

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 765 417**

51 Int. Cl.:

F16M 11/20 (2006.01)

F16M 11/04 (2006.01)

F16M 13/04 (2006.01)

G03B 17/56 (2006.01)

G02B 27/64 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2017 E 17210079 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2019 EP 3364095**

54 Título: **Aparato y procedimientos de soporte de carga útil estabilizada activamente**

30 Prioridad:

21.02.2017 US 201715438290

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

09.06.2020

73 Titular/es:

**WAGNER, STEVEN D. (33.3%)
1511 Winding Way
Belmont, California 94002, US;
BROWN, GARRETT W. (33.3%) y
HOLWAY, JERRY (33.3%)**

72 Inventor/es:

**WAGNER, STEVEN D.;
BROWN, GARRETT W. y
HOLWAY, JERRY**

74 Agente/Representante:

MILTENYI , Peter

ES 2 765 417 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

Aparato y procedimientos de soporte de carga útil estabilizada activamente

5 REFERENCIA CRUZADA A APLICACIONES RELACIONADAS

Esta aplicación es una continuación en parte de la solicitud de patente americana nº 15/160.675, presentada el 20 de Mayo de 2016, que es una continuación en parte de la solicitud de patente americana nº 14/267.500, presentada el 1 de Mayo de 2014, que es una continuación en parte de la solicitud de patente internacional nº PCT/US2012/063298, presentada el 2 de noviembre de 2012, que reivindica prioridad de la solicitud de patente provisional americana nº 61/587.439, presentada el 17 de Enero de 2012 y de la solicitud de patente provisional americana nº 61/554.676, presentada el 2 de Noviembre de 2011. Esta aplicación también reivindica prioridad directamente de la solicitud de patente provisional americana nº 62/165.461, presentada el 22 de Mayo de 2015 y la solicitud de patente provisional americana nº 62/175.666, presentada el 15 de Junio de 2015. WO2016/191280 A1 describe un aparato similar para estabilizar una carga útil.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Esta invención se refiere, en general, a dispositivos y a procedimientos estabilizadores de inercia, y es aplicable a cargas útiles tales como, por ejemplo, dispositivos de captura de imágenes incluyendo cámaras portátiles de vídeo y de cine.

Las cámaras móviles de vídeo o de cine, en general, requieren estabilidad angular y espacial para obtener resultados uniformes y de calidad. Un tipo de estabilizador es un estabilizador de cámara inercial pasivo. Los estabilizadores de cámara inercial pasivos reducen o evitan el movimiento angular y espacial no deseado, a la vez que se benefician del control directo del operador. Los estabilizadores inerciales pasivos se utilizan para soportar una variedad de cámaras, incluyendo, por ejemplo, cámaras portátiles ligeras y cámaras grandes. La mayoría de los estabilizadores pasivos requieren mucho tiempo de entrenamiento y esfuerzo para ser técnicamente competentes en su uso. Los sistemas de estabilización pasiva para cámaras ligeras con momentos de inercia reducidos pueden requerir mayor habilidad y técnica para un uso efectivo.

Aunque existe una variedad de sistemas de estabilización de cámaras disponibles, quedan todavía desafíos para proporcionar un control de estabilización consistente en un equipo de carga útil. En particular, existe la necesidad de un sistema estabilizador activo para utilizarse con cámaras miniaturizadas/ligeras.

SUMARIO DE LA INVENCION

Se describen realizaciones de un aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente. El aparato de soporte de carga útil tiene un cardán con un primer eje de cardán, por ejemplo, un eje de balanceo, y un segundo eje de cardán, tal como un eje de inclinación, en el que los ejes de cardán son perpendiculares al segundo eje de cardán. El cardán tiene un sistema generador de par que incluye generadores de par para uno o más de los ejes del cardán. En una realización de ejemplo, un dispositivo de medición de rotación mide un ángulo de rotación θ de un eje de desplazamiento o movimiento de encuadre, que representa un tercer eje de cardán. Unos dispositivos de procesamiento están configurados para recibir el ángulo θ y uno o más dispositivos de almacenamiento no transitorios en los cuales se almacena un código ejecutable por ordenador están conectados operativamente al uno o más dispositivos de procesamiento. Cuando se ejecuta el código, unos algoritmos obtienen un primer par del eje del cardán y un segundo par del eje del cardán. Los generadores de par generan después el primer y el segundo par del eje de cardán.

Se describen, además, aparatos de soporte de carga útil que pueden utilizarse con procedimientos que se describen aquí. Un aparato ilustrativo del aparato de soporte y estabilización tiene una combinación de engranajes dispuestos en el cardán o cerca del mismo para implementar las correcciones de par. Los engranajes pueden ser una combinación de engranajes sectoriales y engranajes de accionamiento, configuraciones de accionamiento directo u otros componentes adecuados para implementar el par. En una realización a modo de ejemplo, unos motores de desplazamiento e inclinación están conectados mediante un acoplador generador de par concéntrico y están contenidos en una empuñadura del aparato.

DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

La descripción detallada se refiere a dibujos que se describen brevemente aquí. Las flechas que muestran la rotación en los dibujos son simplemente para indicar la rotación y no para limitar la rotación en cuanto al sentido. Los componentes en algunas figuras se eliminan para exponer otras partes de interés. Todas las figuras son realizaciones ilustrativas de un soporte de carga útil estabilizada activamente, componentes del mismo o accesorios al mismo.

- La figura 1 representa un estabilizador de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
 La figura 2 es un diagrama de bloques de un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención y representa la correspondencia con una estructura física ilustrativa.
- 5 La figura 3 es un diagrama de bloques de procesamiento de señales de un algoritmo aplicable para estabilizar el eje de inclinación de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
 La figura 4 es un diagrama de bloques de procesamiento de señales de un algoritmo aplicable para estabilizar el eje de desplazamiento de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
- 10 La figura 5 es un diagrama de bloques de procesamiento de señal de un algoritmo aplicable para estabilizar el eje de balanceo de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
 La figura 6 y la figura 7 son vistas en despiece de un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
 La figura 8 es un diagrama de flujo que representa el cálculo de pares reales que generan los motores de balanceo e inclinación.
- 15 Las figuras 9A-H muestran factores de combinación para balanceo e inclinación con ángulos de eje de balanceo de 0,45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° y 315° de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
 La figura 10 representa un aparato para estabilizar una carga útil de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
 La figura 11 es una vista en transparencia de un aparato para estabilizar una carga útil de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
- 20 La figura 12 es un primer plano de partes de los mecanismos de desplazamiento, inclinación y balanceo del aparato estabilizador de la figura 11, de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
 La figura 13 representa componentes de un mecanismo de inclinación del aparato para estabilizar activamente una carga útil de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
 La figura 14 representa un mecanismo de limitación de movimiento de balanceo de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
- 25 La figura 15 muestra componentes de un mecanismo basculante de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
 La figura 16 representa otra configuración de un aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente que tiene un mango ranurado, de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
- 30 La figura 17 representa una parte de un aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente con el mango mostrado de manera transparente, de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
 La figura 18 es una sección transversal de un aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
 La figura 19 representa un aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente con un mango que tiene un borde inferior ondulado, de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
- 35 La figura 20 representa una junta universal dentro de un mango de un aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente, de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
 La figura 21 muestra el mango ondulado de un aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente, de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
- 40 La figura 22 representa un aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente en el que la estructura de balanceo está soportada por el mango, de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
 La figura 23 representa una sección transversal de un aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente en el que la estructura de balanceo va soportada por el mango, de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
- 45 La figura 24 representa una segunda vista en sección transversal del aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente de la figura 23, de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
 La figura 25 representa un soporte de carga útil estabilizado activamente de acuerdo con otro aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención en el que la estructura de balanceo está soportada por el mango.
 La figura 26 es una sección transversal de un soporte de carga útil estabilizado activamente de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención de la figura 25.
- 50 La figura 27 representa un casquillo de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
 La figura 28 representa una parte de un aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente con el mango presentado de manera transparente para mostrar un mecanismo de piñón y engranaje de sector, de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
- 55 La figura 29 representa una parte de un mecanismo de piñón y engranaje de sector, de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
 La figura 30 representa una vista frontal en perspectiva de un soporte de carga útil activamente estabilizado, de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
 La figura 31 representa una vista lateral del soporte de carga útil estabilizado activamente de la figura 30, de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.
- 60 La figura 32 representa el soporte de carga útil estabilizado activamente de la figura 30 en una posición plegada, de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.

La figura 33 ilustra cómo se desacopla un engranaje de sector de inclinación de un piñón de inclinación cuando se dobla un soporte de carga útil estabilizado activamente, según esté configurado, de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.

La figura 34 representa una parte de un soporte de carga útil estabilizado activamente que muestra un soporte de un dispositivo de imagen, de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.

La figura 35 es una vista en perspectiva de un aparato de soporte de carga útil activamente estabilizado que orientado hacia abajo hacia un cuerpo de plataforma de acuerdo con otro aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.

La figura 36 es una vista lateral de la realización ilustrativa mostrada en la figura 35.

La figura 37 es una vista posterior del aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente mostrado en la figura 35.

La figura 38 es una vista en sección transversal según la línea A-A de la figura 37.

La figura 39 es una vista en perspectiva en primer plano de una parte del mecanismo mostrado en la figura 35.

La figura 40 es una vista en sección transversal en primer plano de una parte de la figura 38.

La figura 41 es una vista en despiece de un aparato de soporte de carga útil activamente estabilizado de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.

La figura 42 es una ampliación de una parte de la figura 41.

La figura 43 es una ampliación de otra parte de la figura 41.

La figura 44 es una vista posterior de un aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención.

La figura 45 es una vista en sección transversal según la línea A-A de la figura 44.

La figura 46 es una vista en perspectiva en primer plano de una parte de engranajes de sector de la realización de la figura 45.

La figura 47 representa una realización ilustrativa de un soporte de carga útil estabilizado activamente que tiene unos motores de accionamiento directo.

La figura 48 representa otro un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención de un soporte de carga útil estabilizado activamente que tiene una pluralidad de engranajes para generar movimiento de rotación.

La figura 49 representa una vista desde arriba de un aparato estabilizador de acuerdo con una realización ilustrativa.

La figura 50 representa una vista isométrica de un aparato estabilizador de acuerdo con una realización ilustrativa.

La figura 51 representa otra vista isométrica de un aparato estabilizador de acuerdo con una realización ilustrativa.

La figura 52 representa una parte de un aparato estabilizador de acuerdo con una realización ilustrativa.

La figura 53 representa un aparato estabilizador en una posición de inclinación radical de acuerdo con una realización ilustrativa.

La figura 54 representa un aparato estabilizador de acuerdo con una realización ilustrativa.

La figura 55 representa una unidad de control electrónico de un sistema estabilizador de carga útil de acuerdo con una realización ilustrativa.

La figura 56 representa otra vista de una unidad de control electrónico de un sistema estabilizador de carga útil de acuerdo con una realización ilustrativa.

La figura 57 representa otra vista adicional de una unidad de control electrónico de un sistema estabilizador de carga útil de acuerdo con una realización ilustrativa.

La figura 58 representa un esquema de componentes de un sistema estabilizador de carga útil de acuerdo con una realización ilustrativa.

La figura 59 representa otro esquema de componentes de un sistema estabilizador de carga útil de acuerdo con una realización ilustrativa.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

Para simplificar, se describirán unas realizaciones ilustrativas del soporte de carga útil estabilizado activamente en relación con la carga útil de una cámara.

Las realizaciones ilustrativas del soporte de carga útil estabilizado activamente incluyen una disposición de subconjuntos interdependientes acoplados en forma de bucle de retroalimentación continua interconectada. En una realización ilustrativa, cuatro posibles subconjuntos incluyen:

1: Conjunto de componentes equilibrados

El conjunto de componentes equilibrados incluye una estructura de "Trineo". En la patente americana nº 4.017.168, incorporada aquí por referencia, se describe una estructura de trineo ilustrativa, donde ésta se designa como "equipo para uso en fotografía portátil". La estructura de trineo se denominará aquí de manera abreviada como equipo o estabilizador. El estabilizador, junto con una carga útil, tal como una cámara y equipo relacionado, se denominará "conjunto de componentes equilibrados".

La figura 1 representa un conjunto de componentes equilibrados de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención. El estabilizador 1 comprende una plataforma 120 para soportar una carga útil de una cámara 110 u

- otra carga útil a orientar; la plataforma está acoplada a una estructura espacial rígida 130 que se extiende alejándose y por debajo de la plataforma 120. En el extremo distal de la estructura espacial acoplada 130 hay unos contrapesos que a menudo consisten en componentes útiles tales como una batería 131 y/o un monitor de vídeo o simples contrapesos 132. El conjunto de componentes equilibrados tiene un centro de gravedad (CG) desplazado fuera y por debajo del centro de gravedad natural de la carga útil donde puede colocarse un cardán omni-axial. El cardán omni-axial comprende un generador de par del eje de balanceo 410, un generador de par del eje de inclinación 420 y un generador de par de desplazamiento 430, u otro conjunto de ejes perpendiculares entre sí. El cardán omni-axial transfiere el peso de la estructura equilibrada a un soporte externo, tal como una empuñadura, que forma parte del generador de par de desplazamiento 430, a la vez que permite el giro libre del conjunto de componentes equilibrados alrededor de su CG, preferiblemente alrededor de todos y cada uno de los posibles ejes de desplazamiento respecto a la orientación del soporte externo. Acoplado cerca de su CG hay un control o "guía" 140 del operador al cual el operador puede aplicar pares de dirección al "trineo" para apuntar o de otro modo guiar la carga útil soportada, tal como para encuadrar el sujeto que será capturado por una cámara, por ejemplo.
- 15 Tal como se mostrará, se dan unas realizaciones ilustrativas del soporte de carga útil estabilizado y pueden añadir estabilidad inercial a estructuras estabilizadoras tradicionales equilibradas de tipo Steadicam® u otras, tales como el estabilizador 1, y funcionan de manera cooperativa y pueden aprovechar su inercia angular pasiva natural. Los soportes estabilizados activamente existentes intentan minimizar la inercia de la carga útil de la cámara y, por lo tanto, pueden requerir sensores de inercia más precisos y posiblemente costosos, un mayor ancho de banda y un control de retroalimentación potencialmente menos estable y unas estructuras físicas más precisas para lograr el mismo nivel de estabilidad angular. Los soportes estabilizados activamente convencionales también pueden ser más limitados en cuanto al tamaño y el peso de la cámara soportada.
- 25 Las realizaciones ilustrativas de la característica de mejora inercial son particularmente aplicables a equipos más nuevos, más pequeños, más ligeros y de menor inercia, tales como el Steadicam Merlin® comercializado por The Tiffen Company, LLC. Tal como se mostrará, las realizaciones ilustrativas del soporte de carga útil estabilizado activamente multiplican la inercia angular, lo que puede hacer que estos equipos pequeños sean menos susceptibles a perturbación por el viento y una entrada accidental del operador, posiblemente haciendo que funcionen como equipos más grandes/pesados sin añadir un peso/tamaño significativo.
- 30 Haciendo referencia nuevamente a la figura 1, el siguiente componente se encuentra acoplado al estabilizador 1 y responde al mismo, es decir:
- 35 2: Unidad de detección de movimiento angular.
- Las unidades de detección de movimiento angular, tales como las unidades de medición inercial (Inertial Measurement Units, IMUs), por ejemplo, suelen medir las velocidades de rotación angular y las aceleraciones lineales y la orientación respecto a la gravedad de los objetos o vehículos a los que están acopladas. En una realización ilustrativa, se emplea una denominada unidad de detección de movimiento angular de "seis grados de libertad" que mide la velocidad de rotación angular compuesta del estabilizador acoplado más la cámara alrededor de tres ejes sustancialmente ortogonales entre sí mediante denominados "sensores de velocidad angular" y la aceleración espacial a lo largo de tres ejes lineales y ortogonales entre sí a través de acelerómetros. Los tres sensores de velocidad angular se montan típicamente alineados con los ejes de rotación de "balanceo", "inclinación" y "desplazamiento" de la cámara u otra carga útil. Los acelerómetros lineales de la unidad de detección de movimiento angular están típicamente alineados a lo largo de los ejes "arriba-abajo", "izquierda-derecha" y "adelante-atrás" de la cámara. Los acelerómetros responden a la aceleración lineal real en el espacio, así como a la aceleración estática debido a la gravedad, esta última utilizable para detectar los ángulos de orientación de estado estable de la carga útil de la cámara referenciada a direcciones "verticales/horizontales" terrestres.
- 50 De acuerdo con realizaciones ilustrativas de la invención, la unidad de detección de movimiento angular preferiblemente estima todos los movimientos posibles del trineo más la carga útil y permite el desarrollo de pares estabilizadores contrarios a través de algoritmos del controlador de retroalimentación, los cuales se describirán a continuación.
- 55 La frase "pares complementarios" se utiliza para referirse a "pares estabilizadores contrarios", "pares contrarios", "pares complementarios", "pares correctores" o "señales de par de estabilización", que son pares aplicados activamente a través del generador de par omni-axial acoplado 4 del cardán para lograr estabilidad.
- 60 Estimando la rotación del conjunto de componentes equilibrados a través de los sensores de velocidad angular y su orientación gravitacional a través de los acelerómetros, los algoritmos tienen señales de información requeridas para desarrollar pares estabilizadores contrarios creando los ajustes de estabilización desarrollados por el siguiente subconjunto de la figura 1 que responde a la unidad de detección de movimiento angular, a saber:

3: El procesador de señales y su controlador de retroalimentación soportado, y la combinación de ambos procedimientos algorítmicos que soporta:

5 El controlador de retroalimentación 3 recibe señales de movimiento del subconjunto de la unidad de detección de movimiento angular 2 y, mediante una combinación de algoritmos, produce señales de par estabilizador contrario. Estas señales de par estabilizador contrario se convierten en pares físicos con el generador de par omni-axial 4, que comprende, por ejemplo, tres generadores de par individuales 410, 420, 430 que responden a las señales estabilizadoras de contrafuerte. Los generadores de par 410, 420, 430 producen pares sobre el eje de balanceo, el eje de inclinación, y el eje de desplazamiento, respectivamente. La unidad de detección de movimiento angular 2 mide la orientación y las velocidades de rotación resultantes y produce señales representativas que se retroalimentan al controlador de retroalimentación 3 para completar un bucle de retroalimentación que produce la estabilidad deseada.

15 El controlador de realimentación 3 con sus algoritmos, responde al subconjunto de unidad de detección de movimiento angular 2 mostrado en la figura 1 y situado junto a la carga útil 110, controla los pares complementarios máximos disponibles que se generan y se acoplan entre el lado de la carga útil (cámara) del cardán y el lado del operador. El controlador de retroalimentación 3 sintetiza adicionalmente una mejora de inercia, pares de rozamiento y nivelación estáticos y dinámicos y los combina para que el operador los experimente en la guía de control 140 del estabilizador preferiblemente de manera sustancialmente natural, de modo que el operador no pueda ser consciente de que la unidad se encuentra estabilizada activamente. En una realización de ejemplo del soporte de carga útil estabilizado activamente, el dispositivo imita la sensación de un estabilizador pasivo a través de las características de mejora de la estabilidad y actúa de manera aditiva a la sensación pasiva natural del equipo físico.

20 En una realización de ejemplo del soporte de carga útil estabilizado activamente, el operador cuenta con una forma "práctica" familiar para orientar el soporte del componente equilibrado mientras el controlador de realimentación 3 actúa de manera simultánea y cooperativa para mejorar o modificar la estabilidad.

25 El hardware del controlador de retroalimentación 3 que soporta los algoritmos se implementa mediante un denominado "procesador de señales en tiempo real", tal como un procesador de señales digitales. "En tiempo real", tal como se utiliza aquí, significa que el procesador recibirá señales de entrada, actuará de acuerdo con los algoritmos y producirá un resultado final con un retraso lo suficientemente corto como para que no afecte negativamente a la estabilidad o el rendimiento del controlador de retroalimentación 3 y su estructura controlada.

35 En una realización ilustrativa del soporte de carga útil activamente estabilizado, en la primera parte de la combinación del algoritmo del controlador de retroalimentación 3 se procesan señales del sensor de la unidad de detección de movimiento angular 2 utilizando, o basándose en, algoritmos tales como los conocidos como algoritmos de "giroscopio vertical", "horizonte artificial" o "sistema de referencia de actitud y rumbo (Attitude and Heading Reference System, AHRS)", denominado aquí algoritmo de "horizonte artificial" 310 de la figura 2. Este algoritmo recibe las señales de un "vehículo referenciado" (en este caso ilustrativo, carga útil de la cámara referenciada), tales como 210a, b, c, d, e, f de sensores inerciales conectados a la carga útil de la cámara 110 y las convierte en "señales referenciadas a la Tierra", tales como 350a, b, c, d, e, f que son utilizables (preferiblemente directamente) por algoritmos posteriores 320, 330, 340, por ejemplo. "Referenciado a la Tierra" tal como se utiliza aquí significa que el algoritmo de horizonte artificial 310 produce señales de movimiento que representan las velocidades de rotación de balanceo/inclinación/viraje y la orientación angular absoluta de la carga útil de la cámara 110 respecto a la Tierra y, en particular, respecto a un plano que es paralelo al horizonte local de la Tierra y, por lo tanto, es perpendicular a la dirección de la gravedad local. Según se aplica a la orientación de una cámara, a diferencia de un vehículo aéreo o espacial, se utilizan los términos equivalentes "balanceo/inclinación/desplazamiento" en lugar de velocidades de "balanceo/inclinación/viraje" y ángulos absolutos.

45 El algoritmo de horizonte artificial 310 estima ángulos absolutos de inclinación y balanceo terrestres de la carga útil soportada a pesar de movimientos de aceleración lateral. Esto puede compararse con la creación de una "mesa estable" virtual, sobre la cual puede montarse virtualmente la plataforma de la cámara, lo que facilita mejoras de estabilidad, tales como las que se describen a continuación.

50 Hay que tener en cuenta que los términos "inercia", "inercia angular" y "momento de inercia" se utilizan indistintamente en toda esta descripción, ya que se refieren a la estabilización angular.

55 Se explicará ahora la implementación de algoritmos de mejora de estabilidad. De acuerdo con unas realizaciones ilustrativas del soporte de carga útil estabilizada activamente, haciendo referencia ahora a la figura 2, subdividimos e implementamos los procedimientos algorítmicos restantes en tres vías paralelas, cada una asignada a un eje de rotación particular del estabilizador 1 y cada una produciendo un par corrector aplicado a través de un eje correspondiente del generador de par omni-axial 4 conectado a un cardán del estabilizador 1, a saber:

(1) El algoritmo del eje de balanceo 320 implementa la característica de nivelación del horizonte mediante la aplicación de un par complementario a través del eje de balanceo del generador de par 410 montado en el cardán.

(2) El algoritmo seguidor modelo de eje de desplazamiento 340 implementa una mejora de la inercia de desplazamiento más rozamiento estático y dinámico para este eje aplicando un par complementario a través del eje de desplazamiento del generador de par montado en el cardán 430.

(3) El algoritmo seguidor modelo de eje de inclinación 330 implementa la mejora de la inercia de inclinación más rozamiento estático y dinámico para este eje aplicando un par complementario a través del eje de inclinación del generador de par montado en el cardán 420.

10 Cabe destacar que "balanceo", "desplazamiento" e "inclinación" se utilizan con fines ilustrativos, pero, tal como se ha mencionado anteriormente, pueden reemplazarse por otros ejes perpendiculares entre sí.

15 La separación algorítmica entre los algoritmos de balanceo, inclinación y desplazamiento 320, 330 340, permite aplicar correcciones de estabilidad de diferentes resistencias a cada eje, lo que puede ser ventajoso ya que los equipos estabilizadores equilibrados convencionales pueden presentar diferentes cantidades de inercia angular natural alrededor de cada eje de rotación primario. Por ejemplo, la inercia del eje de inclinación y balanceo suele ser mayor que la inercia de desplazamiento debido a que el trineo típico es algo más alto que ancho o profundo. Realizaciones ilustrativas del soporte de carga útil estabilizada activamente pueden crear un equipo estabilizado que puede igualar la inercia angular entre todos los ejes según lo perciba el operador en la empuñadura/guía de control si se desea.

20 Descripción de los algoritmos de estabilización para cada eje:

Algoritmo de eje de balanceo 320 de la figura 2 y la figura 5 - Nivelación del horizonte:

25 El algoritmo de eje de balanceo 320 de acuerdo con un ejemplo ilustrativo proporciona, opcionalmente sin partes móviles adicionales al conjunto 1, una característica de nivelación del horizonte. Los operadores de estabilizadores tradicionales dedican un importante esfuerzo mental para mantenerlo nivelado. Al realizar esta tarea de bajo nivel, el operador se libera automáticamente para concentrarse en el encuadre del movimiento de la cámara cerca y navegar por el conjunto para lograr el disparo. Además, dado que la característica de nivelación se proporciona mediante pares de cardán activos, el conjunto de componentes equilibrados que comprende el estabilizador 1 puede ser neutralmente equilibrado en lugar de ser de fondo pesado, como es habitual. Ventajosamente, en una realización de ejemplo de la invención, un operador puede inclinar a voluntad sin luchar contra el constante par de un equipo de fondo pesado que da como resultado un encuadre más estable en ángulos de inclinación mayores. Es importante destacar que el algoritmo de eje de balanceo 320 hace que la nivelación del horizonte mantenga una pluralidad o todos los ángulos de inclinación y mientras se desplaza a todas o muchas velocidades prácticas.

40 Realizaciones ilustrativas de la invención pueden imitar el horizonte inherentemente nivelado de un trípode o plataforma móvil nivelado sobre el suelo más una cámara acoplada a un soporte de desplazamiento-inclinación estándar. Tal disposición le permite al operador enmarcar y seguir a un sujeto presionando sobre una denominada empuñadura de desplazamiento-inclinación, "desplazando e inclinando" libremente para capturar al sujeto mientras el horizonte de la cámara permanece nivelado automáticamente, por lo que no es una preocupación para el operador. Por construcción y configuración, el eje de inclinación de un soporte en el suelo es típicamente paralelo al suelo, por lo que la cámara montada generalmente queda nivelada.

