el ángulo de balanceo no está entre aproximadamente 25° a 155° relativo al eje-y 308.
- 35 Si, en la operación 1410, el microcontrolador indica que el ángulo de inclinación y el ángulo de balanceo correspondiente a las posiciones que inducen la apnea de sueño, la rutina 1400 procede a la operación 1414, donde el microcontrolador 202 determina si el recuento de las alarmas es igual a 1. Si, en la operación 1414, el microcontrolador 202 determina que el recuento de alarmas es igual a 1, la rutina 1400 procede a la operación 1404, donde el microcontrolador 202 establece parámetros de alarmas correspondientes al recuento de alarmas será 1. En las realizaciones varias, los parámetros de alarmas, correspondientes al recuento de alarmas es igual a 1 y se puede establecer para generar una señal audible y suave, así como una señal con una frecuencia de aproximadamente 30 Hz.
- 40 Desde la operación 1414, el microcontrolador 202 determina que el recuento de alarmas no es igual a 1, la rutina 1400 procede a la operación 1416, donde el microcontrolador 202 determina si el recuento de alarmas es igual a 2. Si, en la operación 1416, el microcontrolador 202 determina que el recuento de banderas es igual a 2, la rutina 1400 procede a la operación 1404, donde el microcontrolador 202 establece parámetros de alarmas correspondientes al recuento de alarmas es igual a 2. En realizaciones varias, los parámetros de alarmas correspondientes al recuento de alarmas

5 es igual a 2, puede establecer que se genere una señal de audio más desagradable, así como una señal teniendo una frecuencia aproximadamente 100 Hz con una duración de 0.5 segundos.

Si, en la operación 1416, el microcontrolador 202 determina que el recuento de alarmas no es igual a 2, la rutina 1400
 10 procede a la operación 1418, donde el microcontrolador 202 determina si el recuento de alarmas es igual o mayor que 3. Si, en la operación 1416, el microcontrolador 202 determina que el recuento de banderas es igual o mayor que 2, la rutina 1400 procede a la operación 1404, donde el microcontrolador 202 establece parámetros de alarmas correspondientes al recuento de alarmas igual o mayor que 3. En realizaciones varias, los parámetros de alarmas correspondientes al recuento de alarmas igual a 3 puede ser generado una señal de audio más desagradable, como una señal con una frecuencia de aproximadamente 300 Hz con la duración de 0.5 segundos. Cuando el recuento de
 15 alarmas se amplía más allá de 3, los parámetros de alarmas pueden establecer que se genere un estímulo igual a un reloj de alarmas. En una realización, el estímulo puede tener una frecuencia de aproximadamente 300 Hz y suena indefinidamente con una duración de un segundo y lagunas de 0.25 segundos. Debe apreciarse que los parámetros de alarmas asociados con contadores mayores de alarma pueden generar señales audibles u otros estímulos progresivamente más molestos que los parámetros de alarmas asociadas con recuentos inferiores. Por ejemplo, los
 20 parámetros de alarmas asociados con un recuento de alarmas de 3 puede ser más fuerte, más largo, y tiene contiendo armónico diferente a los parámetros asociados con el recuento de 2 alarmas o con el recuento de 1 alarma. Debe apreciarse que la rutina 1400 puede terminar tan pronto como el paciente se coloque en una posición que induce la apnea de sueño. En realizaciones varias, el microcontrolador se puede programar para generar señales que corresponden a ruido con características particulares o archivos de audio con formatos, incluyendo, pero no limitando a .mp3, .wav, o .wma. El transductor 212 puede implementarse con una generador de estímulos táctiles-por-háptico, como un mecanismo vibrante que, cuando está activado, crea vibraciones detectables, los parámetros pueden ser manipulados si el dispositivo está activado consecutivamente para crear estímulos aumentados hasta una reacción del sujeto.

30 En referencia ahora a la figura 15, un diagrama 1500 de lecturas varias correspondiente al ángulo de inclinación, el ángulo de balanceo, y una señal de salida generada por el microcontrolador 202 cuando el sujeto asume las seis posiciones supinas generadas que maximizan los efectos de la apnea están mostrados. Las seis posiciones supinas que maximizan los efectos de apnea incluyen: (1) acostarse horizontal sobre la espalda sin elevación de la cabeza y boca arriba, (2) permanecer plano con no elevación de la cabeza y la cabeza girada tanto como sea posible a la
 35 izquierda, (3) permanecer plano con elevación de la cabeza y la cabeza girada tanto como sea posible a la derecha, (4) permanecer plano con la cabeza elevada hacia arriba, (5) permanecer plano con la cabeza elevada y la cabeza girada tanto como sea posible a la izquierda, (6) permanecer plano con la cabeza elevada y la cabeza girada tanto como sea posible a la derecha. En realizaciones varias, el ángulo de inclinación formado por la cabeza elevada es 115°. Particularmente, el diagrama 1500 muestra una señal de inclinación 1502 que corresponde al ángulo de inclinación de la cabeza del sujeto relativo al eje horizontal 308, una señal de balanceo 1504 que corresponde al ángulo de balanceo de la cabeza del sujeto relativo al eje-y 308, y una señal 1506 que corresponde a la generación de estímulo cuando la cabeza del sujeto está en una posición que induce la apnea de sueño. Como queda demostrado en el diagrama 1500, la señal 1506 indica que un estímulo generado en cada una de las posiciones supinas que maximiza los efectos de apnea.

45 En referencia a la figura 16, un diagrama 1600 de indicaciones varias correspondiente al ángulo de inclinación, al ángulo de balanceo, y una señal de salida generada por el microcontrolador 202 cuando el sujeto asume una de las seis posiciones non-supina que minimizan los efectos de la apnea mostrado. Las seis posiciones incluyen (1) descansando sobre su estómago con no elevación de la cabeza boca abajo, (2) descanso sobre su estómago con no elevación de la cabeza boca abajo y la cabeza girada hasta la izquierda cuanto sea posible, (3) descansando sobre su estómago con no elevación de la cabeza boca abajo y la cabeza girada hasta la derecha cuanto posible, (4) descansando sobre su estómago con elevación de la cabeza boca abajo, (5) descansando sobre su estómago con elevación de la cabeza boca abajo y la cabeza girada hasta la izquierda cuanto posible, (6) descansando sobre su estómago con elevación de la cabeza boca abajo y la cabeza girada hasta la derecha cuanto posible. En realizaciones
 50 varias, el ángulo de inclinación formada por la cabeza elevada es 115°. En particular, el diagrama 1600 muestra una señal de inclinación 1602 que corresponde al ángulo de la cabeza del sujeto relativo al eje-z 310, y una señal de inclinación 1604 que corresponde al ángulo de inclinación de la cabeza del sujeto relativo al eje-y 308, una señal salida que corresponde a la generación de un estímulo cuando la cabeza del sujeto está en una posición que induce la apnea de sueño. Como queda demostrado en un diagrama 1600, la señal de salida 1606 indica que no se genera estímulo en cualquier de las seis posiciones non-supinas que minimizan los efectos de la apnea.