45 Haciendo referencia a la figura 5, la nivelación del horizonte mencionada anteriormente se logra utilizando dos señales proporcionadas por el algoritmo de horizonte artificial 310: velocidad medida del eje de balanceo 350e y ángulo medido del eje de balanceo absoluto 350f referenciado a Tierra. El ángulo de balanceo está dispuesto para leer cero cuando la cámara está nivelada (el eje de inclinación es horizontal) y para leer positivo cuando la cámara no está nivelada en sentido horario, negativo cuando no está nivelada en sentido antihorario. De manera similar, la velocidad de balanceo es cero cuando la cámara no gira alrededor del eje de balanceo, positiva si está en movimiento girando en sentido horario, negativa si está en movimiento girando en sentido antihorario alrededor del eje de balanceo. Escalamos cada una de estas señales según los factores de escala seleccionados C1, C2 respectivamente (321, 322) y los sumamos con el sumador 326 para crear una señal de retroalimentación de 'par de balanceo contrario' 325, es decir, par de balanceo complementario, aplicado a través del generador de par de balanceo montado en cardán 410. Con factores de escala seleccionados adecuadamente, se crea un bucle de retroalimentación de respuesta rápida que hace que el equipo más la cámara vuelvan a quedar nivelados a pesar de las perturbaciones externas.

60 Algoritmos de eje de desplazamiento e inclinación - inercia mejorada más rozamiento estático y dinámico, en referencia a la figura 2:

Además de la mejora inercial, los algoritmos de eje de desplazamiento e inclinación 340, 330 se suman a las características de un conjunto estabilizador del cabezal de desplazamiento-inclinación amortiguado por fluido de la cámara de suelo estándar, a saber, rozamiento dinámico y estático, referido a una estructura inercial fija proporcionado

por el algoritmo de horizonte artificial 310. El rozamiento estático ayuda al operador de la cámara a mantener una orientación fija de desplazamiento/inclinación, denominada "bloqueo" con un esfuerzo reducido o mínimo. El rozamiento dinámico generalmente mejora la suavidad de un desplazamiento e inclinación lentos, particularmente con objetivos largos (teleobjetivo). Ambos de estos rozamientos sintetizados también pueden ayudar a atenuar las perturbaciones de la cámara debidas a ráfagas de viento y una entrada excesiva del operador a la guía 140.

El algoritmo de eje de desplazamiento 340 y el algoritmo de eje de inclinación pueden ser idénticos, pero pueden emplear diferentes objetivos de inercia, rozamiento estático, y rozamiento dinámico, creando una respuesta deseada controlable por separado para cada eje.

El algoritmo del seguidor modelo del eje de inclinación 330 responde al algoritmo de horizonte artificial 310 que proporciona una velocidad de inclinación angular 350a y un ángulo de inclinación absoluto 350b que producen un par de inclinación complementario 335 aplicado a través del eje de inclinación del generador de par omni-axial a través del generador de par de inclinación 420.

De manera similar, el algoritmo seguidor modelo del eje de desplazamiento 340 responde al algoritmo de horizonte artificial 310 que proporciona una velocidad de desplazamiento angular 350c y el ángulo de desplazamiento 350d que producen un par corrector del eje de desplazamiento complementario 345 aplicado a través del eje de desplazamiento del generador de par omni-axial a través del generador de desplazamiento 430.

Hay que tener en cuenta que el ángulo de desplazamiento es relativo a una posición inicial arbitraria y no es absoluto como ocurre con el balanceo/inclinación, ya que el algoritmo de horizonte artificial no proporciona una indicación absoluta de hacia qué dirección apunta la cámara en desplazamiento sin una brújula o similar. El algoritmo del eje de desplazamiento explica esto calculando pares de corrección en función de cambios en el ángulo de desplazamiento, no en la dirección angular de desplazamiento absoluto.

Se describirá ahora el algoritmo de eje de desplazamiento/inclinación haciendo referencia ahora a la figura 3 y la figura 4. A los ejes de desplazamiento e inclinación de un conjunto de componentes pasivos equilibrados se añade una mejora inercial sintetizada más rozamientos beneficiosos. Se emplean algoritmos para los modelos físicos simulados de eje de desplazamiento e inclinación 341, 331 más el seguidor modelo del eje de desplazamiento e inclinación 346, 336. La técnica básica consiste en construir una simulación en tiempo real de un modelo idealizado que imite la física del conjunto de componentes equilibrados mejorado deseado en el procesador de señales. El conjunto de componentes equilibrados simulados se acciona por una estimación de señales de par de desplazamiento/inclinación externas netas 343, 333 que se aplica al conjunto de componentes equilibrados pasivos reales. Los movimientos deseados calculados del conjunto de componentes equilibrados simulados se comparan con los movimientos medidos del conjunto de componentes equilibrados pasivos reales y se desarrollan pares correctores de retroalimentación basados en sus diferencias que fuerzan los movimientos del conjunto de componentes equilibrados físicos en un esfuerzo por igualar los del conjunto simulado. Si el generador de par omni-axial 4 es lo suficientemente potente y el ancho de banda del circuito de retroalimentación es lo suficientemente grande, el conjunto de componentes equilibrados generalmente coincidirá estrechamente (y posiblemente se sentirá casi idéntico para el operador) con el modelo simulado idealizado.

Un mecanismo físico que modela la característica de inercia deseada es un volante montado en un rodamiento de relativamente bajo rozamiento. El volante simulado obedece las leyes de Newton del movimiento de rotación: si está parado (no girando), permanece así a menos que actúe un par externo aplicado. Si gira, continúa a una velocidad angular constante (en grados por segundo, por ejemplo), ya sea en sentido horario (Clockwise, CW) o en sentido antihorario (Counterclockwise, CCW) a menos que actúe un par externo aplicado. El volante tiene sólo dos estados frente al tiempo, también conocidos como "estados": su velocidad de rotación actual (un valor CW positivo, o un valor CCW negativo, o cero en grados por segundo) y la posición angular actual en grados. Si se aplica un par constante al volante parado, éste comienza a girar desde cero a una velocidad angular cada vez mayor, es decir, acelera angularmente en proporción al par aplicado dividido por el momento de inercia modelado del volante. De manera equivalente, su velocidad angular aumenta uniformemente con el tiempo desde cero. Si se aplica un par negativo al volante, disminuye su velocidad angular de manera uniforme durante el tiempo que se aplica el par, y finalmente se detiene y después se invierte el sentido si el par negativo persiste el tiempo suficiente.

Newton también relaciona la posición angular con la velocidad angular: por ejemplo, si el volante gira a una velocidad constante de un grado por segundo, su posición angular avanza una vuelta completa en 360 segundos o dos vueltas completas en 720 segundos, etc.

El comportamiento del volante inercial modelado (es decir, entrada de par en el tiempo produce salidas de velocidad angular en el tiempo y posición angular en el tiempo) puede encapsularse en el siguiente conjunto de ecuaciones:

Velocidad angular en el tiempo = (integral de (par en) en el tiempo) dividido por momento de inercia.

Posición angular en el tiempo = integral de velocidad angular en el tiempo. Hay que tener en cuenta que la "integral en el tiempo" de una cantidad variable en el tiempo es simplemente el "área de debajo la curva" acumulada debajo de esa cantidad representada en una gráfica frente al tiempo, comenzando en instante cero y terminando en instante actual. El procesador de señales utiliza el integrador o acumulador aceptado para esta función.

Haciendo referencia a la figura 3, se describe la implementación de la ecuación anterior para el modelo físico simulado del eje de inclinación 331: Una señal de par 331r se divide por el momento de inercia deseado 1mt por el divisor 331s que produce una aceleración angular de inclinación modelada 331m. El integrador 331d integra con el tiempo la aceleración angular de inclinación modelada 331 m produciendo una señal de velocidad de inclinación modelada 331h, pasada al segundo integrador 331g, que la integra con el tiempo para producir un ángulo de inclinación modelado 331j. En base al estado de 331n (0 o 1), un interruptor selector 331e pasa a 331p la señal 331 h cuando el par no está saturado tal como se detecta mediante 331f, o bien la señal 350a cuando el par está saturado tal como se detecta mediante 331f.

Del mismo modo, para el eje de desplazamiento, haciendo referencia ahora a la figura 4: Una señal de par 341r se divide por el momento de inercia deseado 1mp por el divisor 341s que produce una aceleración angular de desplazamiento modelada 341m. El integrador 341d integra con el tiempo la aceleración angular de desplazamiento modelada 341 m produciendo una velocidad de desplazamiento modelada 341h, pasada al segundo integrador 341g, que la integra con el tiempo para producir el ángulo de desplazamiento modelado 341j. En base al estado de 341n (0 o 1), un interruptor selector 341e pasa a 341p, la señal 341 h cuando el par no está saturado tal como se detecta mediante 341f, o bien la señal 350a cuando el par está saturado tal como se detecta mediante 341f.

Los pares de rozamiento estático y dinámico simulados deseados se añaden ahora al modelo de volante de inercia simple. Esto es equivalente a añadir un 'freno' al volante. El freno aplica un nuevo par opuesto al modelo. Si la velocidad angular actual del modelo es cero, se aplica un par de retención de 'rozamiento estático' que coincide y preferiblemente se opone por completo (se resta de) a todos los pares de entrada externos al modelo hasta un umbral establecido. Cuando el par externo aplicado al modelo se acerca al umbral establecido, se 'libera el freno' gradualmente (se elimina el par de retención gradualmente) permitiendo que el modelo comience a acelerar angularmente en respuesta al par externo completo. Cuando la velocidad angular se aproxima a cero, el modelo vuelve a aplicar gradualmente el freno de "rozamiento estático". Esto da como resultado un par de frenado acoplado desde el lado de la cámara a través del cardán hasta el lado de soporte a través del generador de par omni-axial 4 y sus algoritmos de control tal como se describirá.

Haciendo referencia a la figura 3 para el eje de inclinación; un modelo de frenado estático 331a responde a la señal de par de inclinación externo neto 333 y, tal como se describe, lo pasa directamente como señal de par de inclinación 331k, cuando la señal de velocidad de inclinación modelada 331h no es cero, o pasa el par de cero a la señal de par de inclinación 331k cuando la señal de par de inclinación 333 es menor que un umbral seleccionado, mientras que la señal de velocidad de inclinación modelada 331h es nominalmente cero.

Haciendo referencia a la figura 4 para el eje de desplazamiento; un segundo modelo de frenado estático 341a responde a la señal de par de par externo neto 343 y, tal como se describe, la pasa directamente como señal de par de par de pan 341 k, cuando la señal de velocidad modelada de pan 341h no es cero, o pasa el par de cero a la señal de par de desplazamiento 341k cuando la señal de par de desplazamiento externo neto 343 es menor que un segundo umbral seleccionado, mientras que la señal de velocidad de desplazamiento modelada 341h es nominalmente cero.

En paralelo al freno de rozamiento estático, se emplea un componente de frenado de rozamiento dinámico simulado. Esto se consigue añadiendo un par dinámico de retroalimentación negativa a la entrada del modelo en oposición a la entrada de par externo. El par negativo dinámico se consigue simplemente creando y aplicando un nuevo par en proporción escalada a la velocidad angular actual del modelo y restando el nuevo par de la entrada de par externo con la diferencia aplicada al modelo. Un factor de escala, también conocido como 'coeficiente de frenado dinámico' controla la fuerza del efecto de frenado dinámico y, cuando se incrementa, es comparable a apretar el 'mando de ajuste de arrastre' de un soporte de cámara de inclinación-desplazamiento amortiguado por fluido pasivo convencional.

Como resultado, el modelo de volante con freno dinámico responde de manera diferente a la entrada de par que la versión de sólo inercia. La versión de sólo inercia acelera continuamente con una velocidad angular cada vez mayor dada una entrada de par constante. Con el frenado dinámico aplicado, el modelo acelera angularmente hasta que el par dinámico de frenado negativo es igual al par externo, lo que resulta en un par cero neto preferiblemente para el modelo, que se establece en un movimiento de velocidad angular constante. Por lo general, esto modelará estrechamente la característica de rendimiento deseable del soporte de inclinación e inclinación amortiguado por fluido.

Para el eje de inclinación, el modelo de frenado dinámico 331b responde a la señal de velocidad de inclinación modelada actual 331h, escalándola por un 'coeficiente del eje de inclinación de frenado dinámico' y produce un par de frenado dinámico de inclinación 331n, que se resta de la señal de par de inclinación modificada 331k del modelo de frenado estático 331a utilizando el sustractor 331c.

Para el eje de desplazamiento, el modelo de frenado dinámico 341b responde a la señal de velocidad de desplazamiento modelada actual 341 h, ampliándola por un 'coeficiente del eje de desplazamiento de frenado dinámico' y produce un par de frenado dinámico 341n, que se resta de la señal de par de desplazamiento modificada 341k del modelo de frenado estático 341a utilizando el sustractor 341c.

De acuerdo con una realización ilustrativa, una modificación de la característica de frenado dinámico descrita comprende ajustar el 'coeficiente de frenado dinámico' en función de la velocidad de rotación de la plataforma. Por ejemplo, normalmente se aplicaría un frenado dinámico máximo para bajas velocidades de rotación, que normalmente de dan para movimientos de giro e inclinación lentos que se requieren cuando se utiliza un objetivo largo (tipo teleobjetivo). Por otra parte, el comportamiento natural "sin rozamiento" de un equipo pasivo tradicional permite movimientos de desplazamiento rotativo e inclinación muy fluidos lanzados por el operador aplicando un par al equipo y simplemente soltarlo para dejarlo que 'avance' para seguir a un sujeto. Si se reduce el coeficiente de frenado dinámico gradualmente a cero por encima de una cierta velocidad de rotación axial, se puede dar cabida a este tipo de movimiento del operador sin perder el rozamiento beneficioso y una mayor estabilidad de la baja velocidad de desplazamiento/inclinación. Por lo tanto, el 'coeficiente de frenado dinámico' implementado por los modelos de frenado dinámico 331b, 341b de los algoritmos de inclinación y desplazamiento, respectivamente, puede ser una función no lineal de las respectivas velocidades modeladas 331h, 341h en lugar de una simple escala proporcional constante.

Además, de acuerdo con la realización ilustrativa y, tal como se ha indicado anteriormente, para que los modelos físicos simulados del eje de inclinación y desplazamiento 331, 341 respondan de manera similar a las estructuras pasivas reales, éstos responden (accionados por pares) al igual que el conjunto estabilizador 1. Es decir, los modelos responden única o principalmente a pares aplicados por el operador a la guía de control 140 y/o por perturbaciones externas tales como resistencia del viento/aire y par de desequilibrio. El modelo preferiblemente no responde a los pares aplicados a través del generador de par omni-axial 4 al cual también responde el equipo físico 1. En otras palabras, el modelo preferiblemente no es accionado con el par total derivado de las señales de movimiento proporcionadas por el algoritmo de horizonte artificial, ya que éste responde a todos los pares que siente el equipo físico (ya que la unidad de detección de movimiento angular está acoplada al equipo), incluyendo el par complementario, en ausencia de una configuración para crear un resultado diferente, por lo que se denomina "par total". Un "par externo neto" que representa la entrada del operador y las perturbaciones externas debe ser el único impulsor del modelo.

De acuerdo con esta realización ilustrativa, el algoritmo del eje, tal como los algoritmos 320, 330 o 340, tiene suficiente información para estimar esta cantidad. Se estima en primer lugar el par total diferenciando la velocidad angular del eje (de desplazamiento o de inclinación) del algoritmo del horizonte artificial (es decir, se estima la pendiente de la señal de velocidad frente al tiempo). Este resultado del diferenciador es una medida de la aceleración alrededor del eje. Nuevamente, utilizando una de las leyes de Newton se tiene que:

$$\text{"Par total"} = \text{"Momento de inercia estructural"} \text{ multiplicado por "aceleración angular"}$$

Donde el "Momento de inercia estructural" es un valor constante físico conocido que puede ser necesario medir sólo una vez para el eje del equipo físico particular que se está controlando.

También se conoce el "par complementario" generado a través del generador de par omni-axial alrededor del eje, ya que se genera y se aplica como resultado final de este algoritmo del eje, por lo que:

$$\text{"Par externo neto"} = \text{"Par total"} \text{ menos "par complementario"} \text{ para cada eje.}$$

Éste es el valor aplicado al modelo físico simulado. Esto completa un modelo con las características de inercia y rozamiento deseadas, cuyo modelo puede proporcionar objetivos de velocidad angular y posición para utilizar en el algoritmo siguiente.

Específicamente para el eje de inclinación, en referencia a la figura 3, el 'par de inclinación total' 337 se estima utilizando el estimador de par de inclinación total 334, que diferencia la velocidad medida del eje de inclinación 350a con el diferenciador de señal 334a, después escala la salida del diferenciador por una representante constante de la inercia estructural conocida sobre el eje de inclinación 334c utilizando el multiplicador 334b para formar el "par de inclinación total" 337.

Finalmente, se resta el 'par de inclinación complementario' 335 conocido del 'par de inclinación total' 337 utilizando el sustractor 332 para producir el 'par de inclinación externo neto' 333 aplicado al modelo físico simulado del eje de inclinación 331.

5 Para el eje de desplazamiento, en referencia a la figura 4, el 'par de desplazamiento total' 347 se estima utilizando el estimador de par de desplazamiento total 344, que diferencia la velocidad de desplazamiento medida 348a con el diferenciador de señal 344a, después escala la salida del diferenciador por una representante constante de la inercia estructural conocida alrededor del eje de desplazamiento 344c utilizando un multiplicador 344b para formar el "par de desplazamiento total" 347.

10 Finalmente, el "par de desplazamiento complementario" 345 se resta del "par de desplazamiento total" 347 utilizando el sustractor 342 para producir la señal de "par de desplazamiento externo neto" 343 aplicado al modelo físico simulado del eje de desplazamiento 341.

15 El sub-algoritmo restante de esta realización ilustrativa para el eje de desplazamiento e inclinación, el seguidor modelo, se describirá ahora:

20 En el algoritmo del seguidor modelo, los modelos físicos de eje simulado 331, 341 se convierten en la 'referencia maestra' y proporcionan objetivos de velocidad y posición angular modelados tal como ya se ha descrito. Todo el conjunto de componentes equilibrados se convierte en el 'esclavo' que será empujado o forzado - a través de pares de inclinación y desplazamiento complementarios 335, 345 del generador de par 4 - para que coincida con los objetivos de velocidad y posición dictados por el maestro modelo físico simulado. Si la diferencia entre esclavo y maestro se mantiene lo suficientemente pequeña, el conjunto de componentes equilibrados total puede responder y sentir al usuario cercano a un equipo real con las características físicas de estabilidad mejorada que simula el modelo.

25 El algoritmo de horizonte artificial 310 proporciona la velocidad y la orientación medidas de cada eje controlado del equipo. A partir de aquí, puede formarse un bucle de retroalimentación para producir el par complementario final para cada eje. La velocidad y la orientación medida del esclavo físico se comparan con los objetivos de velocidad y posición modeladas del maestro por sustracción. Estas diferencias se escalan y se suman para formar el par complementario final para este eje. Más específicamente, puede utilizarse la siguiente ecuación:

"Par complementario" = K1 multiplicado por (velocidad_modelada menos velocidad_medida)

más

K2 multiplicado por (ángulo_modelado menos ángulo_medido)

40 Esta ecuación forma un bucle de retroalimentación negativa en el que el ancho de banda y la amortiguación del bucle se controlan mediante la elección de los coeficientes de retroalimentación K1, K2. K1 y K2 se configuran preferiblemente lo más grande posible para maximizar la fidelidad del esclavo al modelo maestro. Sin embargo, típicamente, los sensores inerciales en la práctica tienen algo de ruido eléctrico residual que introducirá inestabilidad al sistema si estos coeficientes se establecen demasiado grandes; por lo tanto, el óptimo variará para varios ejemplos de la invención.

45 La polaridad del "par complementario" se selecciona de manera que si el esclavo físico "queda por detrás" del modelo maestro se produce un "par complementario" positivo que hace avanzar al esclavo a través del par desde el generador de par haciendo que alcance al maestro y, a la inversa, si el esclavo se adelanta al modelo, un par negativo en el generador retrasa al esclavo, por lo que éste 'retrocede' al objetivo de posición del modelo maestro.

50 Específicamente para el eje de inclinación, en referencia a la figura 3, el seguidor modelo 336 se implementa restando primero la velocidad medida del eje de inclinación 350a de la señal de velocidad de inclinación modelada 331h formando la diferencia 336f utilizando el sustractor 336a. En segundo lugar, el ángulo medido del eje de inclinación 350b se resta del ángulo de inclinación modelado 331j formando la diferencia 336g utilizando el sustractor 336d. Finalmente, las diferencias 336f, 336g se escalan por las constantes Kt1, Kt2, respectivamente, utilizando multiplicadores constantes 336b y 336e, respectivamente, y sumadas a través del sumador 336c para formar el par de inclinación complementario final 335.

60 Para el eje de desplazamiento, en referencia a la figura 4, el seguidor modelo 346 se implementa restando primero la velocidad medida del eje de desplazamiento 348a de la señal modelada de la velocidad de desplazamiento 341h formando la diferencia 346f utilizando el sustractor 346a. En segundo lugar, el ángulo medido del eje de desplazamiento 348b se resta del ángulo de desplazamiento modelado 341j formando la diferencia 346g utilizando el sustractor 346d. Finalmente, las diferencias 346f, 346g se escalan por las constantes Kp1, Kp2, respectivamente,

utilizando multiplicadores constantes 346b y 346e, respectivamente, y se suman por medio del sumador 346c para formar el par de giro complementario final 345.

5 Esto completa el algoritmo de eje básico aplicado individualmente a los ejes de desplazamiento e inclinación para esta realización ilustrativa.

Aspectos adicionales de los algoritmos de eje de desplazamiento e inclinación

10 Las deficiencias prácticas de los algoritmos "modelo de simulación físico más modelo seguidor" estándar descritos pueden abordarse mediante diversas realizaciones ilustrativas de la invención. Los algoritmos mencionados anteriormente son efectivos siempre que los pares complementarios generados sigan siendo lo suficientemente grandes para superar la fuerza del par aplicado del operador y, por lo tanto, mantengan el equipo físico sustancialmente alineado con el modelo.

15 Para cualquier realización práctica de la invención, el generador de par omni-axial 4 puede tener un par máximo limitado debido a limitaciones de tamaño y peso de los motores de par empleados en la práctica.

Supóngase, por ejemplo, que el algoritmo convencional estándar se emplea simplemente tal como se ha descrito anteriormente. Si el operador aplica un par cada vez mayor, el 'esclavo' (estructura física) seguirá fielmente el modelo 'maestro' y el aparato proporcionará con precisión las características de estabilidad deseadas de mejora de inercia y rozamiento hasta que el generador de par omni-axial 4 alcance su par máximo disponible. En ese punto, la "sensación" del conjunto de componentes equilibrados varía repentinamente ya que no hay suficiente par complementario adicional disponible para forzar al equipo a adaptarse al modelo. El conjunto de componentes equilibrados perderá instantáneamente la inercia sintetizada y comenzará a acelerar inesperadamente a medida que el operador continúe aplicando más par. A medida que la orientación de la estructura física avanza, comienza a superar significativamente el objetivo posicional del modelo. El operador finalmente siente el cambio de sensación e instintivamente comienza a reducir o liberar por completo su par aplicado al equipo. El bucle de retroalimentación del generador de par finalmente sale de la saturación y detecta que el conjunto de componentes equilibrados se encuentra angularmente por delante del objetivo de posición del modelo, por lo que aplica un par máximo en sentido contrario, obligando al equipo físico a 'retroceder' rápidamente para que coincida con el modelo. Esto produce lo que algunos pueden encontrar como un comportamiento físico de 'servo-inestabilidad' o 'recuperación inversa' molesto y claramente inaceptable a medida que el algoritmo se esfuerza por restablecer una coincidencia posicional entre el equipo físico y el modelo.

35 Las realizaciones ilustrativas de la invención abordan las deficiencias anteriores. En lugar de emplear el modelo físico estándar con un momento de inercia modelado fijo y un coeficiente de rozamiento de frenado dinámico fijo, el sistema reduce automáticamente los dos parámetros del modelo anteriores en el tiempo en respuesta, por ejemplo, a una función de aumentar la velocidad angular medida alrededor de cada eje controlado.

40 Por lo tanto, a medida que el operador aplica un par constante sobre un eje seleccionado, la velocidad angular medida sobre ese eje aumenta gradualmente y el momento modelado de inercia y la fuerza de frenado dinámico se reducen gradualmente. Esto hace que el equipo físico comience a acelerar más rápido de lo esperado pero lo suficientemente gradual como para producir una señal oportuna detectada por el operador que le permita reducir el par aplicado antes de que el generador de par alcance el máximo y posiblemente se produzcan resultados perjudiciales.

45 Si el operador ignora la característica de retroalimentación de señalización anterior, el efecto inaceptable de 'recuperación elástica' notado puede mitigarse todavía más detectando primero cuándo un generador de par del eje alcanza su punto de saturación de par máximo. Cuando esto ocurre, el objetivo de la posición angular del modelo físico simulado se anula y se reemplaza por uno que retrasa la posición angular física en una cantidad constante igual al modelo respecto a la diferencia física que existía cuando se produce la saturación. Esta modificación puede garantizar que la disparidad de la posición angular modelada a física siga siendo lo suficientemente pequeña como para que no se produzca un 'efecto inverso' o éste sea pequeño cuando el operador finalmente libere el control de la empuñadura.

55 Preferiblemente, el resultado de estas modificaciones novedosas en el modelo físico simulado es que la estructura estabilizada de las realizaciones ilustrativas de la invención responde a las entradas del operador de manera repetible y controlable de modo que, aunque no necesariamente responda idealmente -- con inercia mejorada fija más rozamiento -- todavía puede ser completamente productivo incluso en manos de un operador inexperto.

60 Específicamente para el eje de inclinación, en referencia a la figura 3; Las modificaciones del eje de inclinación se implementan reduciendo en primer lugar el 'coeficiente de frenado dinámico del eje de inclinación' dentro del modelo de frenado dinámico 331b en respuesta a aumentos de señal de velocidad angular de inclinación modelada 331h. Además, el momento de inercia modelado 1mt dentro del divisor 331s se reduce a medida que aumenta la señal de velocidad de inclinación modelada 331h. Esto proporciona la señal de operador deseada descrita. En segundo lugar,

un 'detector de saturación de par' 331 f indica cuándo el generador de par del eje de inclinación 420 alcanza su valor máximo y, en respuesta, conmuta el interruptor 331e a su posición hacia abajo, reemplazando la señal de velocidad de inclinación modelada 331h por velocidad medida del eje de inclinación 350a a la entrada del integrador 331g a través de la salida 331p del interruptor 331e conectado a la entrada del integrador. Esto tiene el efecto deseado de provocar que el ángulo de inclinación modelado 331j se retrase o que el ángulo de inclinación del eje de inclinación adelantado 350b no supere la diferencia que existía cuando se produjo la saturación, según sea necesario, para evitar inestabilidades de recuperación alrededor del eje de inclinación.

De manera similar para el eje de desplazamiento, en referencia a la figura 4; Las modificaciones del eje de desplazamiento se implementan reduciendo primero el 'coeficiente del eje de desplazamiento de frenado dinámico' dentro del modelo de frenado dinámico 341b en respuesta al aumento de la señal de velocidad angular de desplazamiento modelada 341h. Además, el momento modelado de inercia I_{mp} dentro del divisor 341s se reduce a medida que aumenta la señal de velocidad de desplazamiento modelada 341h. Esto proporciona la señal de operador deseada descrita. En segundo lugar, otro 'detector de saturación de par' 341f indica cuándo el generador de par de desplazamiento 430 alcanza su valor máximo y, en respuesta, conmuta el interruptor 341e a su posición hacia abajo, reemplazando la señal de velocidad de desplazamiento modelada 341h por la velocidad medida de eje de desplazamiento 348a a la entrada del integrador 341g a través de la salida 341p del interruptor 341e conectado a la entrada integrador. Esto tiene el efecto deseado de provocar que el ángulo de desplazamiento modelado 341j se retrase o que el ángulo medido del eje de desplazamiento 348b no supere la diferencia que existía cuando se produjo la saturación, según sea necesario para evitar inestabilidades de retroceso sobre el eje de desplazamiento.

Aunque los algoritmos de estabilización independientes se han descrito como asignados a un eje de rotación físico separado del equipo, el alcance de las realizaciones ilustrativas de la invención incluye una alternativa que modela simultáneamente el movimiento físico de una estructura tridimensional en todas sus rotaciones posibles, a pesar de las inercias angulares potencialmente diferentes entre sus ejes. Un algoritmo combinado crea las mejoras de estabilidad a través de un vector de par corrector tridimensional aplicado a través del generador de par omni-axial conectado al cardán del equipo. El vector de par se alinea con el eje (en tres dimensiones) sobre el cual debe acoplarse el par y tiene una longitud que representa la cantidad (en sentido horario o en sentido antihorario) del par del generador que debe acoplarse entre el lado del 'operador' y el lado de la 'carga útil' del cardán.

Otro comportamiento observado y generalmente no deseado de los algoritmos de balanceo, inclinación, desplazamiento descritos se indica y se aborda en realizaciones ilustrativas de la invención mediante modificaciones adicionales: Específicamente, a medida que la estructura física se inclina un ángulo de inclinación grande, que se aproxime a 90 grados, conocido como el ángulo 'cenital' del algoritmo de nivelación del horizonte de balanceo descrito anteriormente se aproxima a una singularidad en la que su imitación del soporte de desplazamiento-inclinación falla y se vuelve improductiva.

Si se observa el comportamiento de un cabezal de inclinación horizontal convencional pasivo que puede alcanzar 90 grados de inclinación, se produce un fenómeno interesante a medida que se acerca al 'cenit' de inclinación: presionando la empuñadura de desplazamiento-inclinación en la dirección de 'desplazamiento' balancea cada vez más la cámara alrededor de su eje de balanceo y en el cenit verdadero el mecanismo se bloquea y el desplazamiento referenciado por la cámara ya no es posible. Mientras se encuentra en el cenit todavía puede inclinarse alejándose del cenit y balancear alrededor del eje de balanceo de la cámara, pero ya no puede desplazarse alrededor el eje de desplazamiento de la cámara. Este comportamiento, comúnmente conocido como 'bloqueo de cardán' se evita en soportes de inclinación y desplazamiento convencionales, ya que están limitados a un rango de inclinación algo menor que +/- 90 grados.

Dado que las realizaciones de ejemplo de la invención se transportan libremente con la mano, hay poca o ninguna manera física de evitar inclinaciones del operador a través del cenit, además, el soporte de tipo Steadicam® que lleva el cuerpo tradicional permite una orientación de la inclinación controlable a través del cenit ya que el operador puede colocar el cardán para evitar que el cardán se bloquee ya que no se obliga a los ejes de los cardán a alinearse con los de la cámara.

Por lo tanto, las reglas algorítmicas alternativas están justificadas y pueden ser beneficiosas para realizaciones ilustrativas de la invención.

Modificación del eje de balanceo para ángulos de inclinación extremos:

Para un rango de ángulos de inclinación, por ejemplo, de +/- 80 grados más o menos de la horizontal, prevalece el algoritmo de nivelación del eje de balanceo descrito. Más allá de un ángulo predeterminado a medida que se acerca el cenit, el accionamiento del eje de desplazamiento respecto a la horizontal se reduce gradualmente en intensidad de retroalimentación y se reemplaza gradualmente por un algoritmo 'solo inercial' que tiende a mantener el ángulo de giro de la cámara actual. Las realizaciones ilustrativas del estabilizador se basan en la inercia pasiva del rodillo de la

estructura física y anticipan además la transición a una mejora inercial activa del eje de balanceo similar a la que proporcionan los algoritmos de mejora inercial de desplazamiento/inclinación descritos.

5 Específicamente, para el eje de balanceo, en referencia a la figura 5; el ángulo medido del eje de inclinación 350b se aplica a un generador de funciones 327 que, tal como se muestra, produce una salida de señal de ganancia variable 328, que reduce la ganancia a cero cuando los ángulos de inclinación se aproximan al cenit y a 180 grados de distancia del cenit. La salida de señal de ganancia variable 328 se aplica a los multiplicadores 323, 324, reduciendo la intensidad de retroalimentación del par de balanceo, a medida que se acercan los ángulos cenital y anti-cenital.

10 Modificación del eje de desplazamiento para ángulos de inclinación extremos:

El algoritmo de eje de desplazamiento, tal como se describe, responde a una medida orientada a tierra de la velocidad y ángulo de desplazamiento proporcionada por el algoritmo de horizonte artificial. El eje de desplazamiento orientado a tierra medido está sustancialmente alineado verticalmente a la gravedad local. Como estructura física de mano o que la lleva el cuerpo, por ejemplo, está inclinada hacia el cenit, el eje de desplazamiento de la tierra ya no está razonablemente alineado con el eje de desplazamiento de la cámara y, de hecho, se acerca a una relación ortogonal de 90 grados. Por lo tanto, en realizaciones ilustrativas de la invención, al detectarse un ángulo de inclinación más allá de un umbral "extremo" establecido, se modifica el algoritmo del eje de desplazamiento para que responda cada vez más a un ángulo medido y a una velocidad orientada al propio eje de desplazamiento de la cámara. Por lo tanto, el algoritmo de eje de desplazamiento, en ángulos extremos de inclinación, estabiliza la cámara alrededor de su propio eje de desplazamiento y no un eje basado en tierra. Esto puede 'desbloquear' el eje de desplazamiento del modelo de soporte de desplazamiento-inclinación basado en tierra estricto y su comportamiento de bloqueo de cardán no deseado.

25 De hecho, y de manera notable, se ha descubierto que, si el eje del generador de par de desplazamiento está razonablemente bien alineado con el eje natural de la cámara, puede proporcionarse una medida de velocidad de desplazamiento y orientación al algoritmo del eje de desplazamiento desde sensores inerciales alineados al eje de desplazamiento de la cámara, en lugar de un eje alineado a tierra. La disposición puede manejar naturalmente el comportamiento de desplazamiento para todos los ángulos de inclinación, incluyendo la situación del ángulo de inclinación 'a través del cenit' señalada anteriormente sin modificaciones del algoritmo que respondan al ángulo de inclinación.

35 Para lograr la modificación del eje de desplazamiento mencionada anteriormente, con referencia a la figura 4; la velocidad y el ángulo medidos del eje de desplazamiento con referencia a tierra 350c, 350d se reemplazan por la velocidad y el ángulo medidos del eje de desplazamiento con referencia a la cámara 210c, 210d, respectivamente cuando el ángulo de inclinación 350b medido de la figura 2 supera un umbral seleccionado. O, si el eje del generador de par de desplazamiento está razonablemente alineado con el eje de desplazamiento de la cámara, la velocidad y la posición medidas del eje de desplazamiento con referencia a tierra 350c, 350d se reemplaza permanentemente por la velocidad y ángulo medidos del eje de desplazamiento con referencia a la cámara 210c, 210d y se introducen en el algoritmo del eje de desplazamiento de la figura 4. Más específicamente, haciendo nuevamente referencia a la figura 4, se emplean elementos de desvanecimiento estándar 348c, 348d para reemplazar gradualmente la velocidad y el ángulo medidos del eje de desplazamiento con referencia a tierra 350c, 350d por la velocidad y el ángulo medidos del eje de desplazamiento con referencia a la cámara 210c, 210d, respectivamente, en función del ángulo de inclinación medido 350b según se determinado mediante el generador de funciones 348f, que produce una fracción de desvanecimiento seleccionada 348e. Los elementos de desvanecimiento mencionados anteriormente funcionan multiplicando una primera entrada por la fracción seleccionada de entre cero y uno y multiplicando una segunda entrada por uno menos la fracción seleccionada y sumando los dos productos.

50 Acoplamiento trans-cardán pasivos

Pueden realizarse otras modificaciones que permitan un soporte más orientación con una sola mano. Un acoplamiento elástico entre una empuñadura externa y un conjunto interno puede proporcionar una propiedad de 'final de carrera suave' que dirija la carga útil de la cámara para acelerar angularmente de manera suave si el operador gira la empuñadura más allá del rango angular máximo del cardán, particularmente para los ejes de balanceo e inclinación donde normalmente se emplean bobinas móviles de rango angular limitado. Un ejemplo de tales dispositivos puede encontrarse en la publicación de patente americana nº 2011/0080563A1, cuyos dispositivos, tal como se describen, se incorporan aquí por referencia. Una realización a modo de ejemplo de la invención tiene un rango de rotación de ángulo de giro ilimitado o casi ilimitado, pero también se ha demostrado que un acoplamiento elástico a través del eje de desplazamiento permite de manera productiva llevarlo con una mano más orientación. El modo de funcionamiento con una sola mano es particularmente útil cuando se necesita la mano libre del operador para conducir un vehículo o similar. Los algoritmos descritos aquí pueden aplicarse a un generador de par de eje de desplazamiento acoplado elásticamente.

Tal como se ha descrito anteriormente, las realizaciones ilustrativas de la invención pueden mejorar la estabilidad para los operadores del equipo estabilizador que lo controlan directamente y localmente. Sin embargo, puede implementarse una variante controlable remotamente que produzca las características de estabilidad descritas para una plataforma de cámara remota.

5 En una primera aplicación de la invención de control remoto, se emplea el joystick pasivo típico de control remoto o similar. Las señales del joystick se convierten para representar comandos de par y estos comandos transmitidos se suman a los ya proporcionados por el controlador de retroalimentación tal como se ha descrito anteriormente, y las sumas se pasan al generador de par omni-axial. Como resultado, los comandos de par basados en el joystick reemplazan a los de un operador en la práctica.

15 En una segunda realización ilustrativa a control remoto de la invención, el joystick pasivo mencionado anteriormente o similar se reemplaza por un dispositivo de entrada denominado "retroalimentación de fuerza" o "retroalimentación háptica". En realizaciones ilustrativas de la invención, el dispositivo se acciona de manera reflexiva a través de ángulos de orientación reales de la cámara proporcionados a través de la retroalimentación del algoritmo de horizonte artificial. Un operador remoto ahora tiene a mano una superficie de control con la cual orientar la cámara remota montada en la plataforma de una manera que puede parecerse mucho a la de un operador práctico de realizaciones ilustrativas del estabilizador de la invención.

20 El controlador de retroalimentación descrito 3 proporciona señales de par 'complementarias', una para cada eje que se controla a través del sub-módulo esencial final:

4: Generador de par omni-axial:

25 El subconjunto del generador de par omni-axial está acoplado al cardán omni-axial del 'trineo' del conjunto estabilizador 1, y responde a las señales de 'par complementario' proporcionadas por el controlador de realimentación algorítmico 3.

30 El generador de par omni-axial está acoplado entre el lado soportado del cardán y el lado de la carga útil. Éste combina pares de orientación, a través del cardán, entre el "trineo" más la carga útil de la cámara soportada y el lado de soporte en paralelo con los del operador.

35 Este subconjunto puede emplear varios procedimientos y componentes, pero los pares resultantes son preferiblemente controlables con precisión y uniformes a pesar de cualquier posición angular del cardán. Los generadores de par candidatos incluyen motores de CC de imanes permanentes convencionales accionados por amplificadores de potencia de corriente constante y 'actuadores de bobina móvil' que pueden ser motores de CC de imanes permanentes de bobina simple que giran menos de una vuelta completa.

40 En una realización de ejemplo de la invención, un generador de par motor o motor seleccionado está acoplado a cada junta giratoria del cardán de modo que pueden acoplarse pares entre el lado fijo de esa junta y su lado giratorio. Los motores pueden estar dispuestos de modo que su peso no desequilibre el equilibrio neutral del conjunto y la posición del cuerpo del motor no interfiera con el acceso del operador a la empuñadura/guía de control.

45 Dado que el controlador de retroalimentación 3 desarrolla pares correctores complementarios referidos a los ejes primarios de la carga útil de la cámara (desplazamiento, inclinación, y balanceo), el generador de par omni-axial debe tener esto en cuenta. Algunas disposiciones de cardán tienen ejes de rotación que no necesariamente están alineados con los de la cámara. Sólo el eje de desplazamiento del cardán de esta disposición está alineado con el eje de desplazamiento de la cámara. Los otros dos ejes del cardán están alineados, en cambio, con el centro de equilibrio de la cámara y todas sus masas de contrapeso.

50 Una primera junta giratoria está acoplada al soporte del operador, una segunda junta giratoria, cuyo eje es perpendicular al de la primera junta, está acoplada al lado giratorio de la primera junta y finalmente el lado giratorio de la segunda junta giratoria está acoplado al lado fijo de la junta del eje de desplazamiento, cuyo eje es sustancialmente perpendicular al eje de la primera y la segunda junta, con la carga útil de la cámara acoplada al lado giratorio de la junta de desplazamiento. A medida que la cámara se desplaza, sus ejes de balanceo e inclinación giran respecto al eje de la primera articulación y la segunda articulación.

60 Por lo tanto, los pares correctores complementarios producidos por el controlador de retroalimentación 3 deben girar los pares alineados con los ejes de balanceo e inclinación de la carga útil de la cámara 110 y, en su lugar, alinearlos con el eje real de la primera junta y la segunda junta. Esto se consigue mediante el controlador de retroalimentación 3, siempre que reciba el ángulo actual de la junta de desplazamiento a través de una señal generada por un sensor de ángulo acoplado.

Para la realización de mano ilustrativa de la invención, se invierte el orden de las articulaciones del eje como se realiza convencionalmente. Haciendo referencia a la figura 2, el lado fijo de un generador de par del eje de balanceo 410 está acoplado a la plataforma 120 con su eje sustancialmente paralelo al eje de balanceo de la cámara. El conjunto de bobina del rotor 411 está acoplado a la guía de balanceo/inclinación 140, acoplado al conjunto de bobina del rotor de inclinación 421 de la junta giratoria de inclinación, que tiene un eje sustancialmente perpendicular al de la junta de balanceo. Finalmente, el lado fijo del generador de par del eje de inclinación 420 está acoplado al lado giratorio del eje de salida del generador de par de desplazamiento 431, cuyo eje es sustancialmente perpendicular a los de las juntas de balanceo e inclinación, la junta giratoria de desplazamiento incrustada en un generador de par de eje de desplazamiento que también sirve de empuñadura 430 que se lleva en la mano del operador.

En este aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención, los ejes pueden estar lo suficientemente bien alineados con los de la cámara que el controlador de retroalimentación 3 siempre que puedan aplicarse pares complementarios correctores de giro, inclinación, y desplazamiento directamente a través de generadores de par 4 acoplados a juntas giratorias correspondientes del cardán sin necesidad de detección de ángulo de articulación giratoria.

En una de dichas realizaciones de mano ilustrativas, haciendo referencia ahora a las figuras 1 y 2, el generador de par omni-axial 4 está implementado para los ejes de balanceo e inclinación del cardán utilizando motores de bobina móvil para generadores de pares de eje de desplazamiento e inclinación 410, 420 con el estator, rotor de cada motor correspondiente a los lados fijos y giratorios de las juntas de los ejes de balanceo e inclinación. Finalmente, el generador de par del eje de desplazamiento 430 se implementa con un motor de CC estándar incorporado en el interior de la empuñadura que lleva el operador en la mano que contiene el generador de par de eje de desplazamiento 430, el par de desplazamiento que pasa entre la empuñadura y la junta giratoria de inclinación conectada acoplado al resto de la estructura del equipo.

Para comprender mejor la disposición del cardán de los ejes de balanceo e inclinación para el aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención, se hace referencia a la figura 6 que muestra una vista en despiece. Tal como se muestra, el eje de balanceo emplea un motor rotativo de bobina móvil como generador de par del eje de balanceo 410 con su lado fijo o estator acoplado de manera fija al lado de la cámara de la estructura física, y su conjunto de bobina de rotor 411 acoplado a la placa de ángulo recto 140b. Dentro del conjunto de bobina del rotor 411 se muestra un rodamiento radial 411 a cuyo lado interno está sujeto a la placa 410a con un tornillo al estator del generador de par del eje de balanceo 410 tal como se muestra. El lado exterior del rodamiento 411a dentro del conjunto de bobina del rotor 411 está acoplado de manera fija al conjunto combinado 411, 140b, 421. El eje central del rodamiento 411a dentro del conjunto de bobina del rotor 411 coincide de manera nominal o precisa con el eje de balanceo del cardán.

De manera similar, el eje de inclinación emplea un motor de bobina móvil como generador de par del eje de inclinación con su lado del estator acoplado de manera fija al conjunto de empuñadura de par de desplazamiento que contiene el eje de salida del generador de par de desplazamiento 431 del generador de par del eje de desplazamiento 430 a través del bloque de acoplamiento 431a. El conjunto de bobina del rotor de inclinación 421 está acoplado de manera fija a la placa de ángulo recto 140b. Dentro del conjunto de la bobina del rotor de inclinación 421 se muestra un rodamiento radial estándar 421a cuyo lado interno está sujeto a la placa 420a con un tornillo al lado del estator del generador de eje de inclinación 420 tal como se muestra. El lado exterior del rodamiento 421a dentro del conjunto de bobina del rotor de inclinación 421 está acoplado de manera fija al conjunto combinado 411, 140b, 421.

El eje central del lado exterior del rodamiento radial estándar 421a dentro del conjunto de bobina del rotor de inclinación 421 coincide sustancialmente con el eje de inclinación del cardán.

A través de la configuración de la placa de ángulo recto 140b, los ejes de balanceo e inclinación y los de sus respectivos rodamientos 411a, 421a se cruzan en el centro de gravedad del equipo físico o cerca del mismo. Además, el eje de desplazamiento coincide preferiblemente con el eje central del eje de salida de la empuñadura de par de desplazamiento 431 con el eje que pasa de manera nominal o precisa a través de la intersección de los ejes de balanceo e inclinación. Un contrapeso 431b equilibra sustancialmente el peso de los conjuntos 421, 420 de modo que su centro de gravedad común coincide sustancialmente con el eje de 431, permitiendo que el centro de gravedad del conjunto de componentes equilibrados coincida sustancialmente con la intersección de los ejes del cardán.

La superficie de control del operador 140a está acoplada a la placa de ángulo recto 140b. La superficie de control 140a es, por ejemplo, una esfera parcial texturizada con su centro sustancialmente coincidente con la intersección de los ejes de balanceo, inclinación, desplazamiento y el centro de gravedad del equipo físico 1. Otros tipos de interfaces de control del operador se encuentran dentro del alcance de la invención. También pueden implementarse varios tipos de cardanes y otros dispositivos que permitan grados de libertad análogos o comparables con procedimientos y conjuntos de las realizaciones de la descripción.

Un operador puede aplicar pares de dirección de desplazamiento e inclinación a la esfera texturizada para orientar la carga útil de la cámara soportada. Tal como está configurada, la superficie de control 140a de esta realización

ilustrativa de mano sólo permite la orientación del operador en las direcciones de desplazamiento e inclinación, ya que el eje de balanceo se mantiene automáticamente nivelado por el algoritmo del eje de balanceo 320.

5 Para la realización ilustrativa de mano, tal como se ha descrito anteriormente, el generador de par de eje de desplazamiento 430 se implementa dentro de la empuñadura que lleva el operador empleando, por ejemplo, un motor de CC de imanes permanentes común (PMDC). Empleando el motor PMDC tal como se muestra en la disposición de la figura 7, puede conseguirse un giro sustancialmente ilimitado de una junta giratoria de desplazamiento dentro de una empuñadura que lleva el operador, lo que probablemente permite al operador 'moverse' alrededor del estabilizador para adoptar una posición de funcionamiento óptima sin necesidad de volver a agarrar la empuñadura a medida que el estabilizador continúa apuntando en una dirección angular particular deseada.

15 Con referencia ahora a la figura 7: El cuerpo del estator de un motor PMDC estándar 430c u otro motor adecuado, está acoplado de manera fija al eje de salida del generador de par de desplazamiento 431, el eje puede ser hueco tal como se muestra. Unos cables de alimentación 430g, 430h para el motor 430c entran en el eje 431 y salen del eje, tal como se muestra, para conectar alimentación al motor 430c. Una tapa extrema superior 430b con un rodamiento radial estándar incorporado 430a gira libremente alrededor del eje 431 mientras se acopla de manera fija al extremo superior de la carcasa de la empuñadura 430e. Finalmente, una tapa extrema inferior 430f se acopla de manera fija a la carcasa de la empuñadura 430e, mientras que el eje de salida del motor 430c 430d pasa a través de un orificio central en la tapa extrema inferior del orificio central 430f y se acopla de manera fija al mismo.

20 Por lo tanto, la empuñadura del mango 430e que, en la mano el operador, puede girar alrededor del eje de salida del eje de desplazamiento 431 sin torcer los cables de alimentación del motor 430c 430g, 430h.

25 Otras realizaciones ilustrativas de la invención proporcionan medios alternativos o adicionales para tratar la gran pesadez del fondo de un aparato de equilibrado. Mantener el "nivel" (la correspondencia real del eje de 'balanceo' del trineo con el horizonte local) y el 'espacio libre' (el ángulo de inclinación necesario para mantener el disparo deseado), son dos tareas que un operador generalmente desea lograr. Ambas tareas son asistidas convencionalmente operando con la posición del cardán ajustada para que quede centrada ligeramente por encima del centro de equilibrio de todo el trineo. En ausencia de aceleraciones laterales significativas, esto resulta en una leve pesadez del fondo. La pesadez en el fondo generalmente causa pendularidad durante aceleraciones laterales, como comenzar, detenerse o tomar curvas; y cualquier cambio posterior deseado desde ese ángulo de inclinación nominal es difícil de mantener de manera consistente.

35 Sin embargo, las retroalimentaciones de inclinación y balanceo de esta pesadez del fondo electiva a menudo se consideran tan esenciales que los operadores aprenden a aplicar contrapresiones angulares momentáneas necesarias para neutralizar la pendularidad. Esto normalmente requiere una habilidad significativa. Las realizaciones ilustrativas de la invención proporcionan un medio alternativo para abordar este fenómeno.

40 Una realización ilustrativa adicional de la invención proporciona un reemplazo de 'cardán motorizado' para conjuntos de cardán de aparatos estabilizadores convencionales, empleando los procedimientos y hardware de detección angular sustancialmente a prueba de aceleración tal como se describe aquí en otras realizaciones ilustrativas, junto con un nuevo medio para aplicar pares de ayuda apropiados para al menos dos ejes cardán/horquilla, a pesar del hecho de que es probable que los ángulos estén desvinculados de manera persistente y diversa de los ejes de trineo fijos de 'balanceo' e 'inclinación'.

45 Las realizaciones ilustrativas señaladas anteriormente tienen ejes de par sustancialmente fijos aplicados, a diferencia de las horquillas de cardán de aparatos estabilizadores tradicionales, que se colocan momentáneamente en cualquier lugar alrededor del eje del poste central del trineo, de acuerdo con las demandas del disparo, y cualquier asistencia de 'par' aplicada a estos los ejes cardán deben tener en cuenta proporcionalmente estas orientaciones angulares discretamente variables para una corrección útil. La realización ilustrativa adicional de la invención, cuyos diversos aspectos pueden utilizarse con otros elementos ilustrativos, añade, por lo tanto, un contador óptico, digital o analógico alrededor del eje de desplazamiento horizontal del trineo que sigue la posición momentánea de una horquilla de cardán de un aparato estabilizador convencional, incluso mientras el operador mueve su cuerpo y, por lo tanto, la horquilla, alrededor del equipo, desde un lado hacia adelante y atrás, mientras obtiene sus disparos. Este contador de eje de desplazamiento, junto con un nuevo algoritmo asociado, rastrea por lo tanto la proporción entre la suma y la direccionalidad angular de los pares de cardán, ya que sus relaciones momentáneas varían respecto a los ejes de 'balanceo' e 'inclinación' del trineo real.