Aunque la invención presente provee métodos para detectar la apnea de sueño, el sistema divulgado y la técnica no deben ser limitados a las implementaciones específicas descritas aquí. En lugar, la invención presente puede relacionar la detección de otras condiciones, como sonambulismo, la muerte súbita de lactante, también la
 65 somnolencia de operadores de vehículos. Implementando el uso del aparato de la detección de la apnea de sueño en cualquier de estas condiciones, es necesario que se programe el microcontrolador para determinar cuando los ángulos de inclinación y los ángulos de balanceo asociados con la cabeza del sujeto corresponden a los parámetros específicos asociados con sonámbulos, SIDS, o la somnolencia durante la operación del vehículo. También destaca que el tiempo para ejecutar el algoritmo puede ser optimizado para cada aplicación.

5

En adición, el sistema divulgado y técnica no puede ser restringido a cualesquiera implementaciones específicas aquí descritas, para que otras ejecuciones beneficiosas o ejecuciones alternativas puedan ser sustituidas para satisfacer los requisitos de organización, requisitos funcionales, requisitos tecnológicos impuestos en este sistema divulgado por cualquier ejecutor. Será evidente a los expertos en el tema que las modificaciones a las realizaciones específicas descritas aquí pueden ser hechas mientras todavía están en el alcance a las enseñanzas descritas aquí.

10

15

20

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (100) para detectar trastornos de sueño que comprende:
 - una carcasa (110) insertable en un canal auditivo de un sujeto;
 - un sensor (206) dispuesto en la carcasa (110) y configurado para medir un ángulo de inclinación y un ángulo de balanceo de la cabeza del sujeto respecto a un eje de gravedad;
 - un controlador (202) dispuesto en la carcasa (110) y que responde a unas señales generadas por el sensor (206) y configurado para determinar si el sujeto está en una posición que induce la apnea del sueño basándose en la medida del ángulo de inclinación y el ángulo de balanceo de la cabeza del sujeto;
 - un transductor (232) responsable del sensor (206) y configurado para generar al menos un estímulo háptico y un estímulo audible detectable por el sujeto si el controlador determina que la cabeza del sujeto está en una posición que induce la apnea del sueño.

2. El dispositivo (100) de la reivindicación 1 donde el sensor (206) comprende un sensor de inclinación.

3. El dispositivo de la reivindicación 1 combinado con un procesador (222) situado en la carcasa (110), estando el procesador (222) asociado a un transmisor y un transductor (232).

4. El dispositivo de la reivindicación 1 en el que el controlador (202) está configurado para determinar si el sujeto está en una posición que induce la apnea del sueño, si el ángulo de balanceo medido por el sensor (206) está en el rango de los ángulos de balanceo comprendidos aproximadamente entre 25° y 155° respecto a un eje horizontal ortogonal al eje de gravedad, y si el ángulo de inclinación medido por el sensor (206) está en un rango de ángulos de inclinación comprendido aproximadamente entre 20° y 160° respecto al eje de gravedad.

5. Un método para detectar desórdenes del sueño que comprende:
 - A) Un sistema que comprende:
 - i) una carcasa (119) insertable en un canal auditivo de un sujeto;
 - ii) un sensor (206) dispuesto en la carcasa y capaz de medir un ángulo de inclinación y un ángulo de balanceo de la cabeza del sujeto respecto a un eje de gravedad;
 - iii) un controlador (202) dispuesto en la carcasa (110) que responde a señales del sensor (206) y configurado para determinar si el sujeto está en una posición que induce la apnea del sueño basándose en la medida del ángulo de inclinación y el ángulo de balanceo obtenidas, y
 - iv) un transductor (232) responsable del sensor (206) que genera al menos un estímulo háptico o un estímulo audible detectable por el sujeto si el controlador determina que la cabeza del sujeto está en una posición que induce la apnea del sueño.
 - B) Recepción de señales desde el sensor (206) que corresponden a la posición de la cabeza del sujeto respecto al eje de gravedad;
 - C) Determinación del ángulo de inclinación y del ángulo de balanceo de la cabeza respecto al eje de gravedad;
 - D) Comparación del ángulo de inclinación y del ángulo de balanceo con un rango predeterminado de ángulos de inclinación y de balanceo;
 - E) Modificación de una cuenta de una bandera si el ángulo de inclinación y el ángulo de balanceo de la cabeza del sujeto determinados están dentro de un rango de valores predefinidos del ángulo de inclinación y del ángulo de balanceo;
 - F) Determinación de si la cuenta de la bandera es al menos igual a un umbral predefinido;
 - G) Determinación de si la cuenta de la bandera es al menos igual al umbral predefinido para la cuenta de la bandera y si es así generación de estímulos por parte del transductor (232); y
 - H) Repetición de los pasos B)- G) después de un intervalo de tiempo predefinido.

6. El método de la reivindicación 5 que comprende además:
 - I) reseteo de la cuenta de la bandera si el ángulo de inclinación y el ángulo de balanceo determinados no están dentro del rango predefinido de ángulos de inclinación y ángulos de balanceo.

7. El método de la reivindicación 6 en el que el transductor (232) está localizado en la carcasa (110).

8. El método de la reivindicación 5 en el que el rango predeterminado de ángulos de balanceo comprende ángulos que se encuentran aproximadamente entre 25° y 155° respecto a un eje horizontal ortogonal al eje de gravedad.

9. El método de la reivindicación 5 donde el rango predeterminado de los ángulos de inclinación comprende ángulos que se encuentran aproximadamente entre 20° y 160° respecto al eje de gravedad.