60 Los algoritmos de hardware y software del contador de esta realización ilustrativa de la invención rastrean esta relación angular para potenciar y vectorizar adecuadamente la salida de generadores de par que funcionan, respectivamente, alrededor del eje que está representado por los rodamientos de muñón de horquilla convencionales ("inclinación") en los diagramas y el eje perpendicular de la propia horquilla ("balanceo") tal como el eje del rodamiento. Esto permite que equilibrar neutralmente el trineo y, por lo tanto, que no sea pendular, y aún así proporcione asistencia directa de

par neto para mantener el nivel del trineo y, además, mantener el 'espacio libre' deseado al accionar continuamente el ángulo del eje de 'inclinación'.

5 La figura 9, que se describirá con más detalle a continuación, muestra el porcentaje relativo y la dirección del par requerido para los motores de muñón ("inclinación") frente a los motores de horquilla ("balanceo") para influir continuamente en el eje de balanceo hacia la derecha a medida que la horquilla se mueve 360° alrededor del rodamiento de desplazamiento. Hay que tener en cuenta las flechas centrales que indican la dirección 'hacia adelante' para cada iteración.

10 La asignación porcentual de los pares a los generadores es una rotación del vector de par. Queremos rotar un vector de par de balanceo e inclinación referenciado a la cámara (u otra carga útil que se esté equilibrando) tal como lo producen los algoritmos respecto a un nuevo vector de par de balanceo e inclinación alineado con los generadores de par de cardán reales, que están acoplados y alineados con el lado del operador del equipo. La rotación del vector de par está relacionada directamente con el ángulo de giro.

15 La ecuación estándar para rotar un vector bidimensional (2D), tal como se representa en la figura 8, es:

$$X' = X * \cos \theta - Y * \sin \theta$$

$$Y' = X * \sin \theta + Y * \cos \theta$$

20 donde X, Y son señales de par complementarias deseadas del algoritmo que se aplicará ejes de balanceo e inclinación alineados de carga útil, respectivamente. X', Y' son pares de par reales que generarán los motores de "balanceo" e "inclinación" del cardán, respectivamente, acoplados a los ejes del cardán de balanceo, inclinación del lado del operador, respectivamente. θ es una parte angular de una medida de 360 grados de la rotación del rodamiento de desplazamiento y es cero cuando el eje de "balanceo" del cardán se alinea con el eje de balanceo de la carga útil y el eje de "inclinación" del cardán se alinea con la "inclinación" de la carga útil.

25 El grado de rotación de los rodamientos puede detectarse mediante cualquier procedimiento conocido compatible con el aparato y su uso. Los ejemplos incluyen: potenciómetro lineal estándar, potenciómetro seno coseno, resolvidor angular (detección de ángulo magnético utilizando bobinas de rotor y estator) y codificador óptico, tanto de tipo relativo, para el cual típicamente se requiere un restablecimiento angular, como de tipo absoluto, que envía una señal de ángulo sin requerirse ningún medio de restablecimiento.

30 Volviendo a la figura 8, se describirá el cálculo de los pares reales que generan los motores de balanceo e inclinación. El bloque 502 indica el valor de par de inclinación de carga útil complementario "Y" y el bloque 504 indica el valor de balanceo de carga útil complementario "X". El bloque 506 proporciona el ángulo del eje de desplazamiento θ . Las etapas 508 y 510 muestran coseno θ y seno θ , respectivamente. El valor del par de inclinación de la carga útil "Y" se multiplica por cos θ en la etapa 512. En la etapa 514, el valor del par de giro de la carga útil "X" se multiplica por sen θ . Los resultados generados en las etapas 512 y 514 se suman en la etapa 516 para obtener el par real Y' que generará el motor de inclinación del cardán tal como se proporciona en el bloque 518.

35 El par real que se genera mediante el motor del balanceo del cardán se representa en el bloque 520 y se obtiene mediante las siguientes etapas: El par de inclinación de carga útil complementario "Y" del bloque 502 se multiplica por sen θ en la etapa 522. El par de balanceo de carga útil complementario "X" se multiplica por cos θ en la etapa 524. En la etapa 526, el resultado de la etapa 522 se resta del resultado generado en la etapa 524 para obtener el par real "X" en el bloque 520.

40 Si se introduce 0, 90°, 180°, 270° para θ en las ecuaciones anteriores, se obtendrán los factores de mezcla que se muestran en las figuras 9A, 9C, 9E y 9G, respectivamente. La figura 9A representa los valores del factor de mezcla cuando los ejes de inclinación y balanceo del cardán están alineados con los ejes de balanceo e inclinación de la carga útil, +100% para el eje de balanceo y cero para el eje de inclinación. $\theta = 0$ en esta configuración, por lo que no se necesita ningún ajuste. La figura 9c representa una configuración donde $\theta = 90^\circ$, que corresponde a factores de cero para el eje de balanceo y -100% para el eje de inclinación. La figura 9E representa la configuración cuando $\theta = 180^\circ$, donde los factores son cero para el eje de inclinación y -100% para el eje de balanceo. En $\theta=270^\circ$, el factor de inclinación es +100% y el factor de balanceo es cero tal como se muestra en la figura 9G. En las figuras 9D, 9F y 9H se representan incrementos adicionales de 90° desde los 45° iniciales, donde los factores de mezcla en la figura 9D ($\theta = 135^\circ$) son -70,7% para los ejes tanto de balanceo como de inclinación; la mezcla de factores en la figura 9F ($\theta=225^\circ$) son +70,7% para el eje de inclinación y -70,7% para el eje de balanceo; y los factores para los ejes tanto de inclinación como de balanceo en la figura 9H ($\theta = 315^\circ$) son +70,7%. En 45° se obtiene +70,7% para el eje de balanceo, y -70,7% para el eje de inclinación, tal como se representa en la figura 9B. Esto tiene sentido ya que a 45° los motores de par tienen menos ventaja mecánica y cada uno necesita más par para lograr el par final solicitado por el algoritmo referido a los ejes de carga útil, ahora girado 45° fuera de los ejes del generador de par.

Dado que los pares de cardán se aplican separados 90°, no son aditivos, sino que obedecen, en cambio, a una ecuación de suma vectorial:

$$T_{total} = \sqrt{T_{roll}^2 + T_{tilt}^2}$$

donde:

$$1 = \sqrt{0,707^2 + 0,707^2}$$

Utilizando los distintos cálculos y aparatos descritos anteriormente, el eje de inclinación puede prestablecerse para un 'espacio libre' deseado, así como se prestablece automáticamente el eje de balanceo para buscar el nivel.

La figura 10 representa un aparato 600 para estabilizar una carga útil de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención en el que pueden aplicarse los procedimientos descritos aquí. Una empuñadura 602 aloja un motor de desplazamiento 604, que puede apreciarse en la vista de transparencia de la figura 11 de un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención. El motor de desplazamiento 604 genera un movimiento angular de una base 610 alrededor de un eje de desplazamiento 612. Un motor de inclinación 606 genera un movimiento angular alrededor de un eje de inclinación 608 para inclinar la base 610 respecto al eje longitudinal de la empuñadura 602. Un motor de balanceo 614 gira una estructura de balanceo 616 alrededor de un eje de balanceo 618. La estructura de balanceo 616 puede estar contorneada para rodar en un espacio complementario, como en una estructura exterior o por debajo de la base 610. Los ejes de desplazamiento, inclinación y giro 612, 608, 618, respectivamente, convergen generalmente en un mango 620 o aproximadamente en el centro de gravedad del aparato 600, o cerca del mismo, cuando contiene una carga útil colocada en la base 610.

El mango 620 proporciona una superficie de control del operador para permitir a un usuario controlar el movimiento de desplazamiento, balanceo e inclinación con la presión del dedo. Preferiblemente, este control manual puede superar la fuerza de uno o más de los motores. Cuando un usuario libera presión sobre el mango 620, los motores mantendrán la posición utilizando algoritmos tal como se ha descrito aquí. El mango 620 puede diseñarse para flotar "independientemente" y permanecer referenciado a la base 610 o rodar con la empuñadura 602.

Tal como se muestra en el aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención representado en la figura 12, la estructura de balanceo 616 está acoplada de manera fija a unos casquillos 628, 630. Los casquillos 628, 630 son giratorios alrededor del eje de inclinación 608. El soporte 626 se extiende entre los casquillos 628, 630 y está acoplado de manera fija al eje 662 de un motor de desplazamiento dentro de la empuñadura 602 de manera que el soporte 626 es giratorio alrededor del eje de desplazamiento 612, que está identificado en la figura 11.

Tal como se muestra en la figura 10, hay suficiente espacio libre en las zonas 622, 624 para facilitar el uso del mango 620, es decir, para proporcionar espacio para que los dedos de un usuario manipulen el mango 620 para crear movimiento alrededor de uno o más de los ejes 608 612, 618.

La figura 13 representa componentes del mecanismo de inclinación con partes del aparato 600 eliminadas para una mejor visibilidad. La figura 15 presenta componentes adicionales del mecanismo de inclinación; sin embargo, las partes seleccionadas tampoco están incluidas para facilitar la comprensión. El soporte 626 está acoplado de manera giratoria a una unión de tirante 634 en un extremo del soporte 626 opuesto a la empuñadura 602. La unión de tirante 634 gira alrededor de un eje 636 a través de un pivote 638. Una carcasa de campana 640 está acoplada de manera giratoria a la unión de tirante 634 en el pivote 642, que es en un extremo de la unión de tirante 634 opuesto al soporte 626. La carcasa de campana 640 está conectada, además, al eje del motor de inclinación 606, de modo que al girar el eje del motor de inclinación 606, también lo hace la carcasa de campana 640 respecto a la unión de tirante 634 en el pivote 642, alrededor del eje 644 y, a su vez, la unión de tirante 634 gira en el pivote 638 alrededor del eje 636, y finalmente, el soporte 626 gira alrededor del eje 608. El cuerpo del motor de inclinación 606 está acoplado a la estructura de balanceo 616. Tal como puede apreciarse en la figura 12, el eje 608 se dispone través de los casquillos 628, 630, que están atornillados a la estructura de balanceo 616 y, por lo tanto, cuando el motor de inclinación 606 hace girar la carcasa la campana 640, el eje del motor de desplazamiento 662 gira respecto al eje 608. Pueden utilizarse otros mecanismos o componentes para el mismo fin que la carcasa de campana 640, tal como una unión adicional, que estaría conectada entre el eje del motor de inclinación y la unión de tirante 634. Volviendo a la figura 12, el mango 620 se muestra atornillado a los salientes 628, 630. Los salientes 628, 630 están atornillados a la estructura de balanceo 616, de modo que el mango 620 permanece referenciado a la estructura de balanceo 616 y rueda con la empuñadura 602.

Tal como se muestra en las figuras 12 y 14 de acuerdo con aspectos ilustrativos no reivindicados de la invención, en la ranura 648 de la estructura de balanceo 616 se dispone un pasador 646. El pasador 646 está acoplado de manera fija a una estructura exterior. A medida que gira la estructura 616, la posición del pasador 646 varía dentro de la ranura 648. El avance relativo del pasador 646 está limitado por los extremos de la ranura. Esto sirve de tope para limitar el giro de la estructura de balanceo 616. Si se desea que el mango 620 flote independientemente y permanezca referenciado a la base 610, el mango 620 puede sujetarse de manera fija al pasador 646.

La estructura exterior 650 está conectada a la base 610 y, directamente o bien a través de la base 610, a una viga 652. La viga 652 está articulada a una segunda viga 654 en una articulación 656 para permitir plegar el aparato. Una batería 660 u otro componente asociado a una carga útil se encuentra en el extremo de la viga 654 o hacia el mismo. Puede utilizarse un peso 658 para equilibrar el aparato 600 con una carga útil en su lugar en la base 610. El peso 658 puede ser regulable, por ejemplo, añadiendo o eliminando partes del peso, o mediante avance del peso a lo largo de un eje roscado. El peso 658 puede colocarse directamente debajo de la intersección de los ejes 608, 618, 612 y paralela a la superficie del soporte de la cámara en la base 610. Haciendo esto, ajuste el peso 658 verticalmente hacia la superficie de soporte la cámara en la base 610, o alejándose de la misma, no debe influir en el equilibrio general del dispositivo 600 en el eje de balanceo o inclinación.

Ventajosamente, pueden utilizarse motores con escobillas con realizaciones ilustrativas del aparato. Los motores con escobillas con relaciones de transmisión pequeñas pueden ser particularmente adecuados para su uso con el aparato. Relaciones ilustrativas incluyen 4:1 o 10:1. Relaciones de transmisión pequeñas permiten que el motor retroceda con relativa facilidad mediante la aplicación de presión al mango 620. La inercia aumentada artificialmente proporcionada por algoritmos descritos aquí permite el uso de motores con escobillas. Los motores sin escobillas generalmente producen mucho más par para su tamaño que los motores con escobillas del mismo tamaño. Los motores sin escobillas generalmente sufren de par magnético, que es un par no deseado que atraviesa el eje del motor a medida que gira, incluso cuando no tiene alimentación. Un ancho de banda de bucle muy alto y un tiempo de respuesta rápido pueden superar este par, pero la carga útil se mantiene muy rígida por el sistema de retroalimentación y, en consecuencia, no puede guiarse por contacto directo a un mango como en las realizaciones ilustrativas de la invención. Se observa que, en algunas realizaciones ilustrativas del aparato, pueden utilizarse motores sin escobillas.

La figura 16 representa otra configuración de un aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente 700 de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado del aparato de la invención. El aparato de soporte 700 tiene un mango 702 que presenta una primera sección de agarre 704 que se extiende desde el fondo de una segunda sección 706. La segunda sección de agarre 706 tiene un diámetro mayor que la primera sección de agarre 704. La primera y segunda sección de agarre 704, 706 son substancialmente cilíndricas en esta realización ilustrativa. La superficie exterior de la primera sección de agarre 704 es sustancialmente lineal a lo largo de su longitud a diferencia del mango 620 mostrado en la figura 12, por ejemplo, que es curvo. La primera sección de agarre 704 puede tener un diámetro uniforme en toda ella, o puede formar un ángulo de diversos grados en una configuración troncocónica.

Tal como se muestra en las figuras 16 y 24, la segunda sección de agarre 706 presenta unas ranuras 708, 710, que alojan a la estructura de balanceo 712 cuando la estructura de balanceo 712 gira a través de su avance. El motor de balanceo 714 está conectado funcionalmente a la estructura de balanceo 712 para aplicar un movimiento de giro a la estructura de balanceo 712. La figura 19 muestra la estructura de balanceo 712 en una posición horizontal. La figura 16 muestra la estructura de balanceo 712 en un extremo de su avance, de modo que queda dispuesta en la ranura 708.

Las ranuras 708, 710 son ranuras substancialmente arqueadas en el mango 702, tal como se muestra en la figura 16, por ejemplo. El mango 702 puede utilizarse en sistemas de soporte activamente estabilizados tal como se muestra en las figuras 10-15, por ejemplo. La configuración de mango ranurado probablemente será más rígida que la versión en voladizo.

Un límite superior ilustrativo del rango de avance angular para el aparato de soporte de carga útil 600 es entre aproximadamente $\pm 30^\circ$ y aproximadamente $\pm 35^\circ$. Un límite superior ilustrativo del rango de avance angular para el aparato de soporte de carga útil 700 es de entre aproximadamente $\pm 40^\circ$ y aproximadamente $\pm 45^\circ$. Dependiendo de las especificaciones de varias partes, tales como el diámetro del mango y la longitud del eje 724 del motor de desplazamiento situado en la empuñadura 726, el avance de las estructuras de balanceo 616 y 712 puede variar.

La figura 17 representa una parte de un sistema de soporte de carga útil estabilizado activamente con el mango 702 mostrado de modo transparente, mostrando de este modo diversos componentes de los mecanismos de desplazamiento, inclinación y balanceo y un mecanismo de sujeción ilustrativo para sujetar el mango 702 a la base 718.

Se muestran unos pernos 720, 722 que sujetan el mango 702 a la base 718. Pueden emplearse pernos adicionales u otros mecanismos de fijación. El mango 702 está referenciado así a la base 718 y se mueve independientemente de

la estructura de balanceo 712. Se trata de una diferencia significativa respecto al mango 620 mostrado en las figuras 10-15, el cual está referenciado a la estructura de balanceo 616.

5 Se dan ahora unas dimensiones de un mango de ejemplo 702. Un diámetro externo ilustrativo de la primera sección de agarre 704 es de 1,25 pulgadas, y un rango de diámetro externo ilustrativo es de entre aproximadamente 1,2 pulgadas y aproximadamente 1,3 pulgadas. Una longitud ilustrativa de la primera sección de agarre 704, medida desde la abertura de la primera sección de agarre 704 hasta la superficie de contacto con la segunda sección de agarre 706, es de entre aproximadamente 0,40 pulgadas y aproximadamente 0,45 pulgadas. El tamaño de la carga útil será un factor que determinará las dimensiones óptimas de varias partes del aparato de soporte de carga útil. La relación de los componentes también tendrá un efecto en las dimensiones de las partes y el rango de movimiento. Por ejemplo, las posiciones de la parte inferior del mango 702, la parte superior de la empuñadura 726 y la posición relativa del eje de inclinación 730, que están relacionados con la longitud del eje de desplazamiento 724, tendrán un efecto en el avance de inclinación máximo.

15 La figura 16 muestra la empuñadura 726 inclinada respecto al mango 702. En la figura 16, una inclinación adicional está limitada por el contacto entre la empuñadura 726 y el mango 702. La posición del motor de inclinación 732 y el motor de balanceo 714 puede desviarse de la que se muestra en las figuras. Pueden desearse posiciones alternativas para evitar interferencias con otros componentes del aparato de soporte o para equilibrar mejor el sistema.

20 La figura 18 es una sección transversal de una parte del aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente 700 de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención. En la figura 18, la estructura de balanceo 712 se encuentra en una posición no horizontal. El motor de inclinación 732 está acoplado a la estructura de balanceo 712, de modo que rueda con él. El mango 702 está referenciado a la base 718, por lo que no rueda con la estructura de balanceo 712. El soporte 734 está dispuesto entre unos casquillos 736, 738, que están acoplados a la estructura de balanceo 712. El soporte 734 está acoplado, además, al eje de desplazamiento 724.

30 La figura 20 representa una vista orientada hacia arriba a través del fondo del mango 702 de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención. La empuñadura 726 está dispuesto formando un ángulo en esta vista, pero se extiende directamente por debajo del mango 702 en un modo sin formar un ángulo. Unas ranuras 710, 742 dan cabida a la estructura de balanceo 712 a medida que rueda en una primera dirección alejándose de la posición horizontal, y la ranura 708 y una ranura opuesta a la ranura 742 (no mostrada) dan cabida a la estructura de balanceo 712 mientras rueda en sentido contrario alejándose de la posición horizontal. En la figura 20 son más visibles los casquillos 736, 738 y el soporte 734 dispuesto entre los casquillos.

35 La figura 19 representa un mango con bordes ondulados 744 que tiene una sección de agarre de menor diámetro 746 y una sección de agarre de mayor diámetro 748 de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención. Dos partes opuestas 750, 752 de la sección de agarre de mayor diámetro 748, junto con una parte intercalada y extendida de menor diámetro 754, y una parte extendida opuesta, forman ranuras en las que puede girar la estructura de balanceo 712. La sección de agarre de menor diámetro 746 no se apila con la sección de agarre de mayor diámetro de la misma manera que los mangos 620 y 702, es decir, con todos los puntos de una superficie de contacto en el mismo plano. En cambio, las partes de la sección de agarre de menor diámetro 746 se extienden hasta niveles en los que está presente la sección de agarre de mayor diámetro 748, tal como la parte 754 de la sección de agarre de menor diámetro 746. Existe una segunda parte de agarre de menor diámetro opuesta a la parte de agarre 754 (pero no es visible), y también se extiende a un nivel en común con partes de la parte de agarre de mayor diámetro 748. Las partes de agarre de menor diámetro que se extienden a los niveles de la sección de agarre de mayor diámetro 748 proporcionan un área de superficie de agarre adicional para que la utilice un operador cuando controla el aparato. Esto puede compensar la reducida área de superficie resultante de la reducción de material en el borde inferior del mango 744 para formar un borde ondulado 756. En una realización ilustrativa de la invención, el diámetro de la sección de agarre de menor diámetro 754 es de aproximadamente 1,3 pulgadas, con un rango ilustrativo de entre aproximadamente 1,25 pulgadas y aproximadamente 1,35 pulgadas. Un diámetro ilustrativo del eje de desplazamiento 760 es de aproximadamente 0,25 pulgadas.

55 Las figuras 20 - 21 muestran la función del borde ondulado 756 del mango 744. La figura 20 y 21 muestran la empuñadura 726 inclinado hacia el mango 744. La figura 21 muestra el punto en el que el eje de desplazamiento 760 se encuentra con el mango 744. Una muesca 758 en el borde ondulado 756 proporciona espacio para alojar el eje de desplazamiento 760 cuando se inclina hacia arriba hacia el mango 744. Tres muescas adicionales separadas uniformemente alrededor del borde ondulado 756 permiten que el eje de desplazamiento 760 se incline en un ángulo mayor que si no hubiera muescas presentes. Las muescas son recortes en el borde ondulado 756 del mango 744. Pueden utilizarse otros números, configuraciones y distribuciones de los recortes, siempre que permitan lograr la función y el alcance deseados para alojar el eje de balanceo 760.

60 La figura 20 muestra una vista de la junta universal 798 que proporciona ejes de rotación perpendiculares, uno alrededor del eje de balanceo 731 y otro alrededor el eje de inclinación 730. A medida que el eje de desplazamiento

760 se inclina alrededor el eje de inclinación 730, y la base 718 rueda sobre el eje de balanceo 731, las cuatro muescas 758, 764, 766, 768 de la parte inferior del borde ondulado 756 proporcionan espacio para que el eje de desplazamiento 760 se extienda hacia el mango 744 para aumentar el grado de inclinación posible en comparación con el límite de inclinación de un mango de bordes rectos. El centro de las muescas 758, 764, 766, 768 queda situado en el ángulo del punto medio (es decir, 45°) de cada cuadrante formado por los dos ejes de la junta universal 798, el eje de inclinación 730 y el eje de balanceo 731. Este punto medio representa la avance producido cuando se aplican ambas articulaciones por igual, maximizando, de este modo, el ángulo de la empuñadura 726 desde la vertical.

La figura 21 muestra las siguientes características del mango 744 que se describieron anteriormente: muescas 758, 764, 766, 768; parte de agarre de mayor diámetro 752; parte de agarre de menor diámetro 754; y borde ondulado 756.

Las figuras 22-24 representan un aparato de soporte de carga útil activamente estabilizado de acuerdo con otro aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención. La figura 22 muestra una parte del aparato con el mango 778 mostrado de modo transparente para exponer los componentes del cardán y la conexión del mango 778 a varias partes del aparato. El mango 778 está referenciado a la base 718 al estar acoplado de manera fija con unos pernos 770, 772, en un lado y unos pernos adicionales en el lado opuesto (no mostrado). La sección de agarre de gran diámetro 748 del mango 778, mostrada de modo transparente en la figura 22, y una sección de agarre opuesta tiene un grosor suficiente para dar cabida a los pernos 770, 772 y cualquier perno adicional utilizado para sujetar el mango 778 a la base 718.

Tal como puede apreciarse en la sección transversal de la figura 23, el mango 778 se sujeta adicionalmente al casquillo 782 a través de unos rodamientos 784, 786, proporcionando así un eje de balanceo 788. Un casquillo 782 queda sujeto a la estructura de balanceo 712 mediante unos pernos 790, 792, 794, de los cuales 790 es visible en la figura 22, y un perno adicional no mostrado, aunque pueden utilizarse otros mecanismos o configuraciones de fijación. La figura 27 representa un casquillo ilustrativo 782 que tiene cuatro orificios 791, 793, 795, 797 a través de los cuales se disponen los pernos 790, 792, 794 y un perno adicional. El casquillo 782 también tiene unas aberturas 802, 804, 806, 808 para alojar la junta universal 798, con un eje de rotación que atraviesa las aberturas 802, 804 y un segundo eje, sustancialmente perpendicular, que atraviesa las aberturas 806, 808.

El aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención representado en la figura 23 se diferencia de las configuraciones descritas anteriormente en que la estructura de balanceo 712 termina y queda soportada dentro del mango 778 a través de unos rodamientos 784, 786, colocando el eje de balanceo a través del mango 778. La figura 23 también muestra el eje de desplazamiento 762 y el eje de inclinación 730.

La figura 24 es una sección transversal del aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente de las figuras 22 y 23. Dado que la estructura de balanceo 712 queda sujeta al casquillo 782 que, a su vez, queda sujeto al mango 778, no es necesario que la estructura de balanceo 712 se extienda a ambos lados de la empuñadura 726 para soporte. Tal como puede apreciarse en la figura 24, sólo es necesario que la estructura de balanceo 712 se extienda hacia el motor de balanceo 714. Tal como se aprecia adicionalmente en las figuras 22-24, es el eje de desplazamiento 760 el que queda fijado al mango 778 de modo que el mango 778 presenta un movimiento de desplazamiento producido por un motor de desplazamiento 796 que está contenido en la empuñadura 726.

Las figuras 25 y 26 representan un soporte de carga útil activamente estabilizado de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención en el cual, de manera similar a la realización ilustrativa mostrada en la figura 23, tiene un mango 779 referenciado a la base 718. El mango 779 está sujeto al casquillo 782 a través de un único rodamiento 776. Esto difiere de la realización ilustrativa mostrada en la figura 23 en la que el mango 778 está sujeto al casquillo 782 a través de dos rodamientos 784, 786.