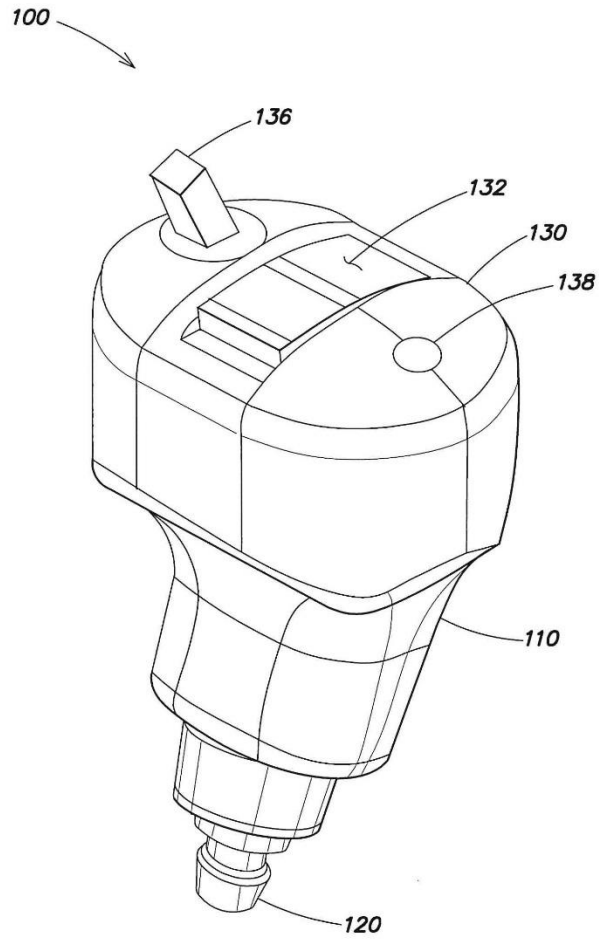


Figura 1

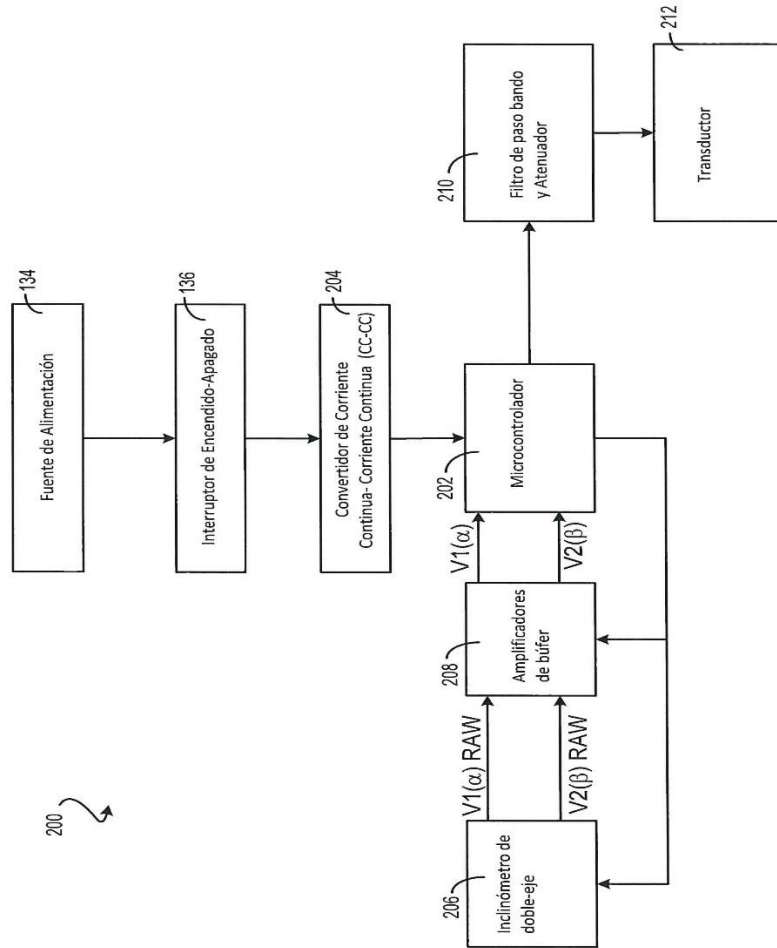


Figura 2A

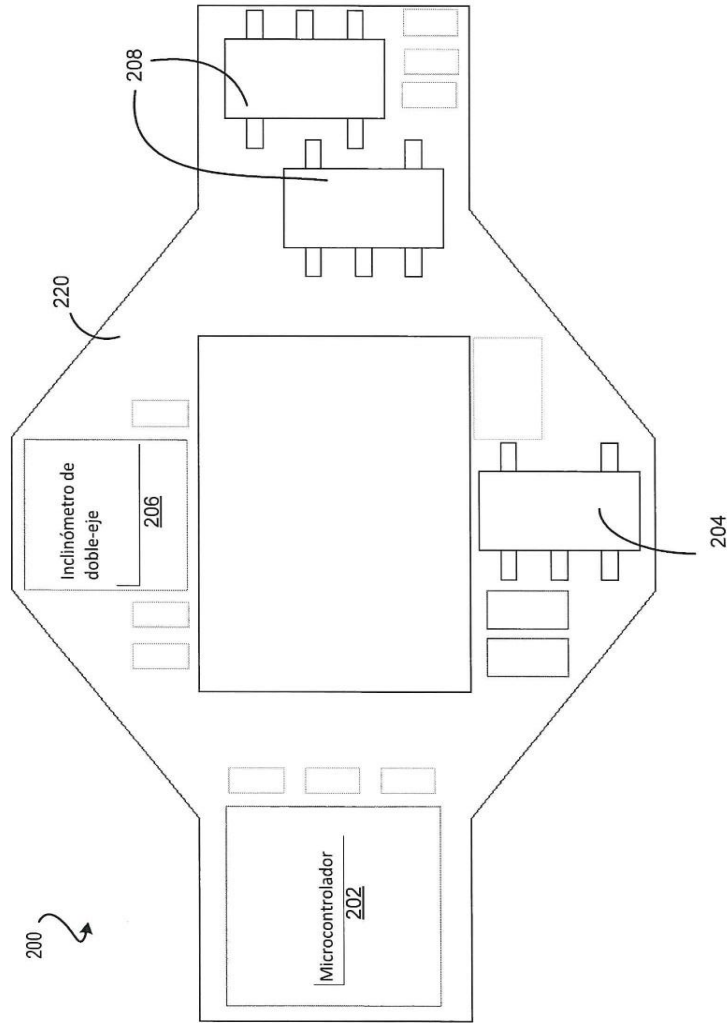


Figura 2B

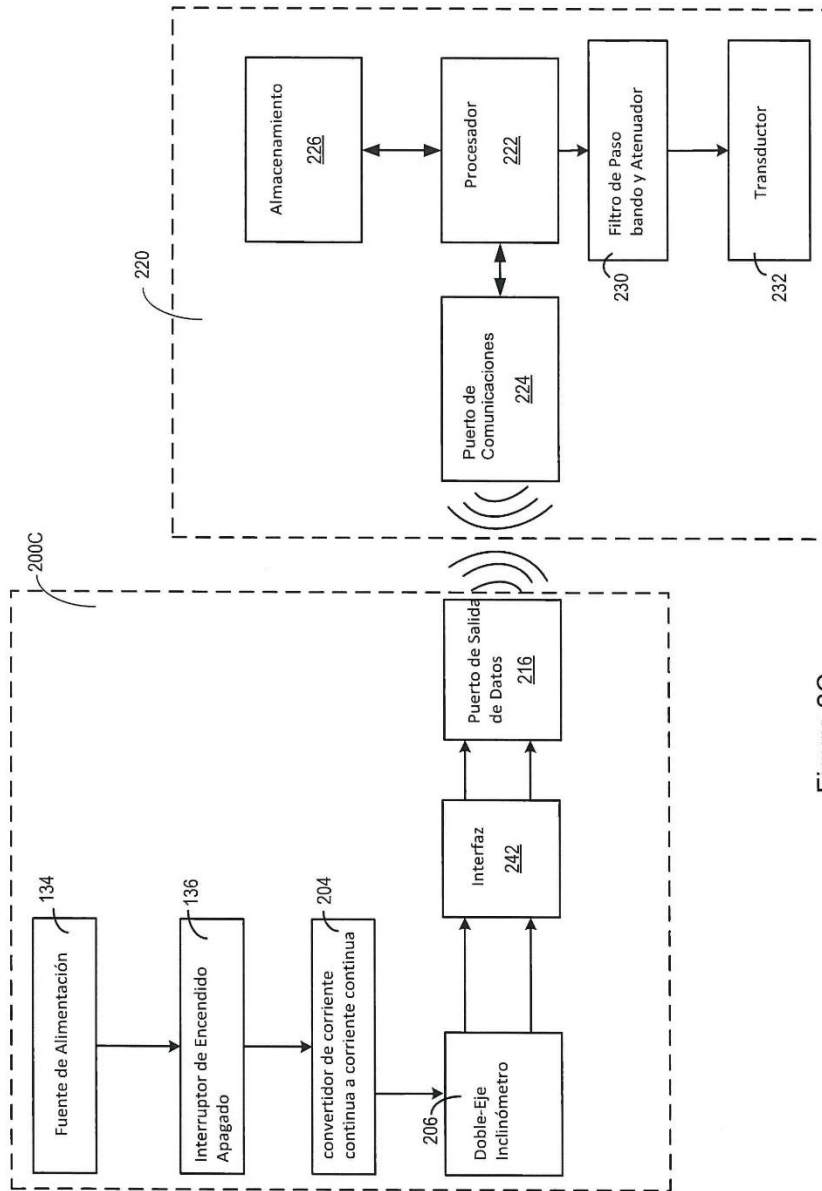


Figura 2C

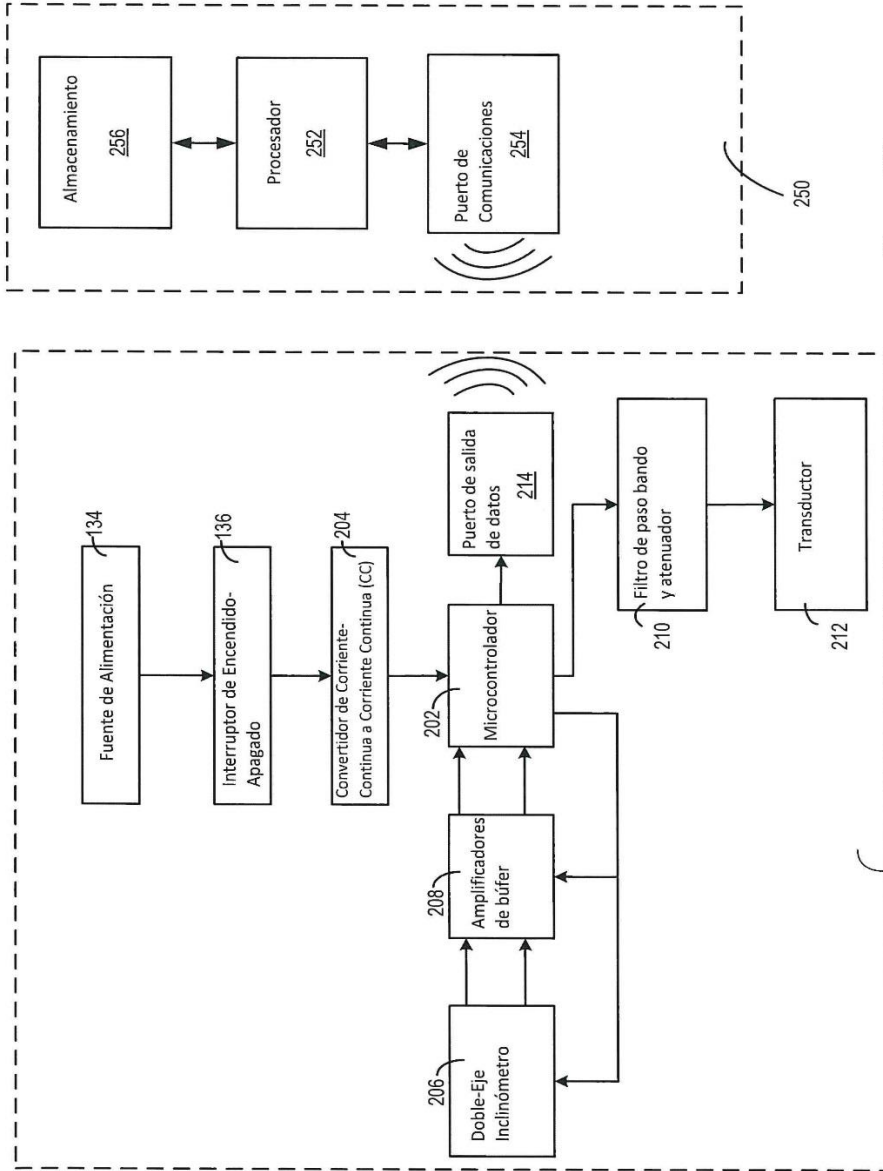


Figura 2D

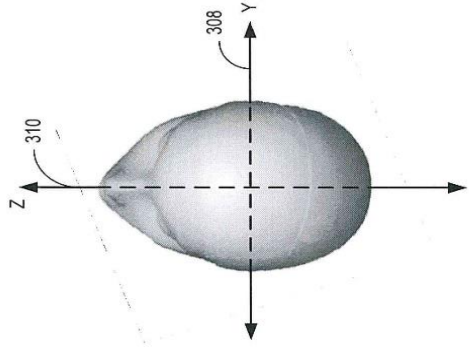


Figura 3B

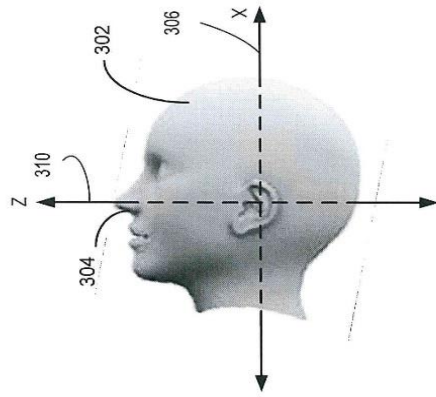


Figura 3A

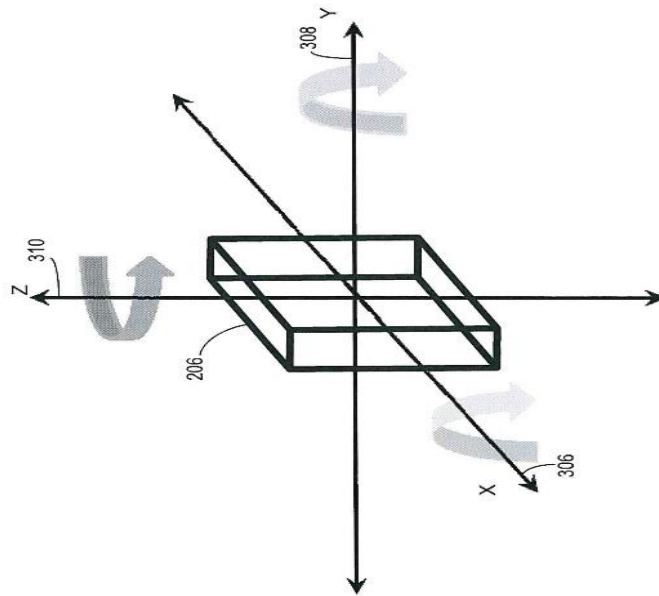


Figura 3C

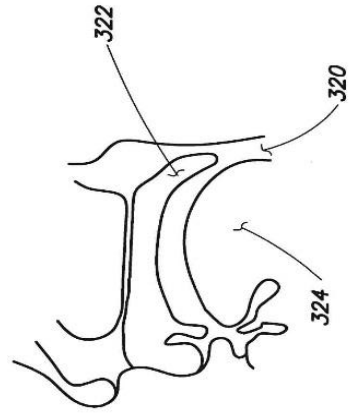


Figura 4B

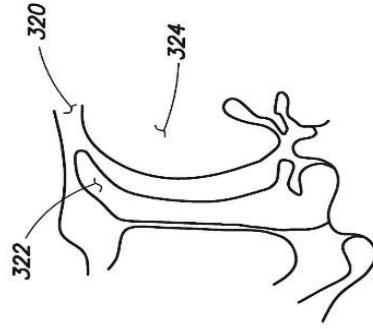


Figura 4D

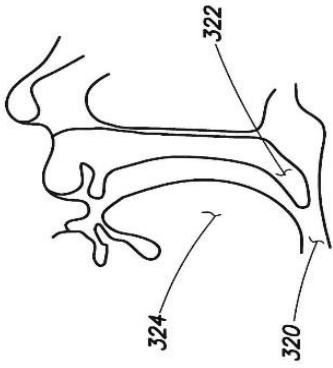


Figura 4A

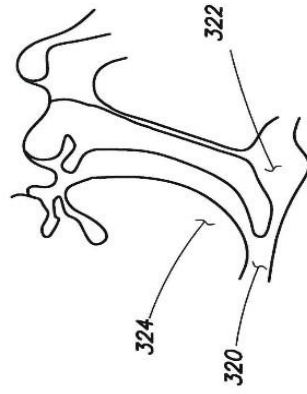


Figura 4C

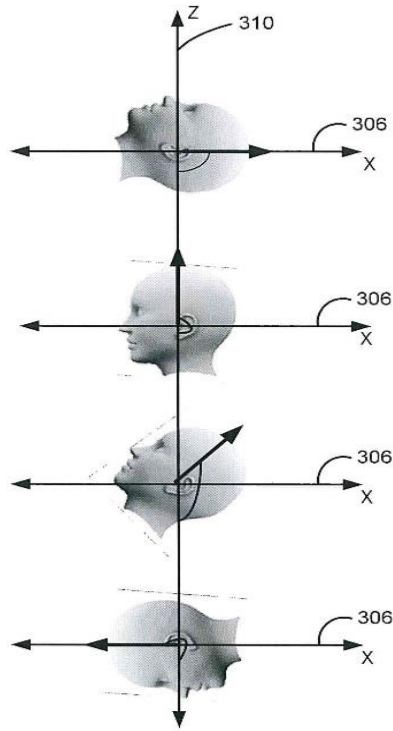


Figura 5A