La figura 28 representa una parte de un aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente 800 con un mango 802 presentado de modo transparente para mostrar un mecanismo de engranaje de sector y piñón 804 que produce y controla movimientos de balanceo e inclinación, de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención del aparato que se describe. La figura 29 representa el mecanismo de piñón y engranaje de sector 804. El engranaje de sector de balanceo 806 genera un movimiento de balanceo y el engranaje de sector de inclinación 808 crea movimiento de inclinación. El motor 812 acciona el engranaje de sector de inclinación 808 a través del piñón de inclinación 816. El motor 814 acciona el engranaje de sector de balanceo 806 a través del piñón 818. El mango 802 presenta una sección extendida 810, por ejemplo, para alojar circuitos.

Las figuras 30 y 31 representan una vista en perspectiva y lateral, respectivamente, del soporte de carga útil estabilizado activamente 800 de acuerdo con un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención del aparato que se describe. Un dispositivo de imagen 820 queda sujeto al soporte de carga útil a través de un soporte 822. El soporte 822 es móvil respecto al mango 802, tal como se muestra por las flechas 830 en la figura 31. Tal como se muestra en la figura 32, el movimiento puede ser regulable, por ejemplo, mediante un tornillo 854 y un componente receptor roscado 856, estando controlado el avance del tornillo por un pomo 852. La posición del dispositivo de imagen 820 y

el soporte 822 respecto a la línea central 824 del aparato afecta el equilibrio del sistema. La línea central 824 es una línea vertical virtual que se extiende a través del centro de gravedad del aparato. Típicamente, un usuario querrá que la línea central 824 coincida con la línea central vertical del dispositivo de imagen 820, tanto de adelante hacia atrás como de lado a lado. El aparato y la carga útil asociada se configurarán de modo que la línea central 824 pase a través del eje longitudinal de la empuñadura 834 y el único punto convergente de los ejes de inclinación, balanceo y giro. Sin embargo, el soporte 822 añade peso a un lado del dispositivo de imagen. Esto puede compensarse mediante una serie de componentes distribuidos alrededor del centro de gravedad que afectan todavía más al equilibrio del sistema. La sección de agarre extendida 810, tal como se muestra, compensa el peso opuesto de las vigas 826, 828. En la figura 31 sólo se muestra un conjunto de vigas. Las vigas opuestas 840, 842 están presentes en el aparato tal como se muestra en la figura 30, por ejemplo. La caja de baterías 832 que, en una realización ilustrativa, contiene tres baterías dobles A, puede estar alineada con la línea central 824, o en cualquier lado. La extensión 838 sirve de peso, el cual puede estar fijado permanentemente en una posición específica. Alternativamente, la extensión 838, u otra forma de peso, puede añadirse o quitarse según sea necesario para afectar todavía más al equilibrio deseado del aparato. En una realización ilustrativa, la extensión 838 contrarresta las vigas 826, 828, 840, 842 del aparato de soporte descargado, es decir, sin baterías en la caja de baterías 832 y el dispositivo de imagen 820.

El aparato de soporte 800 puede plegarse para guardarlo, tal como se muestra en la figura 32. Con referencia a las figuras 28, 32 y 33, se muestra una ranura 836 en el mango 802. Cuando la empuñadura 834 del aparato de soporte de carga útil 800 se doblarse hacia arriba, el eje 844 se aloja en la ranura 836. Las vigas 826, 828 se doblan unas hacia las otras y, además, hacia la empuñadura 834. De manera similar, las vigas 840, 842 se doblan unas hacia las otras y, además, hacia la empuñadura 834 de modo que la empuñadura 834 queda entre las vigas 826, 828, 840, 842, tal como se representa, por ejemplo, en la figura 32. Entre los conjuntos de vigas puede incorporarse uno o más travesaños (no mostrados) para servir de tope para la empuñadura 834 al plegar el aparato. Un travesaño se extendería, por ejemplo, entre las vigas 826 y 840.

Tal como se muestra en la figura 33, el engranaje de sector de inclinación 808 se desengrana del piñón de inclinación 816 cuando el aparato está plegado. Las posiciones relativas del engranaje de sector de inclinación 808 y la ranura 836 están diseñadas para asegurar que el engranaje de sector de inclinación 808 se desengrane del piñón de inclinación 816 cuando la empuñadura 834 se dobla hacia arriba.

Tal como se representa en la figura 32 el soporte 822 se dobla hacia las vigas 826, 828, 840, 842 girando alrededor del eje 846. Tal como puede apreciarse, por ejemplo, en la figura 34 el soporte 822 tiene un elemento de sujeción 848 que sujeta el dispositivo de imagen 820 al soporte de carga útil 800 cuando el aparato está desplegado. El elemento de sujeción 848 es accionado por muelle, pero pueden utilizarse mecanismos alternativos para acoplar de firmemente el elemento de sujeción 848 al dispositivo de imagen 820 en la posición deseada. Cuando el soporte 822 se encuentra en posición plegado, el elemento de sujeción 848 queda cerca de la caja de baterías 832. La caja de baterías 832 tiene un componente de acoplamiento del elemento de sujeción para sujetar la caja de baterías 832 en posición cuando el soporte de carga útil está plegado. El componente de acoplamiento del elemento de sujeción puede tener una variedad de configuraciones, siempre que se acople al elemento de sujeción 848 para sujetar el aparato en una posición plegada.

En otra realización ilustrativa de la invención, la empuñadura no se dobla, sino que permanece "vertical" y otros componentes se doblan hacia o quedan "alineados" con la empuñadura.

Las figuras 35-39 representan otro aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención de un aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente 900, que puede incluir componentes de las otras realizaciones ilustrativas mostradas o descritas aquí. La figura 35 es una vista en perspectiva del aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente 900 orientado hacia abajo en un cuerpo de una base 902. La figura 36 es una vista lateral de una realización ilustrativa. La figura 37 es una vista posterior del aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente 900. La figura 38 es una vista en sección transversal según la línea A-A de la figura 37. La figura 39 es una vista en perspectiva en primer plano del mecanismo en el interior del cuerpo de la base 902. La figura 40 es una vista en sección transversal en primer plano del mecanismo en el interior del cuerpo de la base 902.

El aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente 900 incluye un cuerpo de base 902 que tiene un mango 904 acoplado al mismo o solidario de éste. El cuerpo de la base 902 puede configurarse de numerosas maneras, siempre que esté asociado, según sea necesario, a otros componentes del aparato tales como, por ejemplo, sin limitación, unos ejes de rotación 935, 936, y puede configurarse para permitir el soporte de una carga útil sobre el mismo o en combinación con éste. El cuerpo de la base 902 y el mango 904 rodean un engranaje de sector de inclinación 928 y un engranaje de sector de balanceo 942 que aplican un movimiento de balanceo e inclinación a una carga útil soportada o sujeta al aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente 900. Los engranajes de sector 928, 942 están acoplados a la estructura 958 o son solidarios de la misma. La estructura 958 puede presentar varias configuraciones, siempre que permita el giro necesario alrededor de los ejes asociados. Puede considerarse, por ejemplo, como una sección de un aparato de cardán, y puede, por ejemplo, adoptar forma de horquilla de cardán o

reemplazarla. La empuñadura 906 rodea un motor de inclinación 908 y un motor de desplazamiento 910. Los cuerpos del motor de inclinación 908 y el motor de desplazamiento 910 no giran respecto al mango 904.

5 El motor de inclinación 908 está conectado al eje de transmisión del motor de inclinación 924. Un engranaje de transmisión del eje de inclinación 926 está conectado al eje de transmisión del motor de inclinación 924. El engranaje de transmisión del eje de inclinación 926 está engranado operativamente al engranaje de sector de inclinación 928. El engranaje de sector de inclinación 928 está acoplado a la estructura 958 o es solidario de la misma. La estructura 958 está acoplada de manera giratoria al eje de soporte principal 934 en el pivote del eje de inclinación 930, 932 permitiendo que la estructura 958 gire respecto al eje de soporte principal 934 alrededor del eje de inclinación 918. La estructura 958 está acoplada, además, a la base 902, en los ejes de rotación del eje de balanceo 935, 936 u otro mecanismo de acoplamiento adecuado. A medida que gira el engranaje de accionamiento del eje de inclinación 926, gira el engranaje de sector de inclinación 928 y, por lo tanto, la estructura 958 y el cuerpo de la base 902 se inclinan alrededor del eje de inclinación 918 en un plano perpendicular al giro del engranaje de accionamiento del eje de inclinación 926. Una carga útil sujeta al cuerpo de la base 902 también giraría alrededor del eje de inclinación 918.

15 Un motor de balanceo 920 hace girar una carga útil sujeta al aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente 900 alrededor del eje de balanceo 922. El eje del motor de balanceo 938 está conectado al engranaje de accionamiento del eje de balanceo 940. El engranaje de accionamiento del eje de balanceo 940 está engranado operativamente al engranaje de sector de balanceo 942. El engranaje de sector de balanceo 942 está acoplado a la estructura 958 o es solidario de la misma. La estructura 958 está conectada al cuerpo de la base 902 a través de unos componentes giratorios, tales como ejes de rotación del eje de balanceo 935, 936. Por lo tanto, una carga útil acoplada al cuerpo de la base 902 girará alrededor del eje de balanceo 922 cuando el motor de balanceo 920 aplique un movimiento angular al engranaje de accionamiento del eje de balanceo 940 y, por lo tanto, al engranaje de sector de balanceo 942.

20 Los ejes de desplazamiento, inclinación y balanceo 916, 918, 922, respectivamente, convergen generalmente en un mango 904 o aproximadamente en el centro de gravedad del aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente 900, o cerca del mismo, cuando contiene una carga útil situada en una base soportada por el cuerpo de la base 902, u otra estructura de base.

25 El motor de inclinación 908 está acoplado a un motor de desplazamiento 910 mediante un acoplador de motor concéntrico 912. El eje del motor de desplazamiento 914 está conectado a tierra a la empuñadura 906. Unos rodamientos 946, 948 permiten un giro relativo entre la empuñadura 906 y el eje de soporte principal 934. Debido a que el eje del motor de desplazamiento 914 está conectado a tierra al mango 906, el eje del motor de desplazamiento 914 genera un movimiento angular del cuerpo de la base 902 respecto a la empuñadura 906 alrededor del eje de desplazamiento 916.

30 La figura 41 es una vista en despiece del soporte de carga útil estabilizado activamente 900. Las figuras 42 y 43 son ampliaciones de partes de la figura 41. En las figuras 41-43 se muestra la empuñadura 906 en la cual hay insertado el motor de inclinación 908, acoplado al motor de desplazamiento 910 mediante el acoplador de motor concéntrico 912. El eje de accionamiento del eje de inclinación 924 se extiende desde el motor de inclinación 908 a través de una tapa 950. La tapa 950 está roscada con la empuñadura 906. El eje de soporte principal 934 está dispuesto alrededor del eje de accionamiento del eje de inclinación 924 y a través de la tapa 950. Se muestran también el cuerpo de la base 902 y unos componentes de fijación, ejes de giro del eje de balanceo 935, 936, que acoplan el cuerpo de la base 902 a la estructura 958. El eje de accionamiento del eje de inclinación 924 está dispuesto a través de unos rodamientos 946, 948 en la parte superior de la empuñadura 906 o cerca de la misma. El eje de soporte principal 934 está dispuesto, además, a través del rodamiento 954 en el interior del cuerpo de la base 902.

35 Se disponen unas aberturas para el paso de cables 956a,b,c,d para roscar entre las mismas unos cables para el funcionamiento de los motores y cualquier otro componente electrónico. Puede incluirse cualquier número de aberturas adecuadas para la estructura y su uso.

40 La figura 44 es una vista posterior de otro aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención de un aparato de soporte de carga útil estabilizado activamente. La figura 45 es una vista en sección transversal según la línea A-A de la figura 44 que muestra la estructura 958 inclinada hacia atrás un ángulo α . Una ranura 964 aloja el eje de soporte principal 934, que puede requerirse o en esta configuración inclinada, particularmente cuando el aparato está plegado. En la figura 45 se muestra un ángulo α ilustrativo, en el que el ángulo se forma aproximadamente entre una línea a través de los ejes de rotación de balanceo 960, 962 y una línea a través del eje del motor de balanceo 972. En una realización de ejemplo, el ángulo α se encuentra en el rango de entre aproximadamente 10° y aproximadamente 20°.

45 Un eje de un motor de balanceo 972 hace girar un engranaje de accionamiento de un eje de balanceo 966. El engranaje de sector de balanceo 968 está inclinado en este aspecto no reivindicado de la invención, por lo que sin variar la orientación del engranaje de accionamiento del eje de balanceo 966, uno o ambos componentes deben modificarse para que se acoplen funcionalmente, tal como que sean biselados. La figura 46 es una vista en perspectiva en primer

plano de una parte de los engranajes de sector 968, 970 aspecto no reivindicado de la invención de la figura 45 en la que se muestra el ángulo de los engranajes entre sí.

Los ejes de rotación de balanceo 960, 962 interactúan con una cuerpo de base inclinado 976 en puntos diferentes a los de una versión no inclinada para dar cabida a la configuración inclinada. Las figuras 47 y 48 representan otro aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención de un aparato de carga útil estabilizado activamente. Los aparatos tienen un cardán 978 con un primer eje de cardán 980 y un segundo eje de cardán 982, en el que el primer eje de cardán es sustancialmente perpendicular al segundo eje de cardán. El cardán también es giratorio alrededor de un eje de desplazamiento que coincide con la línea central longitudinal del eje de desplazamiento 988. El eje de desplazamiento es perpendicular entre sí al primer eje de cardán 980 y al segundo eje de cardán 982. El cardán 978 tiene una horquilla 992 acoplada de manera giratoria a un componente de rodamiento de desplazamiento del cardán 994 para el giro alrededor del segundo eje del cardán 982, en el que la horquilla 992 está acoplada al componente del rodamiento de desplazamiento del cardán 988 en un primer eje de rotación 996 y un segundo eje de rotación 998 opuesto al primer eje de rotación 996.

La figura 47 representa un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención con generadores de par coaxiales u omnidireccionales que tienen motores de accionamiento directo para producir movimiento angular alrededor del primer eje de cardán 980 y el segundo eje de cardán 982. En el vástago de la horquilla 1000 se encuentra dispuesto primer generador de par en forma de motor 984 y produce movimiento giratorio alrededor del primer eje de cardán 980. Segundos generadores de par en forma de motores 986a,b producen un movimiento giratorio alrededor del segundo eje de cardán 982. En esta realización, uno de cada motor 986a,b está dispuesto a cada lado del eje de desplazamiento 988 en la conexión de la horquilla 902 al componente de rodamiento de desplazamiento del cardán 994.

La figura 48 representa un aspecto ilustrativo no reivindicado de la invención con generadores de par coaxiales u omnidireccionales que comprenden un primer engranaje 1006 en forma de engranaje de sector o de arco, accionado por un engranaje impulsor conectado operativamente que gira por medio de un motor 986c para producir un movimiento angular alrededor del segundo eje 982. Un segundo engranaje de arco o circular 1008 está conectado operativamente a un engranaje impulsor que hace girar un motor 984 para producir un giro alrededor del primer eje de cardán 980. Puede utilizarse un contador de eje de desplazamiento 990 para seguir la posición angular de la horquilla de cardán 992, incluso cuando el operador mueve su cuerpo y, por lo tanto, la horquilla 992, alrededor de la plataforma, desde un lado hacia adelante y hacia atrás, mientras obtiene sus disparos. El contador del eje de desplazamiento 990 proporciona el ángulo θ , que se introduce en un dispositivo de procesamiento que contiene código de ordenador para llevar a cabo un algoritmo, tal como se describirá más adelante. El contador del eje de desplazamiento 990 sigue la relación entre la suma de los pares de cardán y la direccionalidad angular, ya que sus relaciones varían respecto al primer eje de cardán o al segundo eje de cardán del trineo real, que pueden ser ejes de 'balanceo' e 'inclinación', por ejemplo.

El acoplamiento de los motores 984 y 986a,b,c para ajustar el aparato alrededor del primer eje de cardán 980 y el segundo eje de cardán 982 puede ser por medios distintos a los engranajes representados, siempre que sean compatibles con la estructura y uso del aparato de soporte.

La figura 47 representa, además, un casquillo de poste de brazo 1004 acoplado al vástago 1000 o solidario del mismo y configurado para acoplarse a un brazo de contrapeso tal como, por ejemplo, un brazo de equilibrio. El brazo de contrapeso puede incluir una unión de paralelogramo con un elemento elástico para contrarrestar el peso del aparato de soporte y, de este modo, un soporte de carga útil.

En una realización de ejemplo, uno o más generadores de par en los aparatos son motores sin escobillas.

Se han descrito diversas realizaciones de soportes de carga útil estabilizada activamente que pueden contener sensores. Los sensores asociados pueden disponerse en varias posiciones dependiendo, por menos en parte, de la configuración del soporte de carga útil y los procedimientos y algoritmos utilizados. En una realización de ejemplo, una unidad de detección angular (IMU) se encuentra situada junto con la cámara u otra carga útil, con los medios de detección angular de balanceo, inclinación, desplazamiento de la IMU coaxiales y responden a los ejes de rotación de balanceo, inclinación, y desplazamiento de la cámara, respectivamente.

En otra realización ilustrativa, la IMU está acoplada al soporte del rodamiento de desplazamiento exterior del cardán con un primer medio de detección angular que responde al ángulo del eje del muñón, un segundo medio de detección angular que responde a un eje sustancialmente perpendicular tanto al eje del muñón como al eje del poste de desplazamiento, dichos medios sustancialmente responden al ángulo del eje de la horquilla, y un tercer medio de detección angular que responde alrededor de un eje paralelo al poste de desplazamiento. Sin embargo, hay que tener en cuenta que no es necesario que los sensores se encuentren en una única unidad, sino que pueden ser sensores separados dispuestos en diferentes posiciones entre sí.

En el aparato de soporte de carga útil hay instalado operativamente un dispositivo de medición de rotación 990 para medir un ángulo de rotación θ del eje de desplazamiento. Uno o más dispositivos de procesamiento están configurados para recibir el ángulo θ . Uno o más dispositivos de almacenamiento no transitorios en los que se almacena código de ordenador ejecutable están conectados operativamente a uno o más dispositivos de procesamiento y ejecutan el ordenador computadora para llevar a cabo el procedimiento que comprende:

- 5
- recibir un ángulo θ desde el dispositivo de medición de rotación;
- calcular coseno de θ y seno de θ ;
- 10 - recibir un par de balanceo complementario seleccionado;
- recibir un par de inclinación complementario seleccionado;
- añadir el producto del par de inclinación de carga útil complementario y coseno de θ al producto del par de inclinación de carga útil complementario y el seno de θ para obtener un segundo par del eje del cardán;
- restar el producto del primer par de carga útil y el seno de θ al producto del primer par de carga útil y el coseno de θ para obtener un primer par del eje de cardán;
- 15 - hacer que el segundo generador de par genere el segundo par del eje de cardán; y
- hacer que el primer generador de par genere el primer par del eje de cardán.

20 En una realización ilustrativa, el ángulo θ es igual a cero cuando el primer eje de cardán 980 está alineado con un eje de carga útil y el segundo eje de cardán 982 está alineado con un eje de inclinación de carga útil. Sin embargo, la referencia cero puede calibrarse para referenciarse a otras configuraciones adecuadas de los ejes del cardán.

Las realizaciones ilustrativas del aparato y los procedimientos de orientación y soporte descritos pueden incluir algunas o todas las siguientes características:

- 25 a) pares contrarios complementarios aplicados a la carga útil a través de un cardán sin dejar de responder al contacto directo del operador para guiar y orientar una carga útil expandida equilibrada soportada;
- b) control directo del operador de una plataforma de tres ejes estabilizada activamente en la que un operador no toca directamente un aparato de tres ejes durante un uso real, y un operador lo dirige electrónicamente mediante una interfaz de control remoto, tal como un joystick o similar;
- 30 c) aumento del momento de inercia de la carga útil expandida soportada sin añadir peso, girando volantes, o aumentando el tamaño, aumentando la inercia proporcionando pares contrarios complementarios a la carga útil expandida a través del cardán, siendo los pares proporcionales y opuestos a pares externos aplicados intencionalmente por el operador o a través de perturbaciones;
- 35 d) un rozamiento dinámico referenciado a una estructura inercial estacionaria que produce un par de retroalimentación resistivo que aumenta con la velocidad angular y el operador lo siente cuando el operador aplica el par para girar la orientación de la carga útil expandida. El rozamiento dinámico, según se desee, amortigua impulsos de par excesivos del operador y perturbaciones externas tales como el rozamiento del viento;
- 40 e) una retroalimentación de par de rozamiento estático, referenciado a una estructura inercial estacionaria, de modo que, cuando se logra una orientación de desplazamiento e inclinación particular mediante el control directo del operador y el dispositivo es estacionario, tenderá a mantener esa orientación una vez que el operador haya liberado el control de la superficie de control del operador acoplada a la carga útil e incluso cuando está ligeramente desequilibrada o perturbada por una fuerza externa;
- 45 f) pares de retroalimentación a través del cardán a la carga útil equilibrada expandida, los pares dirigidos a alinear el eje de inclinación de la carga útil para que sean sustancialmente paralelos al horizonte local, o de manera equivalente, perpendiculares a una medida de la dirección de la gravedad, incluso mientras el operador continúa aplicando pares de desplazamiento e inclinación para orientar la carga útil; y
- 50 g) aplicación de los pares complementarios descritos anteriormente de modo que el estabilizador funcione de manera relativamente discreta.
- 55

La invención incluye un procedimiento para estabilizar un conjunto de componentes equilibrados tales como los descritos aquí, que tiene una pluralidad de generadores de par. En una realización ilustrativa de la invención, el procedimiento incluye las siguientes etapas:

- 60 a) utilizar una unidad de detección de movimiento angular que mide y proporciona velocidades angulares y movimientos de orientación del conjunto de componentes equilibrados alrededor de tres ejes sustancialmente ortogonales entre sí, en el que dichas velocidades angulares y movimientos de orientación incluyen lo que se produce por la entrada del operador y perturbaciones externas;

b) proporcionar un modelo físico que comprende velocidades angulares y movimientos de orientación deseados para los tres ejes sustancialmente ortogonales entre sí;

5 c) comparar, utilizando un procesador de señales, las velocidades angulares y los movimientos de orientación medidos con las velocidades angulares y movimientos de orientación modelados, respectivamente, para cada uno de los tres ejes sustancialmente ortogonales entre sí, para crear una comparación para cada uno de los ejes sustancialmente ortogonales entre sí;

10 d) generar una señal de par complementario para cada uno de los ejes sustancialmente ortogonales entre sí en base a las comparaciones respectivas;

e) aplicar cada una de las señales de par complementarias a un generador de par respectivo;

15 f) repetir la etapa (a) a (e) para formar un bucle de retroalimentación.

20 Los tres ejes ortogonales entre sí pueden corresponder a desplazamiento, inclinación y balanceo, por ejemplo. Pueden utilizarse algoritmos separados para cada uno de los ejes sustancialmente ortogonales entre sí para crear una comparación de las velocidades angulares y movimientos de orientación medidos con las velocidades angulares y movimientos de orientación modelados. La señal de par complementario puede aumentar la inercia angular del conjunto de componentes equilibrados.

25 El par estático y el par de rozamiento referenciados a una estructura inercial fija pueden sumarse al par de inclinación modelado y al par de desplazamiento modelado del modelo físico. El momento de inercia y el coeficiente de rozamiento de frenado dinámico pueden reducirse automáticamente en el tiempo en función del aumento de la velocidad angular medida alrededor de cada eje sustancialmente ortogonal entre sí.

30 El procedimiento puede incluir proporcionar un par umbral por debajo de un límite de par complementario y reducir el par complementario cuando el par externo alcanza el par umbral, indicando así a un operador que reduzca la entrada de par del operador. Cuando el par externo se aparta del par umbral, el par complementario se vuelve a aplicar.

La invención incluye: un conjunto de reemplazo de cardán de tipo estabilizador giroscópico Steadicam, que comprende:

35 medios de detección de nivelación e inclinación situados remotamente en la 'base del trineo';

medios de detección de ángulo de desplazamiento (tal como se detecta entre pistas internas y externas del rodamiento de desplazamiento del cardán) situados en el conjunto del cardán;

40 medios para motorizar los conjuntos de muñón del cardán para influir en la horquilla del cardán al ángulo del poste central;

45 medios para motorizar coaxialmente el conjunto de eje del rodamiento de la horquilla del cardán para influir en la relación angular entre un poste de brazo y el eje de la horquilla del cardán; y

50 medios de cálculo (situados en la base o bien o en el cardán) para integrar las influencias esencialmente perpendiculares de los motores de muñón y horquilla de acuerdo con el ángulo momentáneo del cardán con el fin de hacer que el 'trineo' Steadicam busque la nivelación y simultáneamente conserve el ángulo de inclinación seleccionado a pesar de la posición cambiante del operador a ambos lados por detrás de su equipo.

55 Las realizaciones ilustrativas de la invención incluyen un aparato para estabilizar una carga útil que comprende un equipo que tiene un generador de par omni-axial que comprende un generador de par de balanceo, un generador de par de inclinación y un generador de par de desplazamiento; un controlador de retroalimentación; siendo accionado el generador de par omni-axial por una señal de salida de par complementario generada por el controlador de retroalimentación; una unidad de detección de movimiento angular capaz de medir velocidades angulares y movimientos de orientación producidos por el generador de par omnidireccional, en el que las velocidades angulares y movimientos de orientación incluyen lo que se produce por la entrada del operador y perturbaciones externas; incluyendo el controlador de retroalimentación un procesador de señales conectado operativamente a la unidad de detección de movimiento angular para recibir como entrada las velocidades medidas y orientaciones medidas. El procesador de señales incluye un algoritmo de horizonte artificial, un algoritmo de eje de balanceo, un algoritmo de eje de inclinación y un algoritmo de eje de desplazamiento. El procesador de señales, mediante los algoritmos respectivos, es capaz de procesar las velocidades angulares medidas y movimientos de orientación para producir las señales de par complementarias que se aplicarán a cada uno de los ejes de desplazamiento, inclinación y balanceo

que, cuando se aplican, modifican las velocidades angulares y posiciones angulares para adaptarse a un modelo físico.