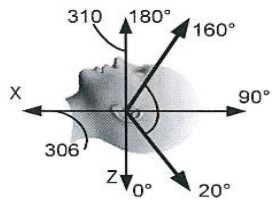


Figura 5B

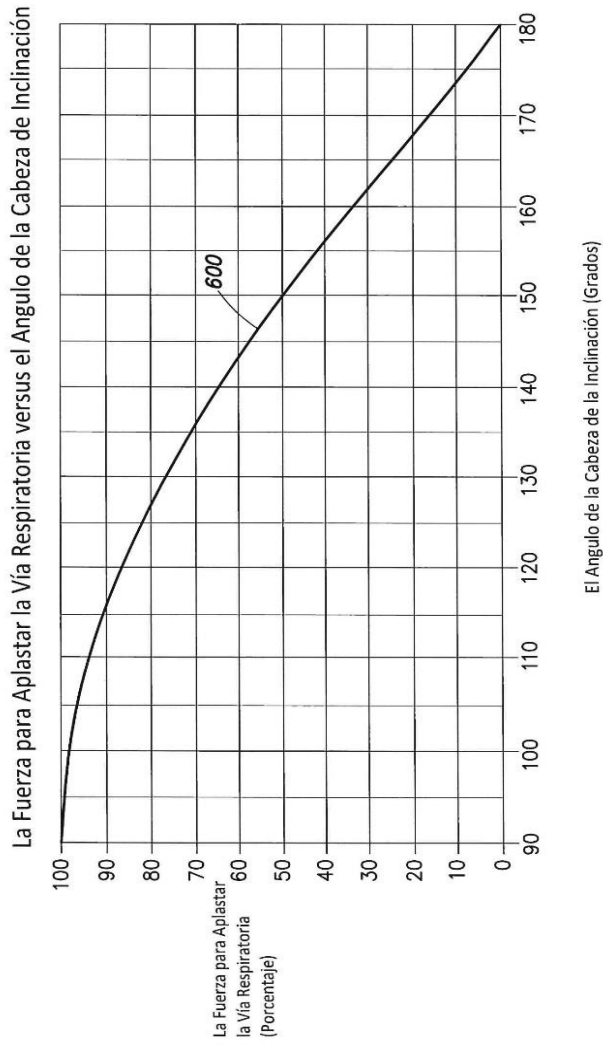


Figura 6

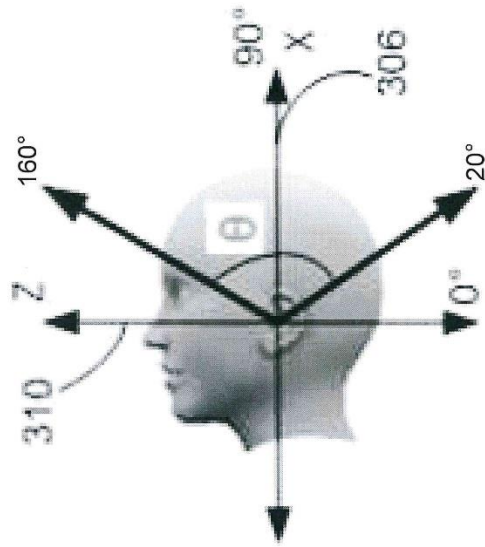


Figura 7

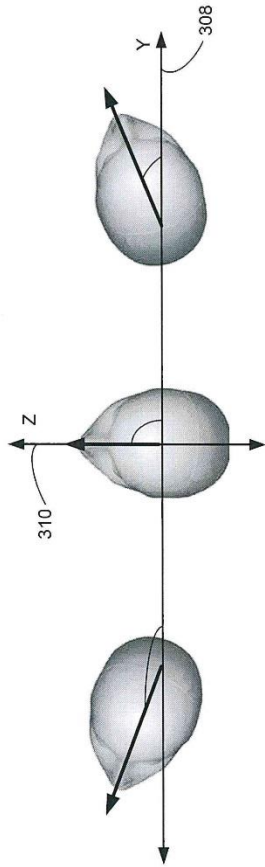


Figure 8A

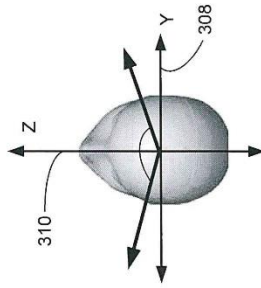


Figure 8B

La Fuerza para Aplastar la Vía Respiratoria versus el Angulo de la Cabeza de Balanceo

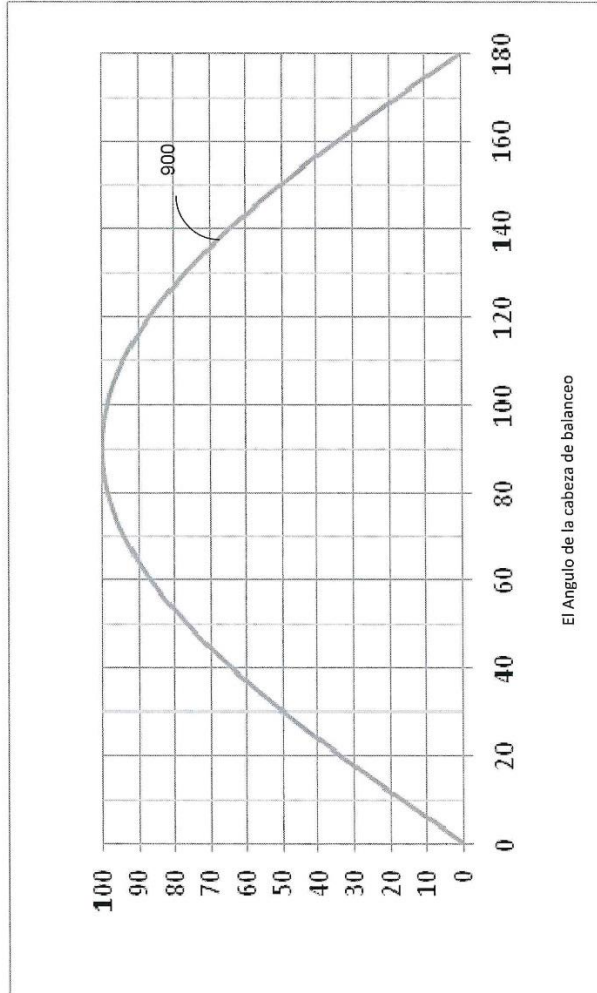


Figura 9

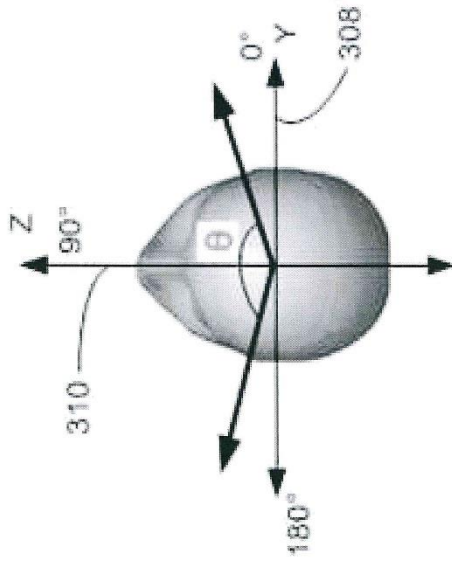


Figure 10

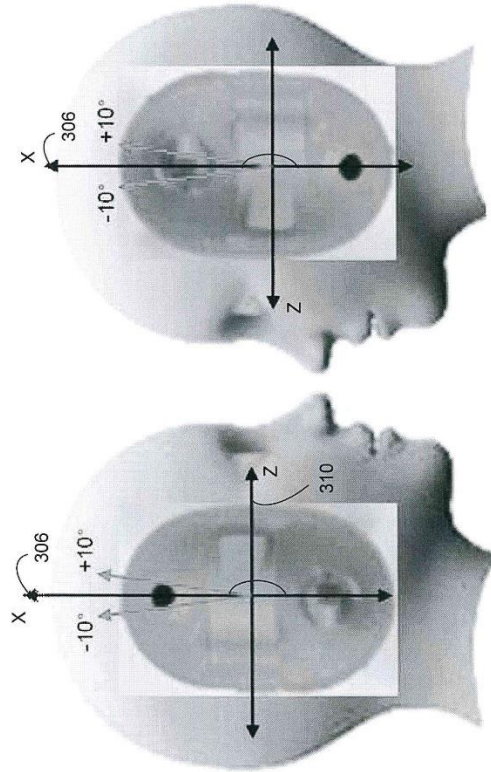


Figura 11A