5 La estructura electrónica y la estructura mecánica relacionada pueden incluir cualquiera de las empuñaduras y mecanismos relacionados para aplicar balanceo, inclinación y desplazamiento a la carga útil soportada por el aparato.

El aparato puede tener una superficie de control del operador para controlar el movimiento alrededor del eje de desplazamiento y el eje de inclinación, en el que el movimiento alrededor del eje de balanceo es controlado únicamente por el controlador de retroalimentación.

10 Las técnicas, procedimientos y teorías de estabilización de las realizaciones del sistema de estabilización de la cámara pueden aplicarse a trineos de estabilización más grandes, si bien existen algunas diferencias.

15 Los "trineos" convencionales, tales como los comercializados con el nombre STEADICAM® comercializados por The Tiffen Company, se basan en las masas relativamente grandes de la cámara, el monitor, y las baterías para generar inercia para la estabilización angular de la imagen. Estos trineos también utilizan estas masas para equilibrar el trineo para colgar en posición vertical desde un cardán de tres ejes de muy bajo rozamiento. Para que el trineo de estos sistemas más grandes cuelgue en posición vertical, su centro de gravedad debe encontrarse por debajo del cardán de tres ejes de soporte. Con un trineo típico, cuando se equilibra de este modo y se mueve, el trineo se comporta como un péndulo largo y la imagen se desnivela salvo que intervenga el operador. Una de las habilidades básicas del funcionamiento de un sistema de estabilización de una cámara es anticipar esta acción pendular y evitar que suceda. Cuanto más por debajo del cardán de soporte se encuentre el centro de gravedad, más fuerte será el efecto pendular y más trabajo tendrá que hacer un operador para evitarlo.

25 Si el operador equilibra el trineo con el centro de gravedad cerca del cardán de soporte, el efecto pendular y los consecuentes esfuerzos de prevención se reducen, pero con una pérdida de retroalimentación táctil para lo que es el nivel, lo que puede ser un desafío para el operador. El operador debe concentrarse cada vez más en mantener el nivel de encuadre sin ninguna retroalimentación táctil, se mueva o no el sistema de estabilización de la cámara en el espacio.

30 Lo que se desea es un trineo neutralmente equilibrado e inerte de manera natural que cree artificialmente un posicionamiento vertical y retroalimentación del operador. El trineo creará la sensación de un trineo de estabilización de la cámara con equilibrio clásico, pero puede equilibrarse y operarse con consecuencias pendulares negativas reducidas ni pérdida de horizonte, liberando al operador para que se concentre más en el encuadre artístico.

35 Las figuras 49-54 representan realizaciones ilustrativas del sistema de estabilización de cámara descrito, que incluyen una serie de sensores y motores que se acoplan a un trineo de estabilización de cámara 1100 que tiene un cardán de tres ejes 1102. Las figuras 55-59 representan una unidad de control electrónico para implementar los procesos del sistema de acuerdo con realizaciones ilustrativas. En una realización ilustrativa, los sensores incluyen tres sensores de velocidad angular 1104, 1106, 1108, tres acelerómetros 1110, 1112, 1114 y un contador de desplazamiento 1116.

45 Los sensores pueden estar en un recinto 1120 alineados o fijados a una cámara 1122 en la parte superior del trineo 1100. Un cableado flexible puede conectar los sensores a una horquilla de cardán 1124 del cardán 1102. Dos motores principales 1128, 1130, un motor de eje de horquilla de cardán y motor de muñón, respectivamente, están acoplados a un brazo de soporte 1132 bloqueado a la horquilla de cardán 1124, y están orientados a 90 grados entre sí. También puede emplearse un tercer motor 1118 que puede funcionar como contador de desplazamiento. El tercer motor 1118, si se emplea, actúa en paralelo al eje "de desplazamiento" 1136 y proporciona un par de "nivelación" adicional cuando el trineo de estabilización 1100 se inclina hacia arriba o hacia abajo. A través de correas y poleas ajustables, el motor 1128 actúa para accionar el cardán 1102 de manera giratoria alrededor de un plano a 90 grados hasta una empuñadura de soporte 1134. El motor 1130 actúa sobre el eje de los muñones.

50 El contador de desplazamiento 1116 se utiliza dado que la cámara 1122 y los sensores 1110, 1112, 1114 que determinan el nivel no están fijos respecto al mango de soporte del cardán 1134, por lo que ninguno de los motores 1128, 1130 está necesariamente alineado con el balanceo (nivelación) de la cámara o con la inclinación de la cámara.

55 El contador de desplazamiento 1116 realiza un seguimiento del giro de desplazamiento alrededor del eje de desplazamiento 1136, u orientación, entre la cámara 1122 y los motores 1128, 1130, por lo que las correcciones apropiadas para ambos motores mantendrán el nivel del trineo 1100 respecto a la cámara 1122 o en el ángulo deseado.

60 En una realización de ejemplo, los componentes del sistema de estabilización de la cámara 1100 son fácilmente extraíbles o van acoplados a un cardán estándar 1102, y posiblemente no modificado. Un brazo de soporte 1132 para unos motores 1128, 1130 está conectado a la horquilla del cardán 1124 a través de una única tapa 1138 que se rosca en uno de dos muñones 1140, 1142. Una polea accionada por un muñón del cardán 1144b está acoplada mediante

un tornillo al muñón opuesto. La polea conducida del eje de la horquilla del cardán 1148b está acoplada mediante un conjunto de tornillos a la empuñadura de soporte del cardán 1134. Un sensor magnético 1158 para el contador de desplazamiento 1116 está acoplado a través de una abrazadera 1152 y se atornilla a la pista exterior 1154 del rodamiento de balanceo 1156.

5 El sistema puede configurarse para que sea lo suficientemente pequeño como para permanecer conectado al cardán 1102 para un funcionamiento "normal" y también para guardarse en un receptáculo estándar.

10 La polea del muñón del cardán 1144 se conecta a la pista del rodamiento de desplazamiento exterior del cardán 1154. Un tornillo que se conecta a la abrazadera 1152 en la pista del rodamiento de desplazamiento externo 1154 evita que la polea del muñón del cardán 1144 gire respecto a la pista del rodamiento de desplazamiento externo 1154.

15 El contador de desplazamiento 1116 comprende un sensor de contador de desplazamiento 1158 acoplado a la pista exterior del rodamiento de desplazamiento 1154, y un anillo de referencia 1160 acoplado a la pista interior 1155 del rodamiento de desplazamiento 1156, que está bloqueado a la orientación de la cámara. El sensor del contador de desplazamiento 1158 y el anillo de referencia 1160 mostrados son magnéticos, pero el sistema de contador de desplazamiento puede ser óptico, electrostático o mecánico. Típicamente, en una configuración de dos motores, se prefiere un sistema que no sea mecánico debido al rozamiento adicional, pero no puede descartarse el uso de un sistema mecánico.

20 Puede utilizarse una conexión mecánica (ya sea un tren de engranajes rectos o un sistema de correa y polea) si el sensor del contador de desplazamiento 1158 forma parte de un sistema que utiliza el tercer motor 1118 situado para accionar el trineo 1100 alrededor del eje de desplazamiento 1136. Puede desearse el tercer motor 1118 cuando el trineo 1100 se inclina hacia arriba o hacia abajo más de 25 grados desde la horizontal más o menos. Véase, por ejemplo, las figuras 53 y 54. Cuanto más inclinada está la cámara 1122, mantenerla nivelada respecto al horizonte se vuelve cada vez más una función del rodamiento de desplazamiento 1156. Tener un motor que actúa sobre el eje de desplazamiento 1136 puede ser más eficiente que los motores de accionamiento 1128, 1130. Si la cámara 1122 se orienta directamente hacia arriba o hacia abajo, el eje de desplazamiento 1136 generalmente estará orientado al 100%, o cerca del 100%, respecto al nivel de la cámara.

30 Típicamente, cuando la cámara 1122 se orienta radicalmente hacia arriba o hacia abajo, por ejemplo, tal como se muestra en la figura 53, el bloqueo de la cámara 1122 respecto al horizonte se vuelve cada vez menos importante. En una configuración de dos motores, tal como se muestra, pueden implementarse procedimientos que lleva a cabo la unidad de control electrónico 1162 y los sensores asociados para reducir y eventualmente eliminar el efecto de los motores 1128, 1130 a medida que el trineo 1100 se inclina cada vez más.

35 El operador puede, si lo desea, forzar el trineo 1100 para que quede desnivelado. Si se desean disparos incontroladamente fuera de nivel, el operador puede desconectar temporalmente el sistema haciendo que el trineo 1100 se comporte más como un trineo convencional.

40 La figura 55 representa una unidad de control electrónico (Electronic Control Unit, ECU) ilustrativa 1162 que aloja la electrónica para controlar el sistema de estabilización de la cámara 1100. Haciendo referencia a la figura 58, la ECU 1162 aloja uno o más procesadores 1180 conectados operativamente a uno o más dispositivos de almacenamiento no transitorios 1182 en los cuales se almacena el código de ordenador ejecutable el cual, cuando es ejecutado por uno o más procesadores, hace que el sistema lleve a cabo los procedimientos descritos aquí para estabilizar la cámara y el aparato de trineo. Unos medios legibles por ordenador contienen código que puede ser implementado por el (los) procesador(es) del sistema para llevar a cabo las etapas deseadas, y pueden ser, por ejemplo, medios volátiles y no volátiles, extraíbles y no extraíbles, incluyendo, entre otros, ROM, PROM, EPROM, EEPROM, RAM, SRAM, DRAM y memoria flash.

50 Los sensores 1104, 1106, 1108, 1110, 1112, 1114 1116 están en comunicación con el subsistema de entrada/salida o bus 1198. La memoria 1182 y el procesador 1180 también están en comunicación con el bus 1198. La memoria 1182 y el procesador 1180 pueden incluir múltiples procesadores y dispositivos de memoria, pero aquí se utilizan en singular por simplicidad. El bus 1198 está conectado operativamente a los motores 1128, 1130 y, opcionalmente, al tercer motor 1118.

60 Una interfaz de usuario, por ejemplo, en forma de panel de interfaz 1164, mostrada en las figuras 55 y 56, permite a un usuario apagar temporalmente el contador de desplazamiento y ponerlo a cero con el botón del contador de desplazamiento 1166. El botón de ángulo de inclinación de la cámara 1168 permite al usuario configurar el ángulo de inclinación de la cámara. Para un sistema que permite que ser utilizado por zurdos o diestros, el interruptor izquierdo/derecho 1170 se emplea para cambiar entre las operaciones. El sistema puede activarse y desactivarse mediante el interruptor de encendido 1172. Pueden emplearse otras interfaces de usuario para proporcionar señales

a un dispositivo de entrada que estén configuradas para aceptar selecciones de usuario, tales como mediante botones, interruptores, pantallas táctiles y similares, y transmitir las señales a un dispositivo de entrada o como tal.

5 La figura 57 representa una vista adicional de una ECU 1162, que puede ser, por ejemplo, el panel posterior. Un conector 1174 conecta la ECU 1162 a los motores 1118, 1128, 1130. Puede utilizarse un dial de respuesta 1176 para establecer la capacidad de respuesta de los sensores 1104, 1106, 1108, 1110, 1112, 1114, en el que los sensores 1104, 1106, 1108 son sensores de velocidad angular que miden la velocidad de rotación angular del estabilizador acoplado más la cámara alrededor de tres ejes sustancialmente ortogonales entre sí, tales como los ejes de rotación de "balanceo", "inclinación" y "desplazamiento", y los sensores 1110, 1112, 1114 son acelerómetros para medir la
10 aceleración espacial a lo largo de tres ejes lineales y ortogonales entre sí, tales como los ejes "arriba-abajo", "izquierda-derecha" y "adelante-atrás". Mediante un dial de fuerza 1178 puede establecerse el nivel de fuerza para los motores 1128, 1130.

15 La figura 59 es un esquema de una parte del sistema de estabilización de la cámara 1184 en el cual pueden llevarse a cabo los procedimientos de estabilización de la cámara, de acuerdo con una realización ilustrativa. Los sensores 1104, 1106, 1108, 1110, 1112, 1114, 116 envían señales a la ECU 1162. La ECU 1162 acepta señales de salida del sensor en el bloque 1186. Las señales aceptadas se procesan en el bloque 1188. Las señales procesadas se asignan a ajustes en el bloque 1190. Las señales ajustadas se codifican en el bloque 1192. En el bloque 1192, las señales de ajuste codificadas se transmiten a una unidad de accionamiento 1194. La unidad de actuación 1194 actúa sobre los
20 motores 1128, 1130 y el contador de desplazamiento 1116 del trineo de estabilización de la cámara 1100.

Los componentes de la ECU 1162 pueden estar incorporados en un solo dispositivo, o pueden ser una pluralidad de dispositivos que estén conectados operativamente. Un experto en la materia apreciará otros componentes adicionales que pueden incluirse en la ECU 1162 para implementar las diversas realizaciones de los procedimientos y sistemas descritos aquí y, por lo tanto, dicho conocimiento se considera inherentemente contenido en esta descripción.
25

En la realización mostrada en las figuras 49-53, los motores 1128, 1130 están acoplados a una armadura 1132 bloqueada a la horquilla del cardán 1124. También es posible, a través de diferentes abrazaderas, acoplar el motor del muñón 1130 a la pista exterior del rodamiento de desplazamiento 1154 y la polea del muñón 1144b a la horquilla 1124, y/o el motor del eje de la horquilla 1128 a la empuñadura de soporte del cardán 1134 y la polea conducida a la horquilla del cardán.
30

Cabe destacar que partes de la solicitud se refieren a "estabilización de la cámara", pero los aparatos y procedimientos pueden aplicarse para nivelar y estabilizar otras cargas útiles.
35

La invención puede materializarse de diversas maneras, por ejemplo, un sistema, procedimiento o dispositivo. La invención incluye los procedimientos descritos aquí, y procesadores para llevar a cabo los procedimientos, incluyendo dispositivos y componentes de almacenamiento y cualquier código de programa asociado.
40

La invención incluye un soporte de carga útil estabilizado activamente, un medio legible por ordenador no transitorio, y un procedimiento para estabilizar una carga útil de acuerdo con cualquiera de las realizaciones representadas o descritas aquí, sus equivalentes, y aparatos que comprenden cualquier combinación posible de elementos de los mencionados anteriormente.
45

Aunque la invención se ha descrito mediante unas realizaciones ilustrativas, los expertos en la materia encontrarán ventajas y modificaciones adicionales. Por lo tanto, la invención, en sus aspectos más amplios, no se limita a detalles específicos mostrados y descritos aquí. Pueden introducirse modificaciones sin apartarse del alcance de la invención, por ejemplo, implementando la invención para cargas útiles distintas de cámaras y posiciones variables de componentes. Por consiguiente, se pretende que la invención no se limite a las realizaciones ilustrativas específicas, sino que se interprete dentro del alcance completo de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.
50

REIVINDICACIONES

1. Aparato para estabilizar una carga útil (1100) que comprende:

5 un cardán (1102) que tiene dos o más ejes de rotación perpendiculares entre sí;
 un brazo de soporte de motor (1132) acoplado fijamente a una horquilla (1124) del cardán (1102);
 un primer motor (1128) y un segundo motor (1130) acoplados al brazo del soporte de motor (1132), el primer motor
 orientado a 90 grados respecto al segundo motor (1130);
 una pluralidad de sensores de velocidad angular (1104, 1106, 1108) configurados para detectar movimiento alrededor
 10 de por lo menos dos de los dos o más ejes de rotación perpendiculares entre sí;
 una pluralidad de acelerómetros (1110, 1112, 1114) alineados a lo largo de ejes perpendiculares entre sí para medir
 una orientación angular en estado estable de la carga útil respecto a la gravedad, estando caracterizado dicho aparato
 para estabilizar una carga útil (1100) por el hecho de que comprende un sistema de poleas (1144a, 1144b) conectado
 operativamente al primer motor (1128), el segundo motor (1130) y el cardán (1102) para accionar de manera giratoria
 15 el cardán (1102) alrededor de dos de los dos o más ejes perpendiculares entre sí.

2. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además:

un mango de soporte de cardán;
 20 comprendiendo el cardán:
 una horquilla de cardán;
 una pista interior de cojinete de desplazamiento; y
 una pista exterior de cojinete de desplazamiento;
 la horquilla del cardán conectada de manera giratoria al mango de soporte del cardán alrededor de un eje de balanceo;
 25 una polea accionada por la horquilla de cardán configurada para accionar de manera giratoria la horquilla de cardán
 respecto al mango del cardán;
 la pista interna del rodamiento de desplazamiento conectada de manera giratoria a la pista externa del rodamiento de
 desplazamiento alrededor de un eje de desplazamiento, en el que el eje de desplazamiento es perpendicular al eje de
 balanceo;
 30 la horquilla de cardán conectada de manera giratoria a la pista exterior del rodamiento de desplazamiento alrededor
 de un eje de inclinación, en el que el eje de inclinación, el eje de balanceo y el eje de desplazamiento son
 perpendiculares entre sí;
 una polea accionada por un muñón de cardán configurada para accionar la pista exterior del rodamiento de
 desplazamiento respecto a la horquilla de cardán;
 35 un brazo de soporte del motor acoplado de manera fija a la horquilla de cardán;
 un motor del eje de la horquilla de cardán y una polea acoplada al primer extremo del brazo del soporte del motor y
 configurado para girar la horquilla respecto al mango por acoplamiento a la polea accionada de la horquilla del cardán;
 un motor del eje muñón del cardán y una polea acoplada al segundo extremo del brazo del soporte del motor y
 configurado para girar la pista exterior respecto a la horquilla del cardán por acoplamiento a la polea accionada del
 40 muñón del cardán;
 un anillo de referencia acoplado a la pista interior del rodamiento de desplazamiento;
 un sensor contador de desplazamiento acoplado a la pista exterior del rodamiento de desplazamiento y configurado
 para detectar señales del anillo de referencia.

45 3. Aparato de la reivindicación 2, en el que el anillo de referencia está bloqueado en una orientación de la carga útil.

4. Aparato de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, en el que el anillo de referencia es magnético y el sensor contador
 de desplazamiento detecta señales magnéticas.

50 5. Aparato de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, en el que el contador de desplazamiento es mecánico y el anillo de
 referencia está configurado para permitir que el contador de desplazamiento registre un grado de rotación del anillo
 de referencia.

6. Aparato de la reivindicación 2 o 3, en el que el anillo de referencia proporciona señales ópticas o electrostáticas que
 55 representan un grado de rotación del anillo de referencia; y el contador de desplazamiento detecta las respectivas
 señales ópticas o electrostáticas.

7. Aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende, además, un tercer motor configurado para
 actuar paralelo a un eje de desplazamiento del cardán y funcionar como contador de desplazamiento.

60 8. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende, además:

una unidad de control electrónico; y

una unidad de accionamiento;

la unidad de control electrónico configurada para:

aceptar señales de la pluralidad de sensores de velocidad angular y pluralidad de acelerómetros;