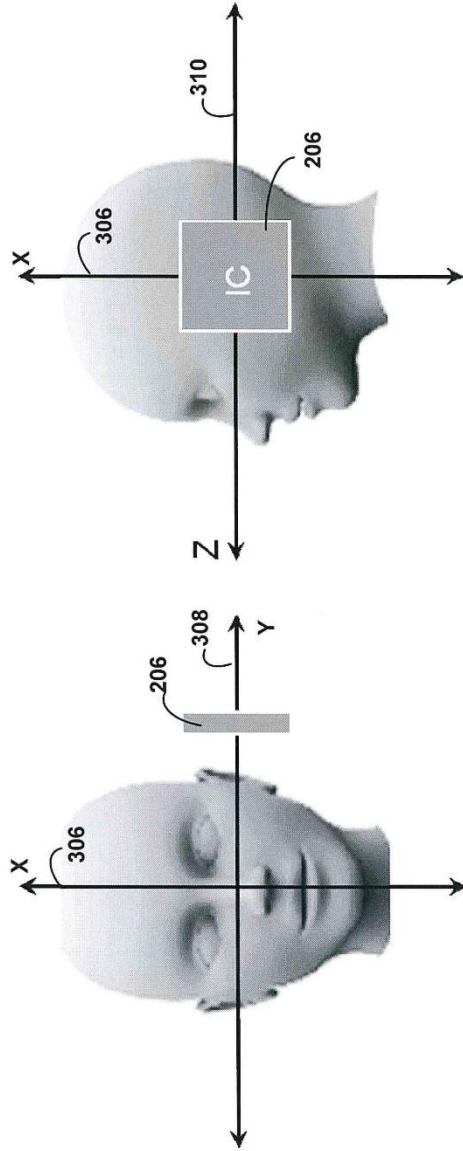


Figura 11C

Figura 11B

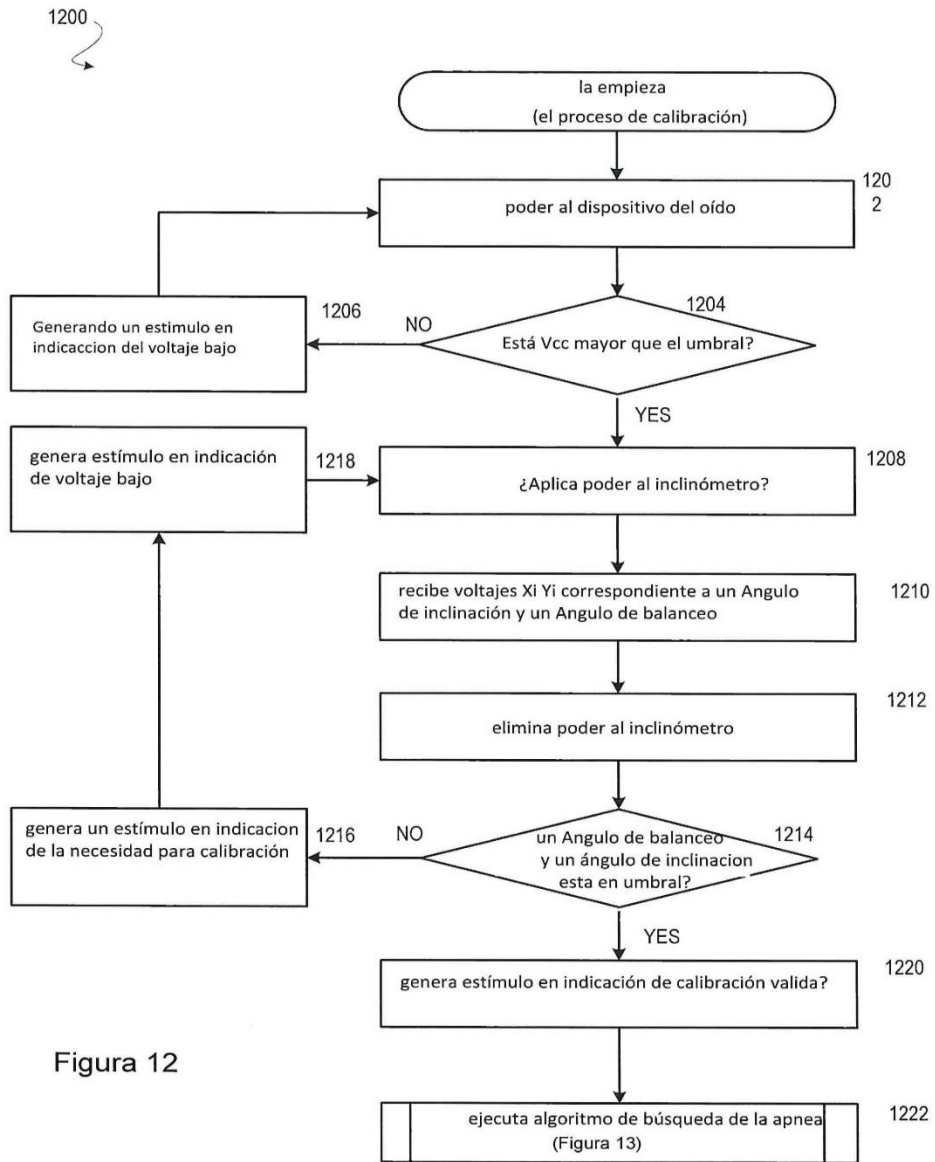


Figura 12

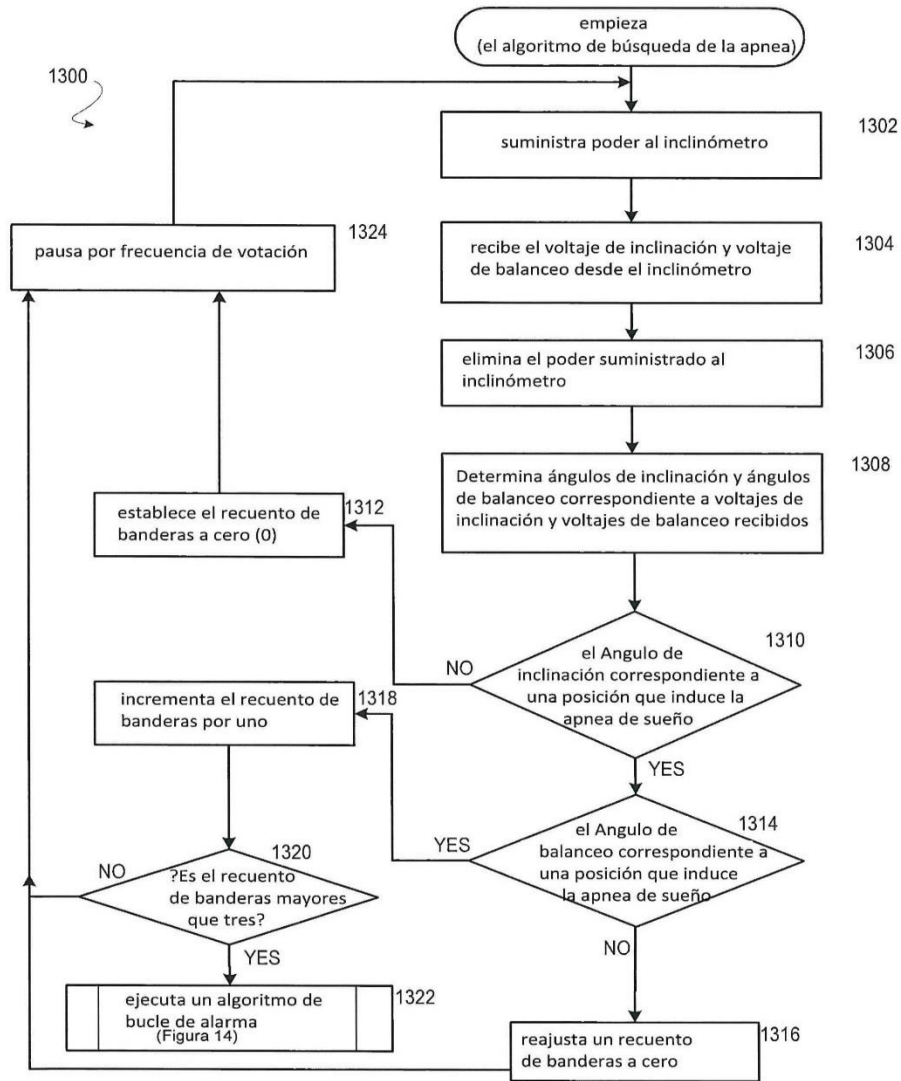