ajustar y codificar las señales; y

5 transmitir las señales ajustadas a la unidad de accionamiento

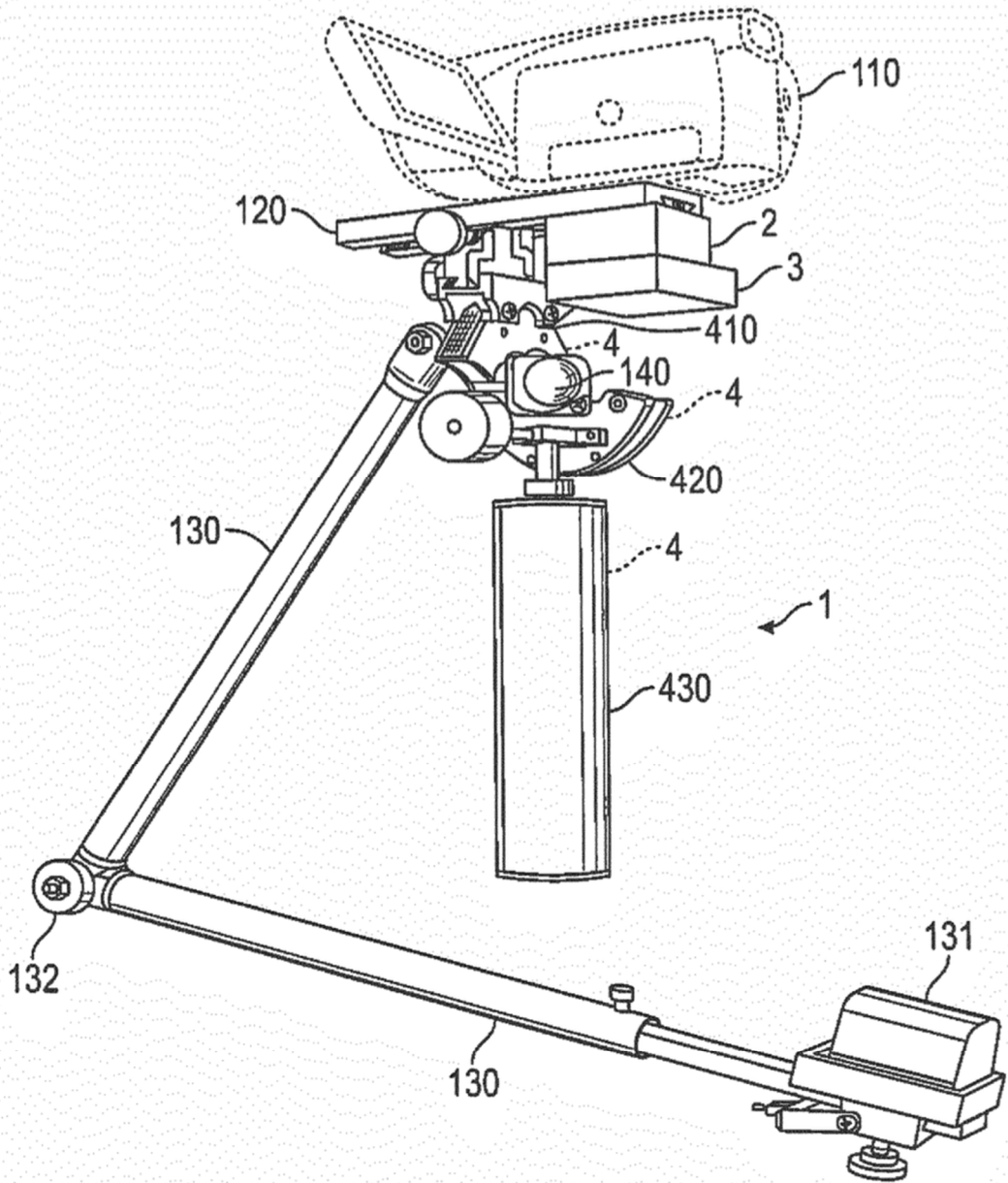


FIG. 1

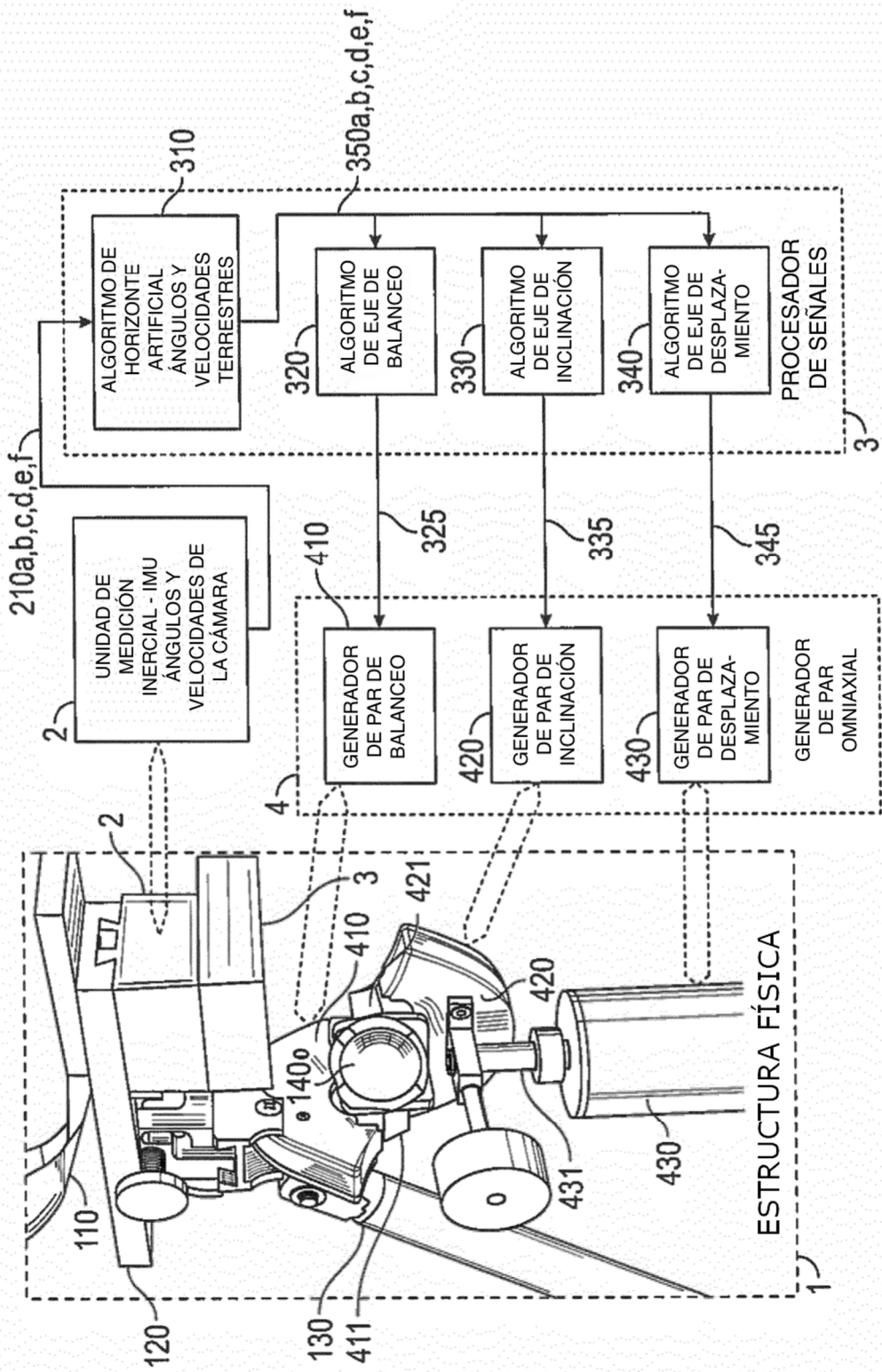


FIG. 2

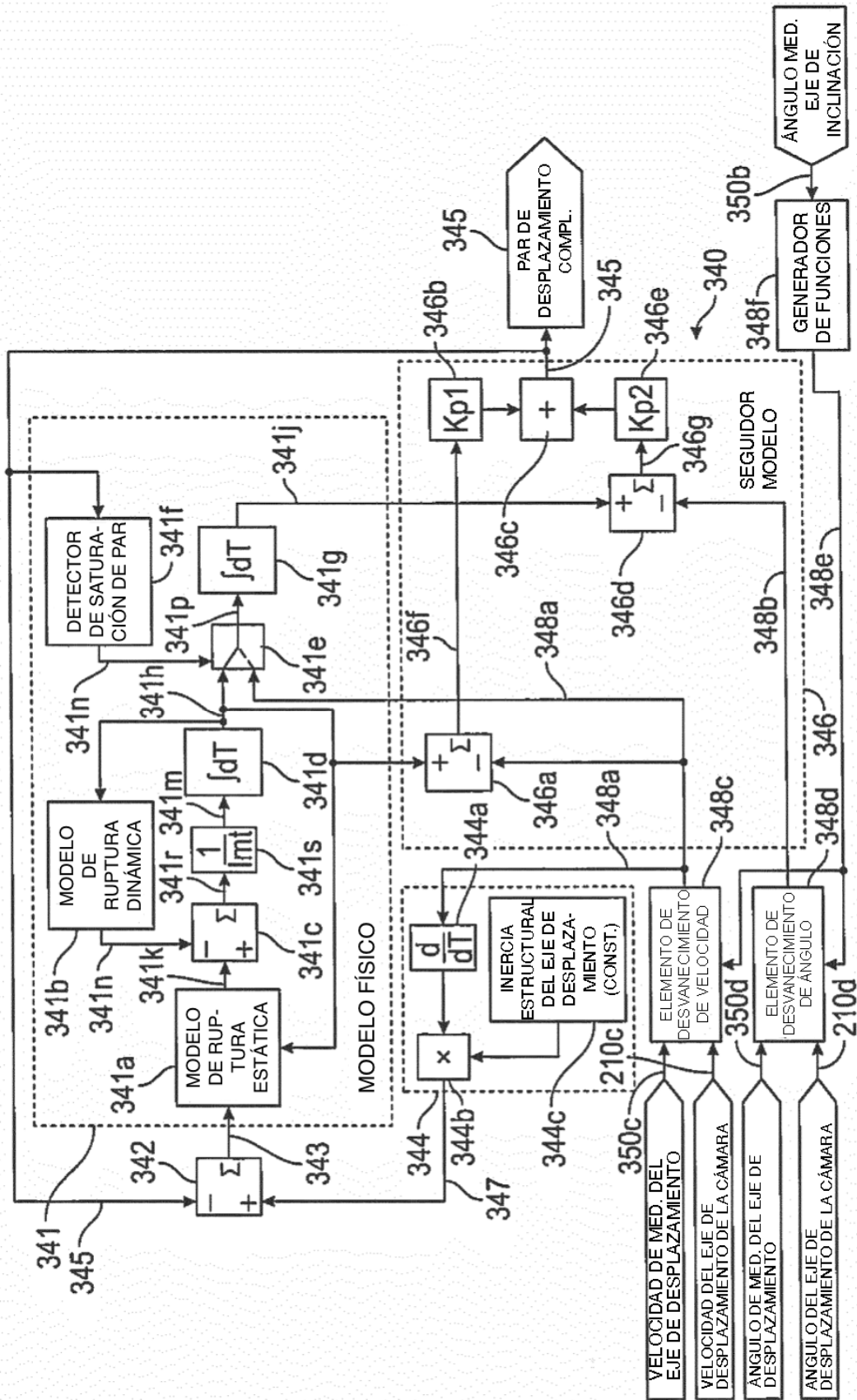


FIG. 4

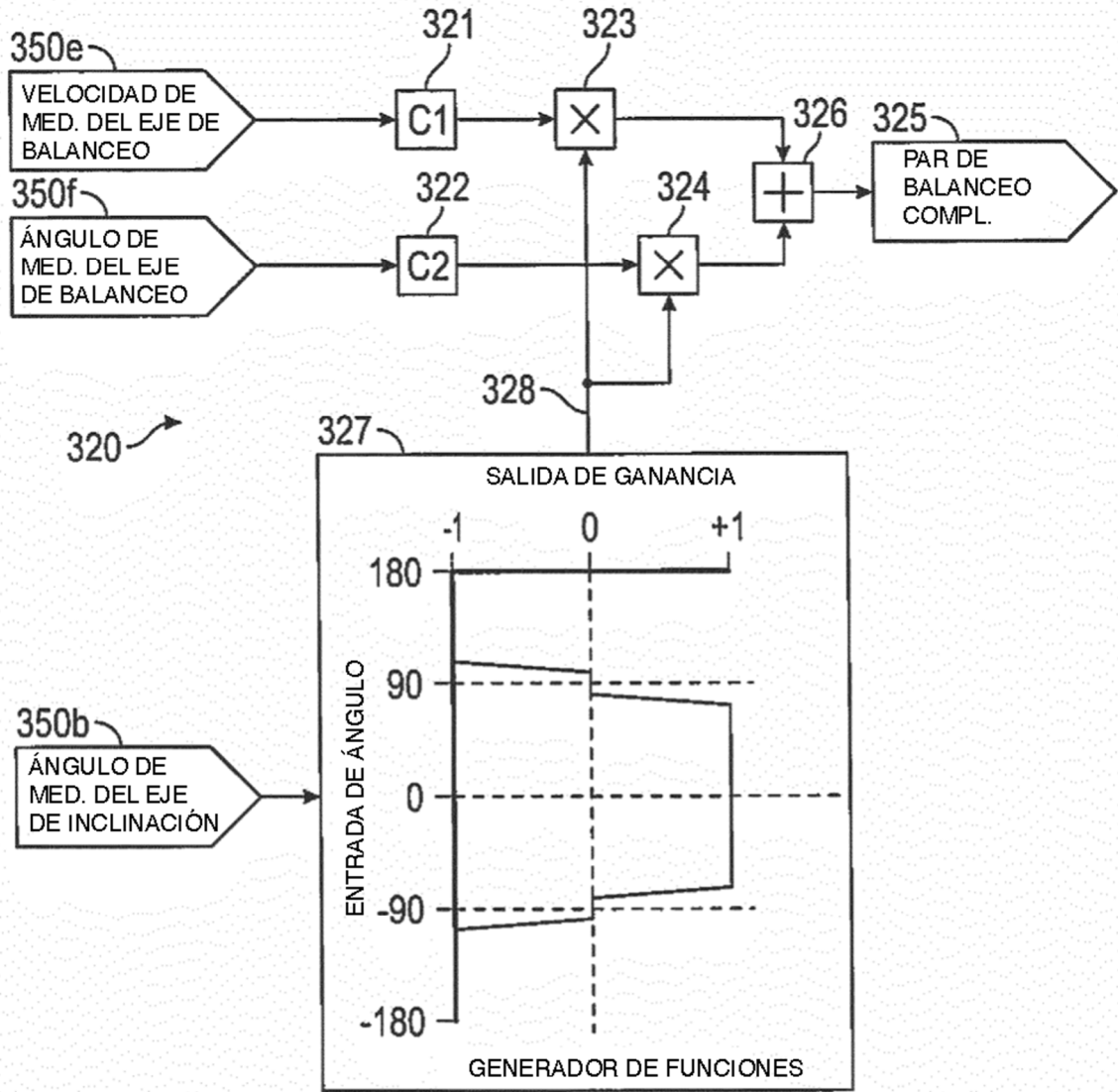


FIG. 5

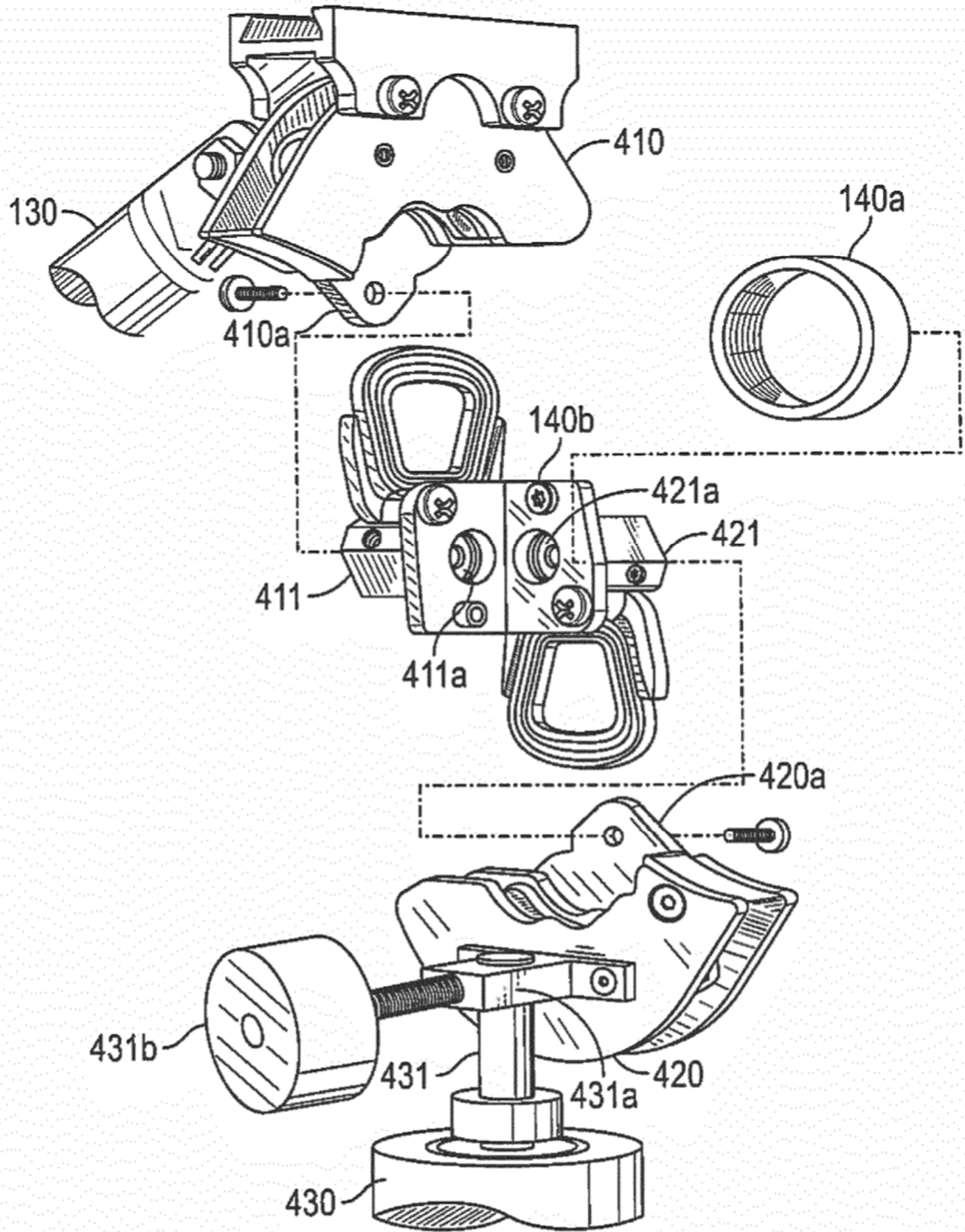


FIG. 6

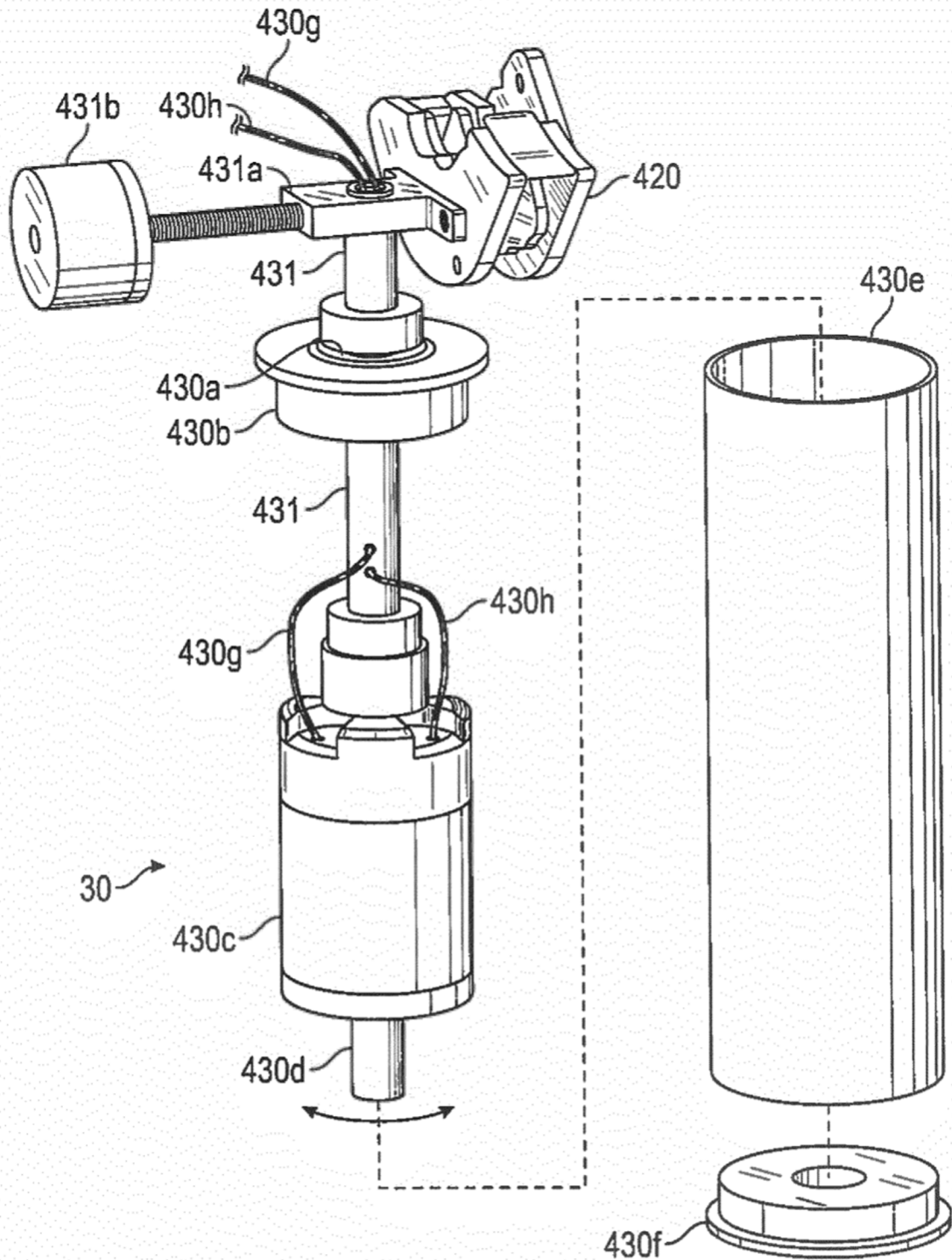


FIG. 7

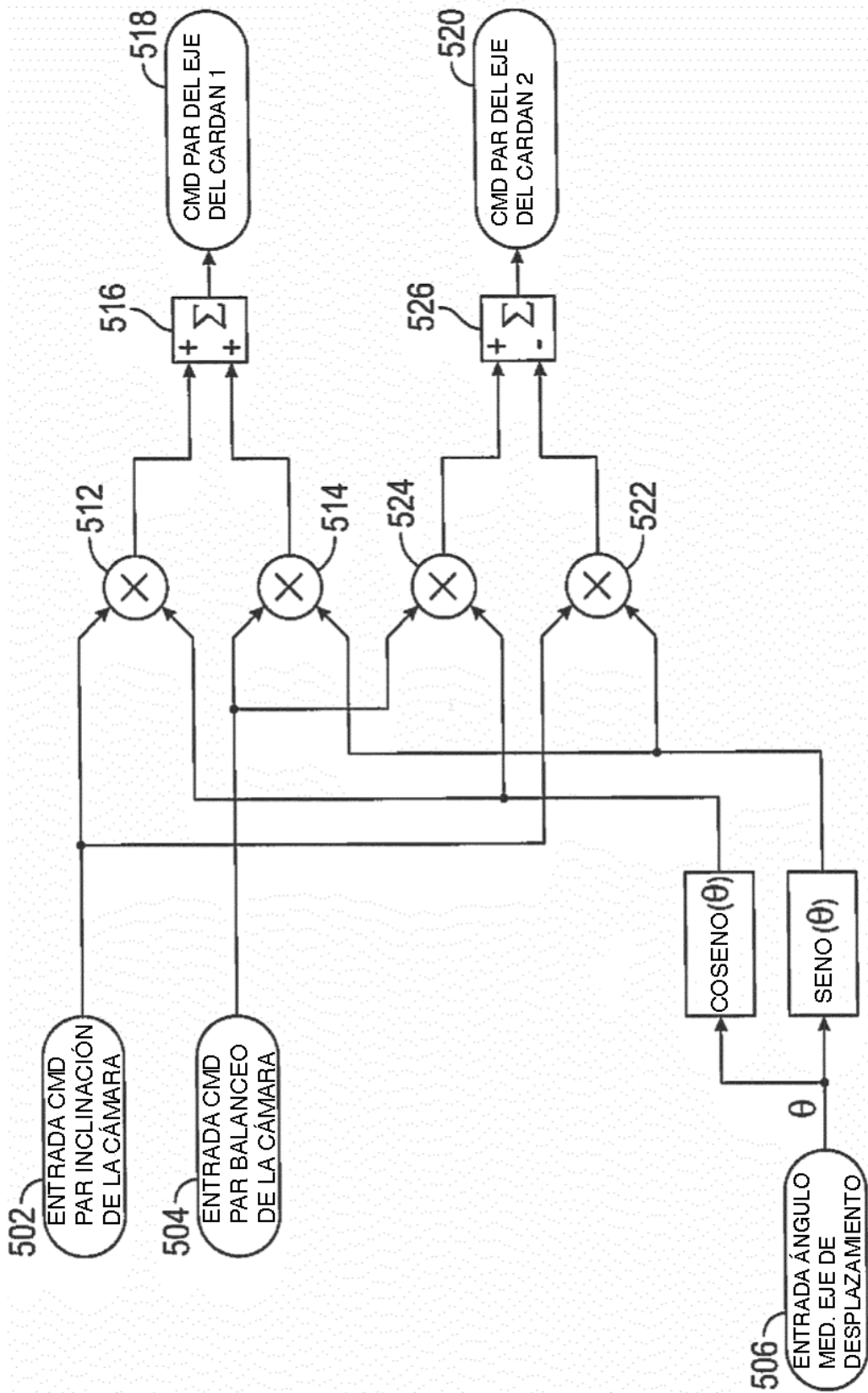


FIG. 8

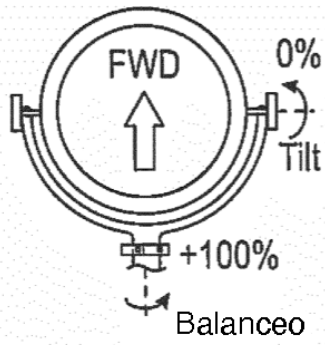


FIG. 9A

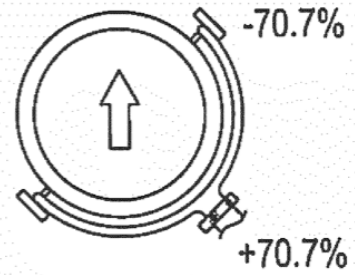


FIG. 9B

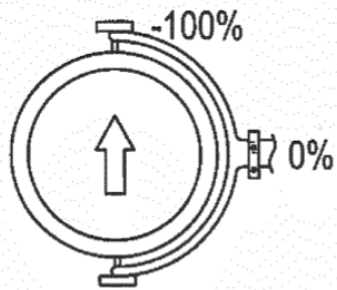


FIG. 9C

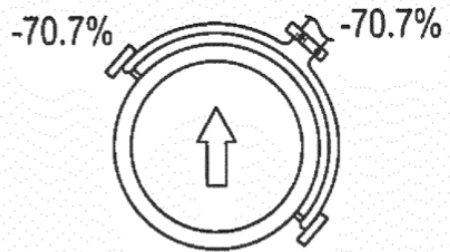


FIG. 9D

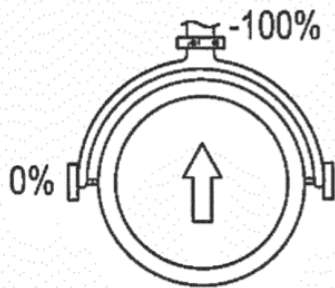


FIG. 9E

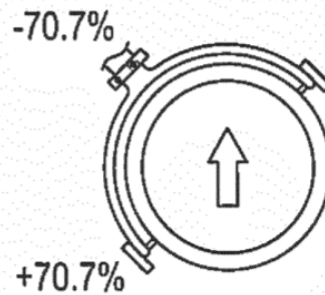


FIG. 9F