Figura 13

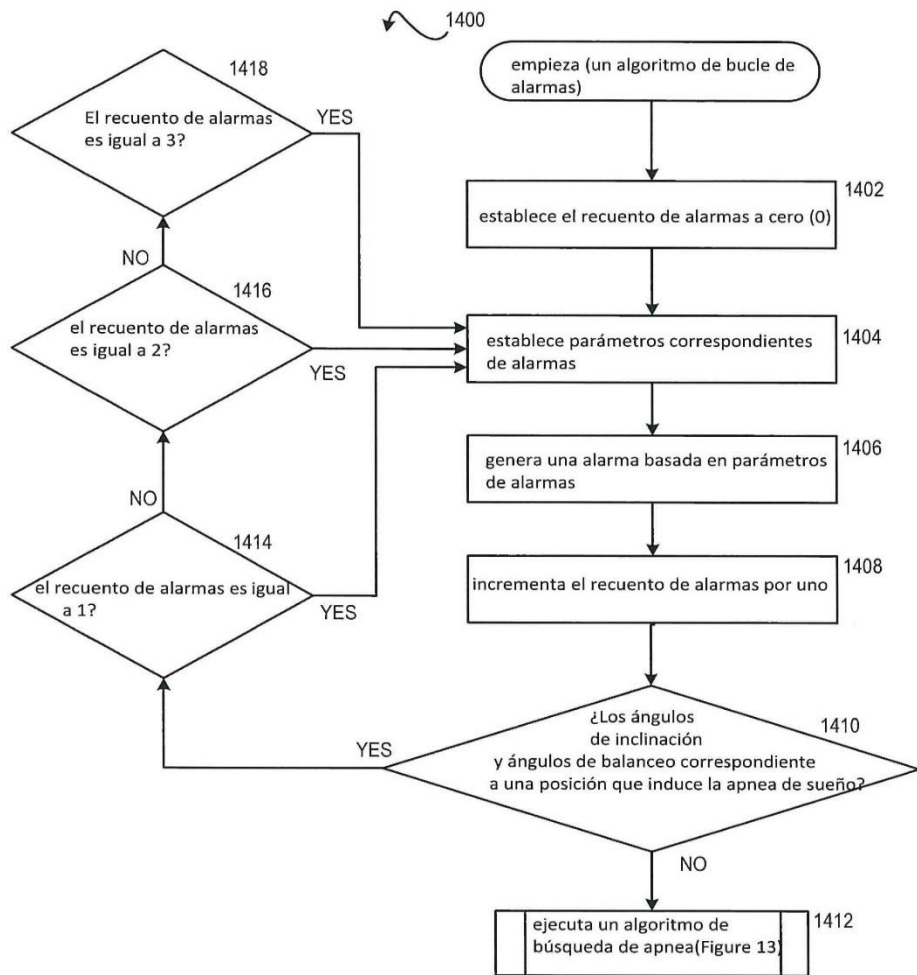


Figura 14

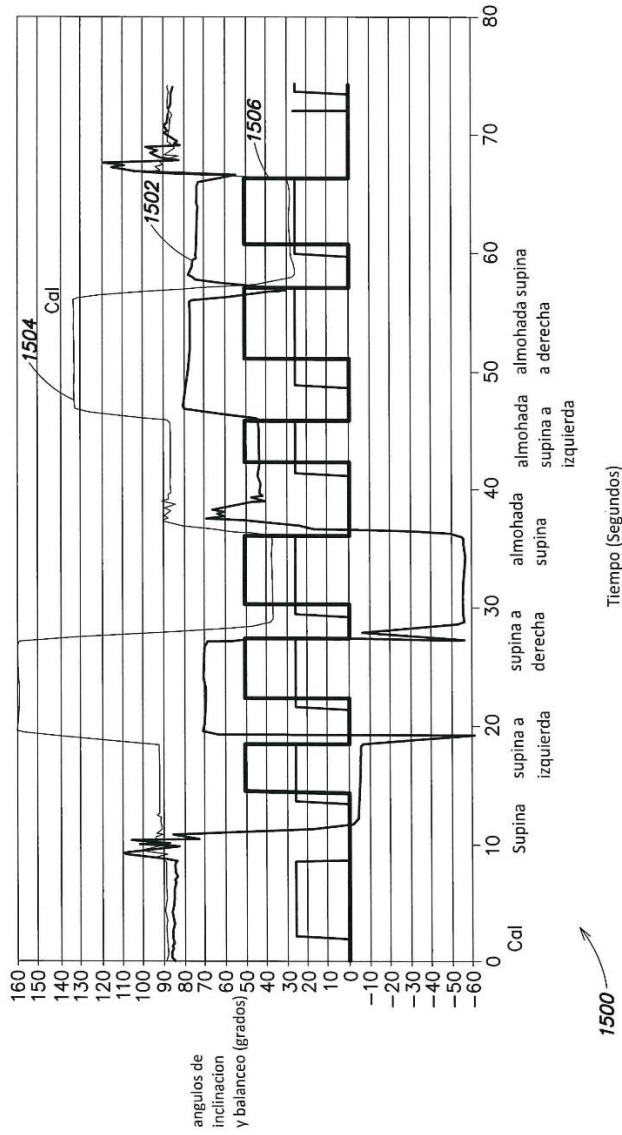


Figura 15

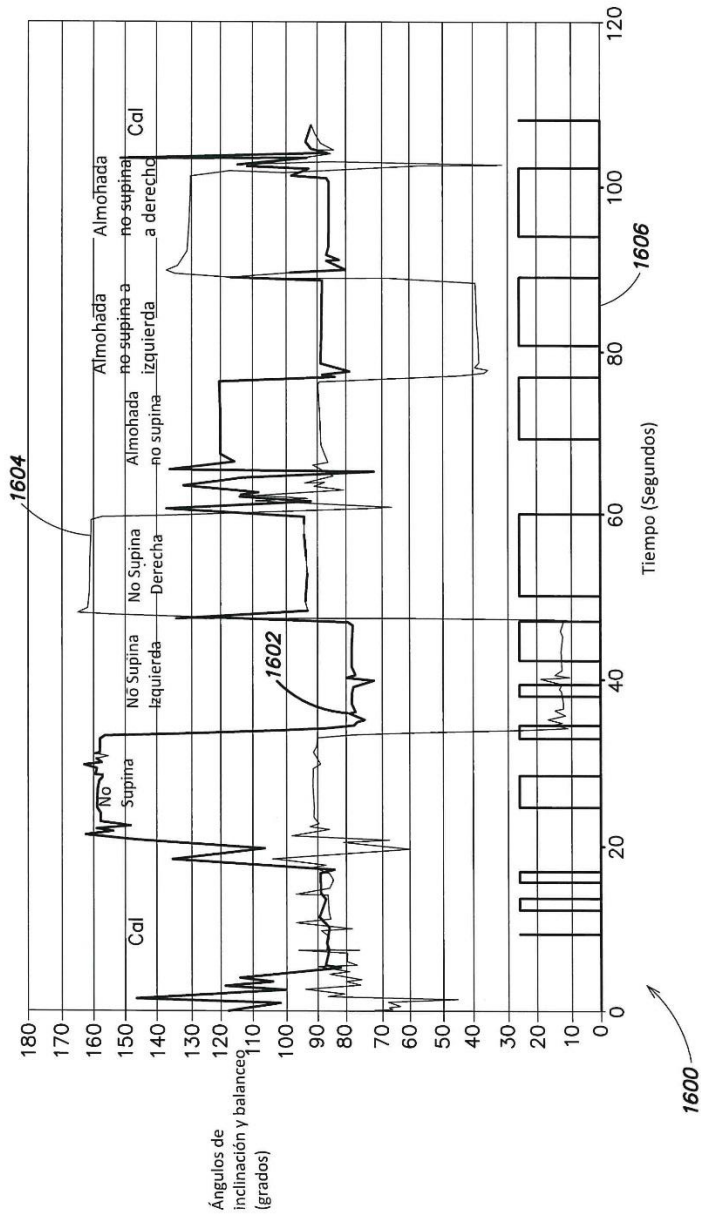


Figura 16