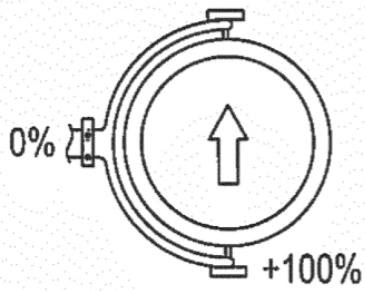


FIG. 9G

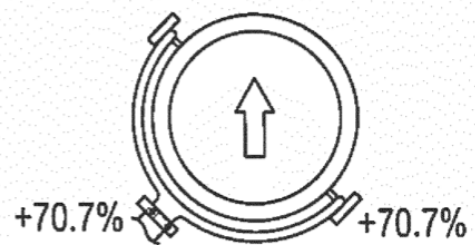


FIG. 9H

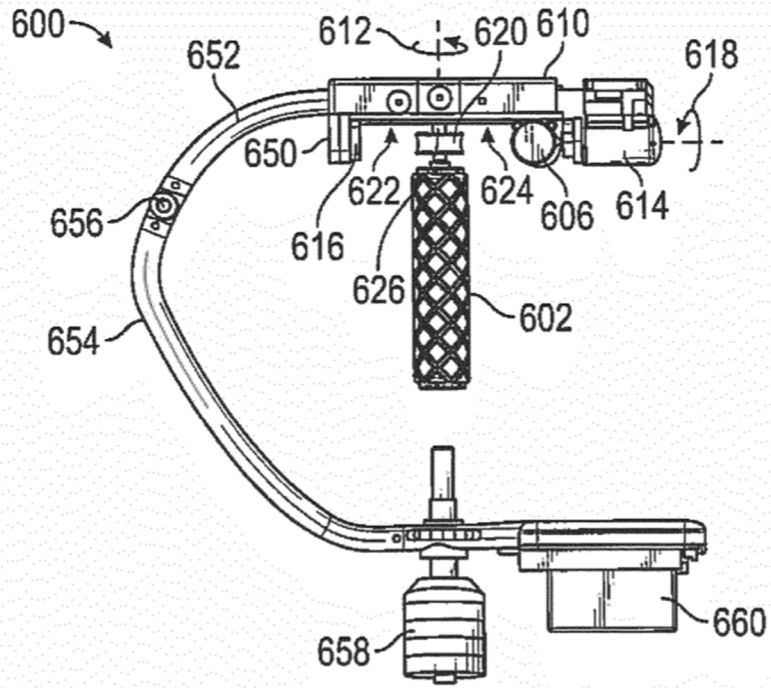


FIG. 10

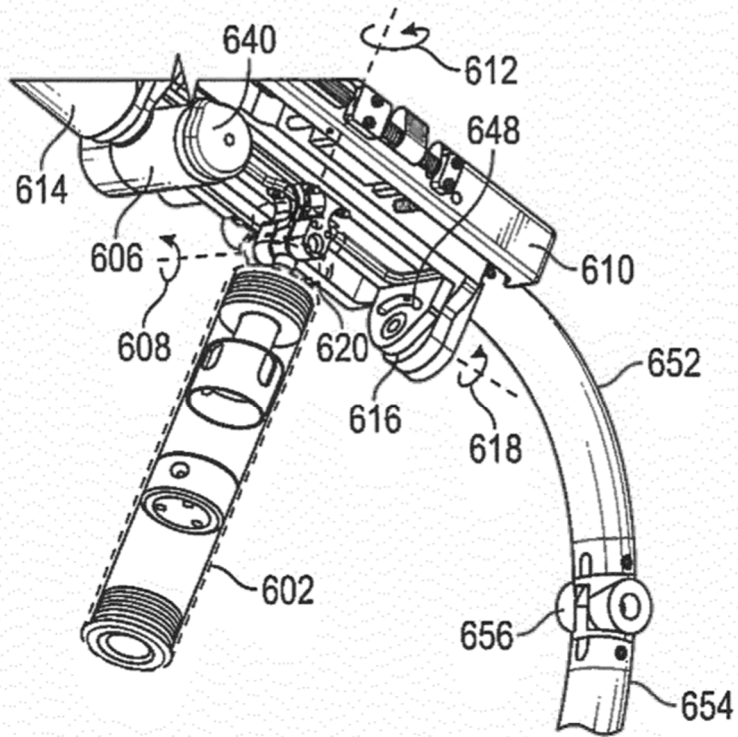


FIG. 11

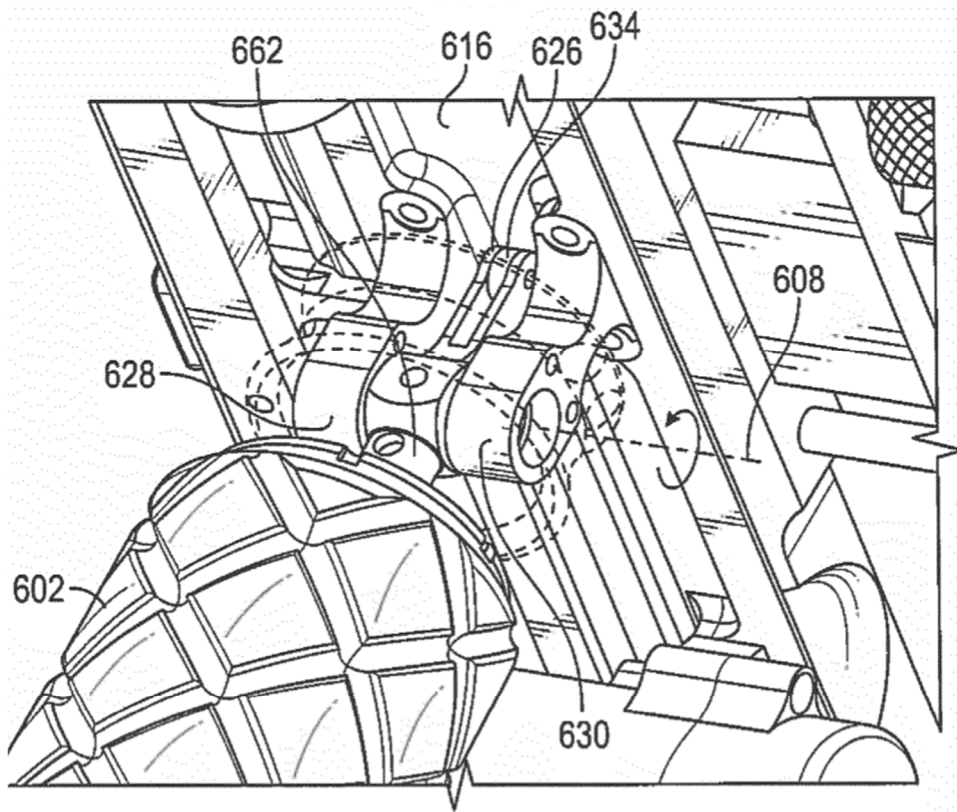


FIG. 12

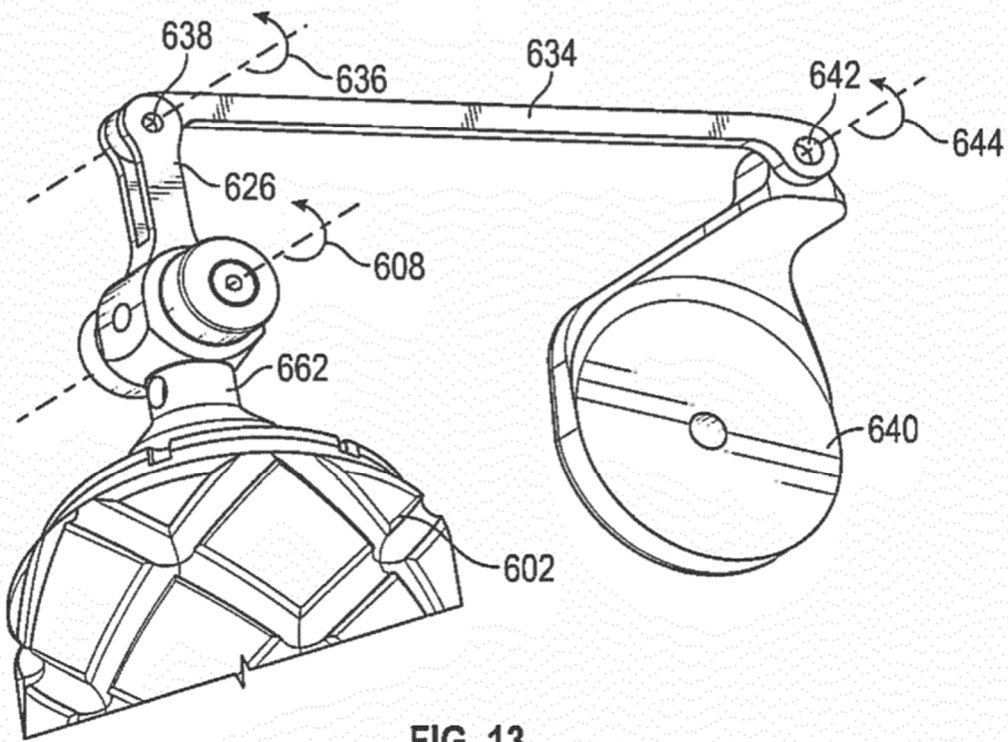


FIG. 13

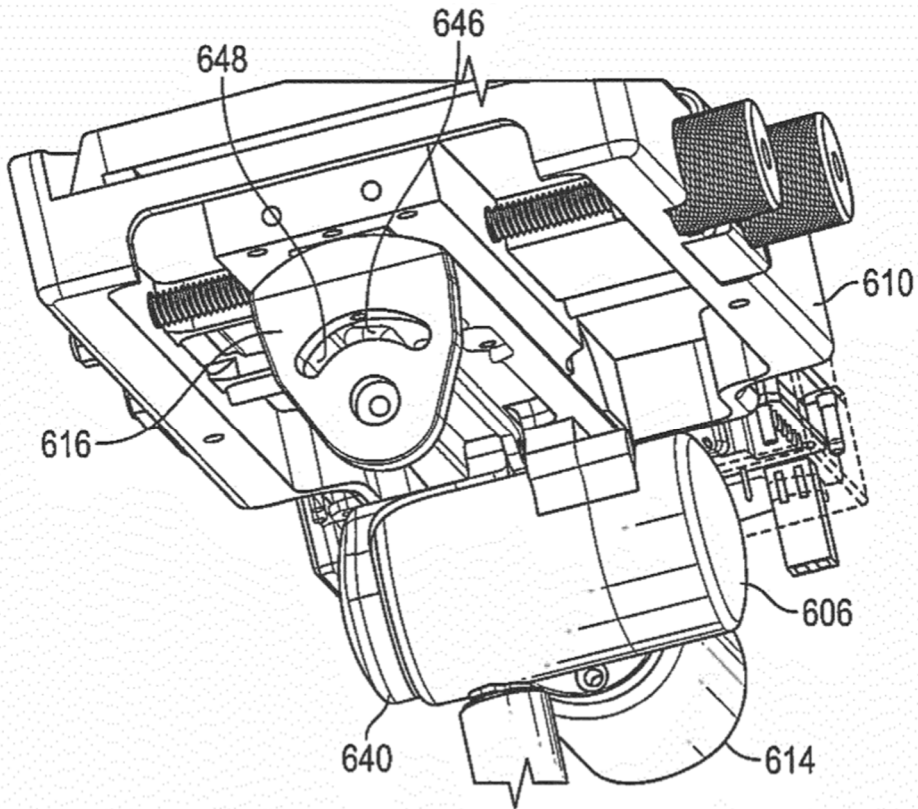


FIG. 14

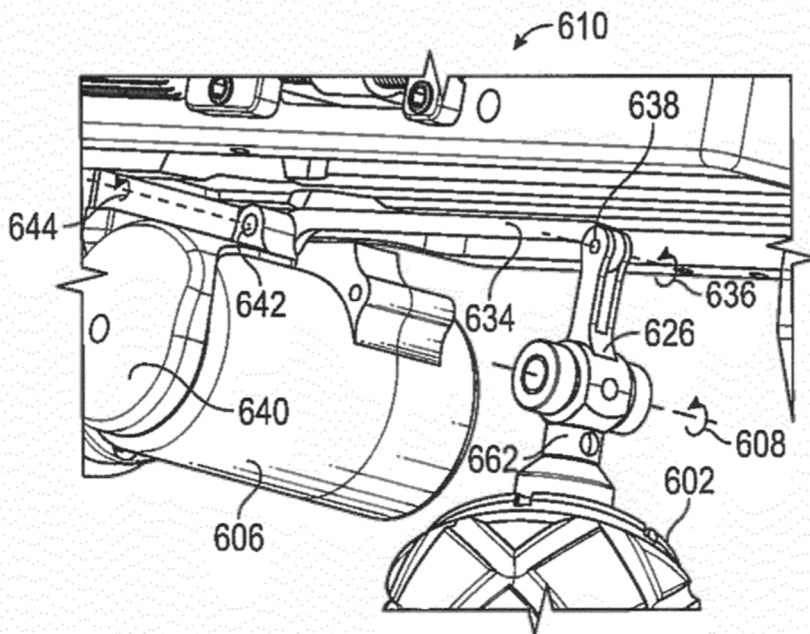


FIG. 15

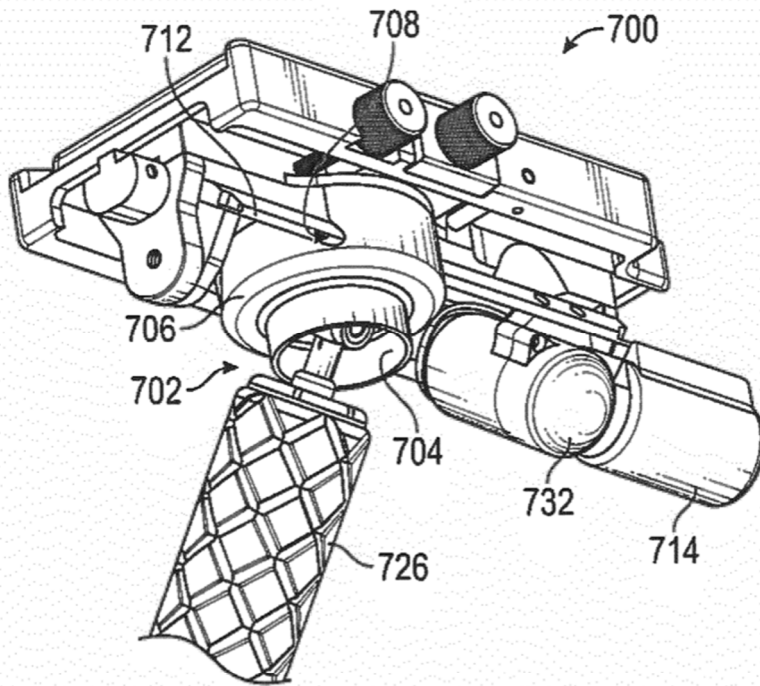


FIG. 16

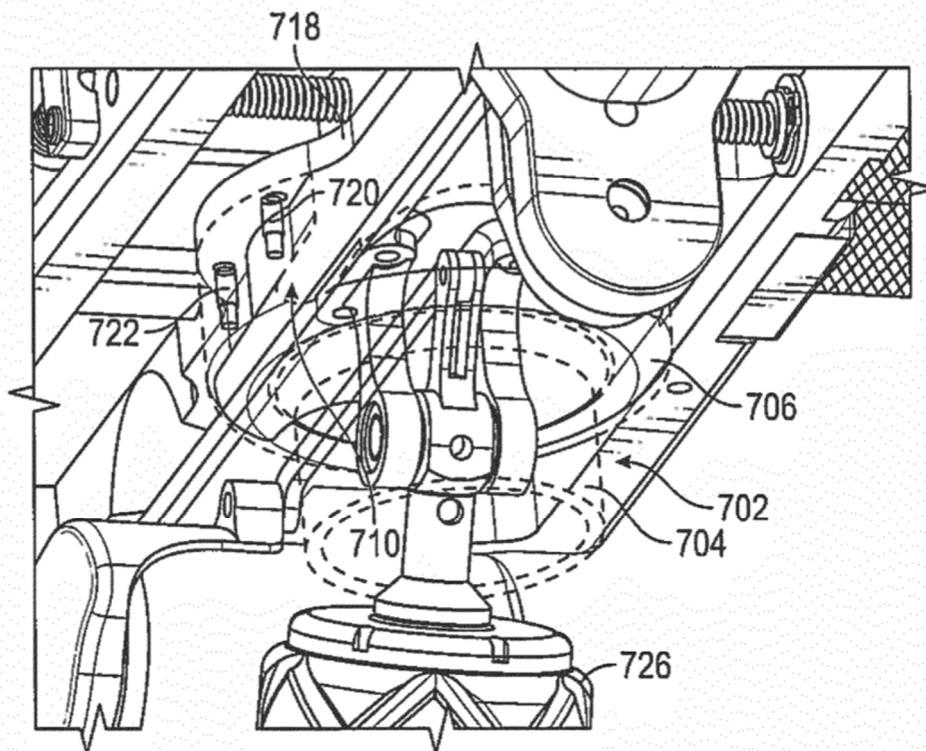


FIG. 17

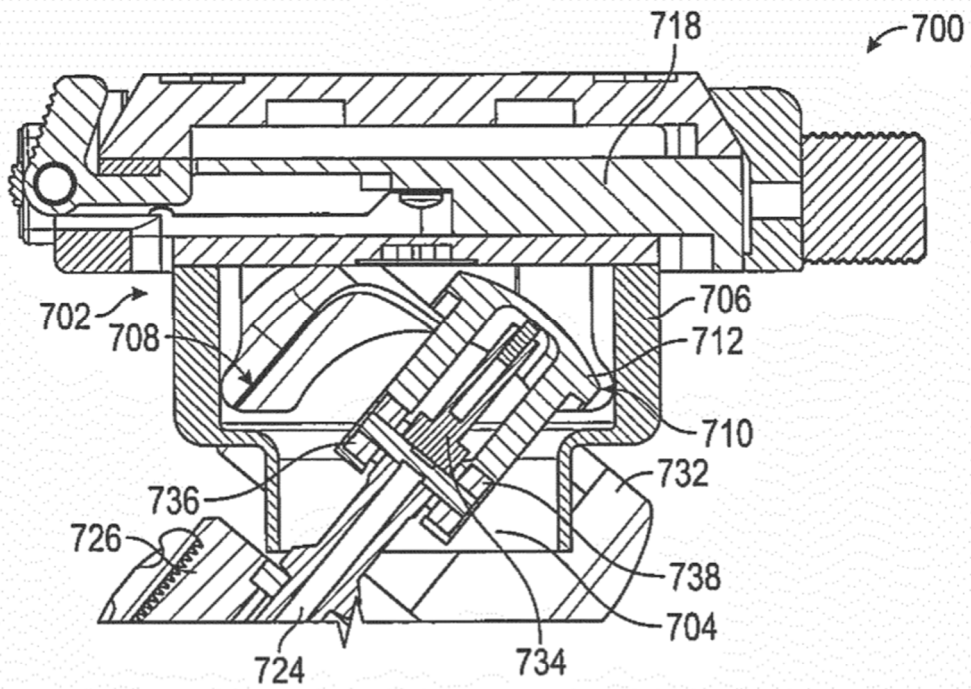


FIG. 18

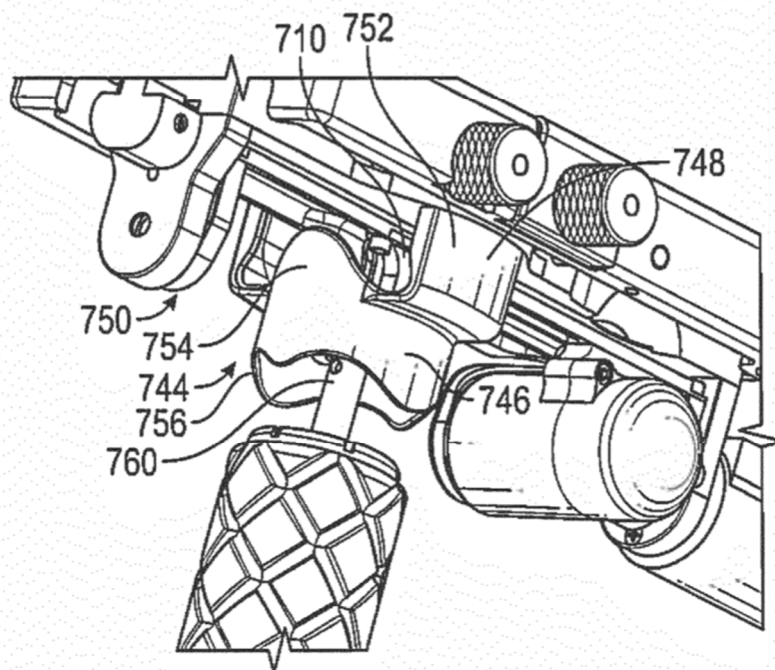


FIG. 19

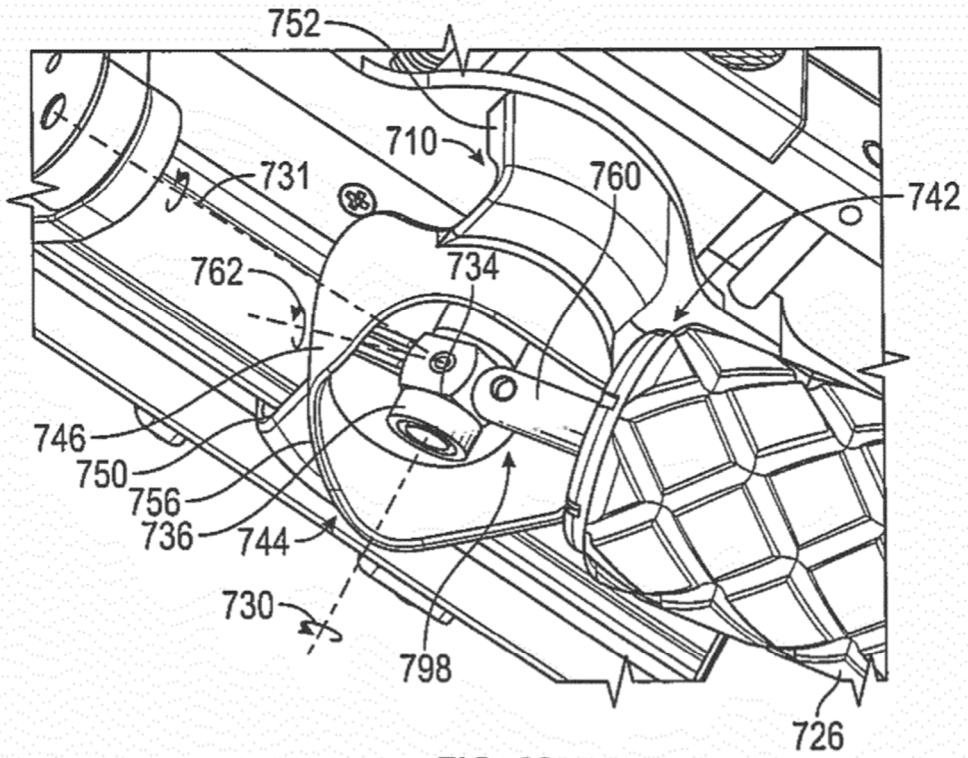


FIG. 20

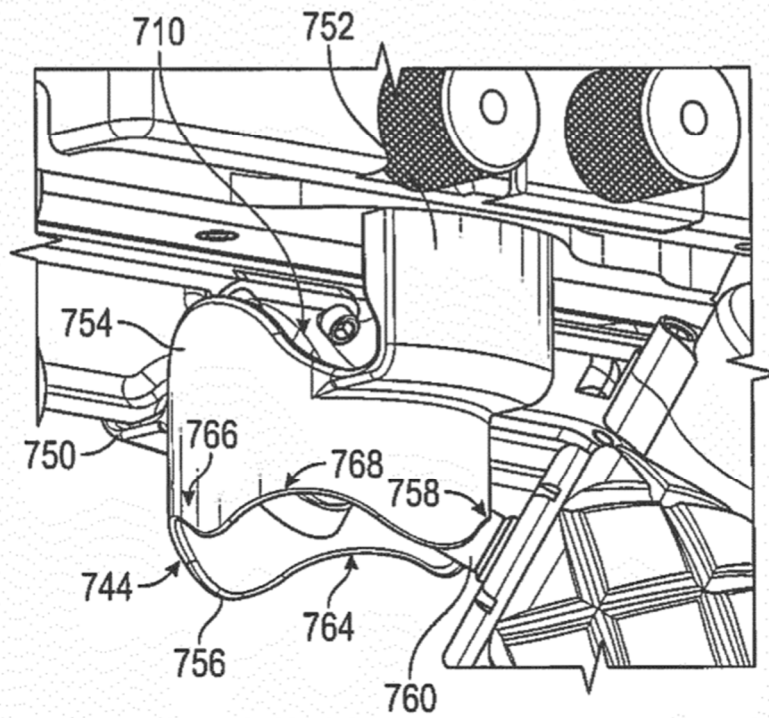
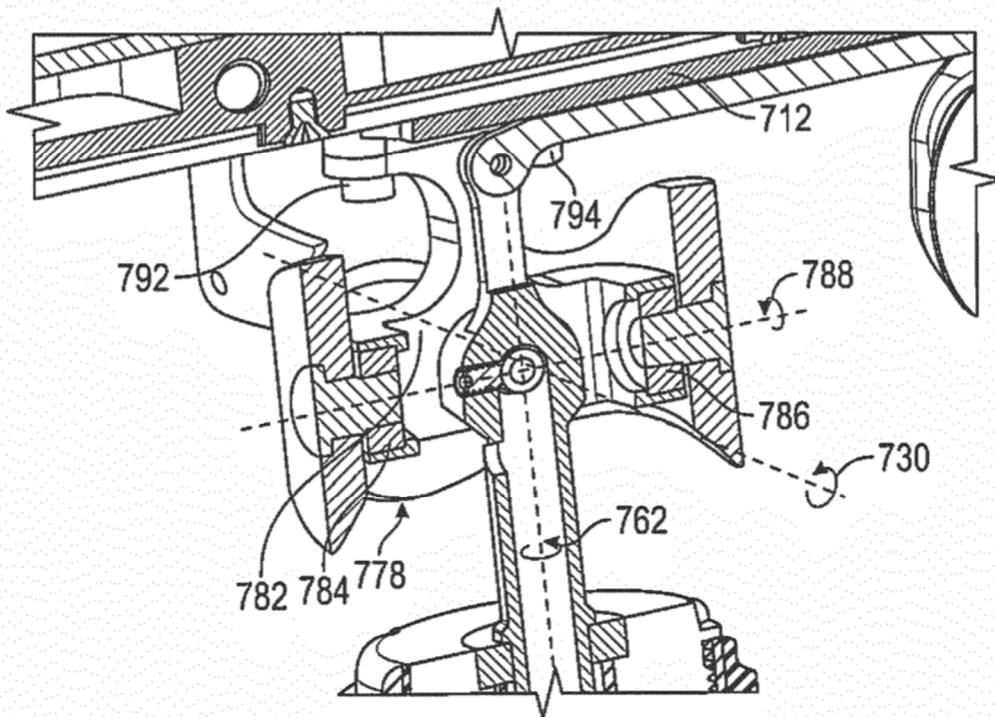
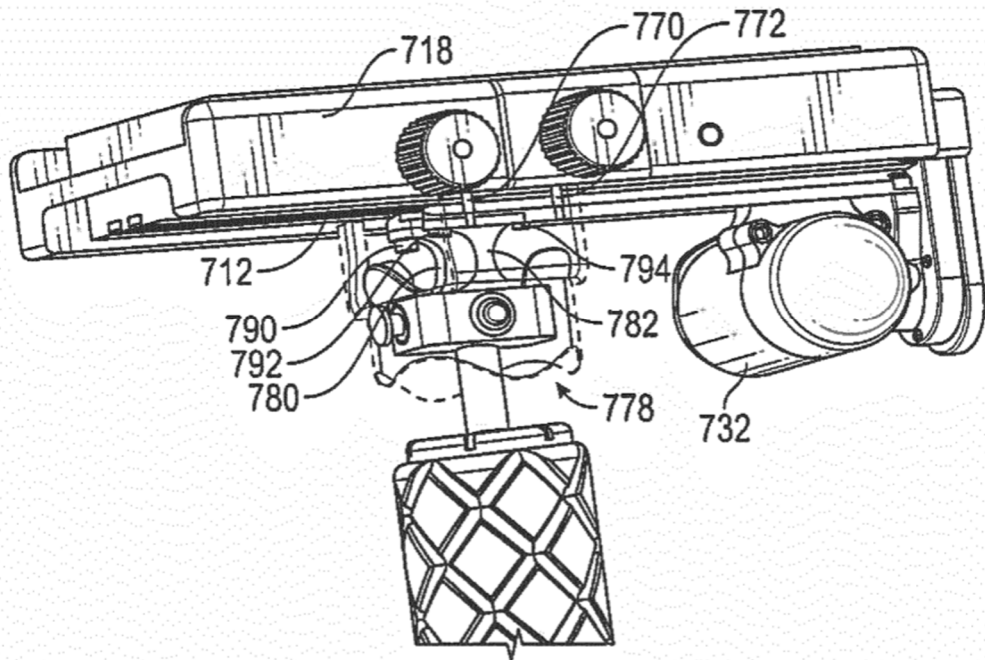


FIG. 21



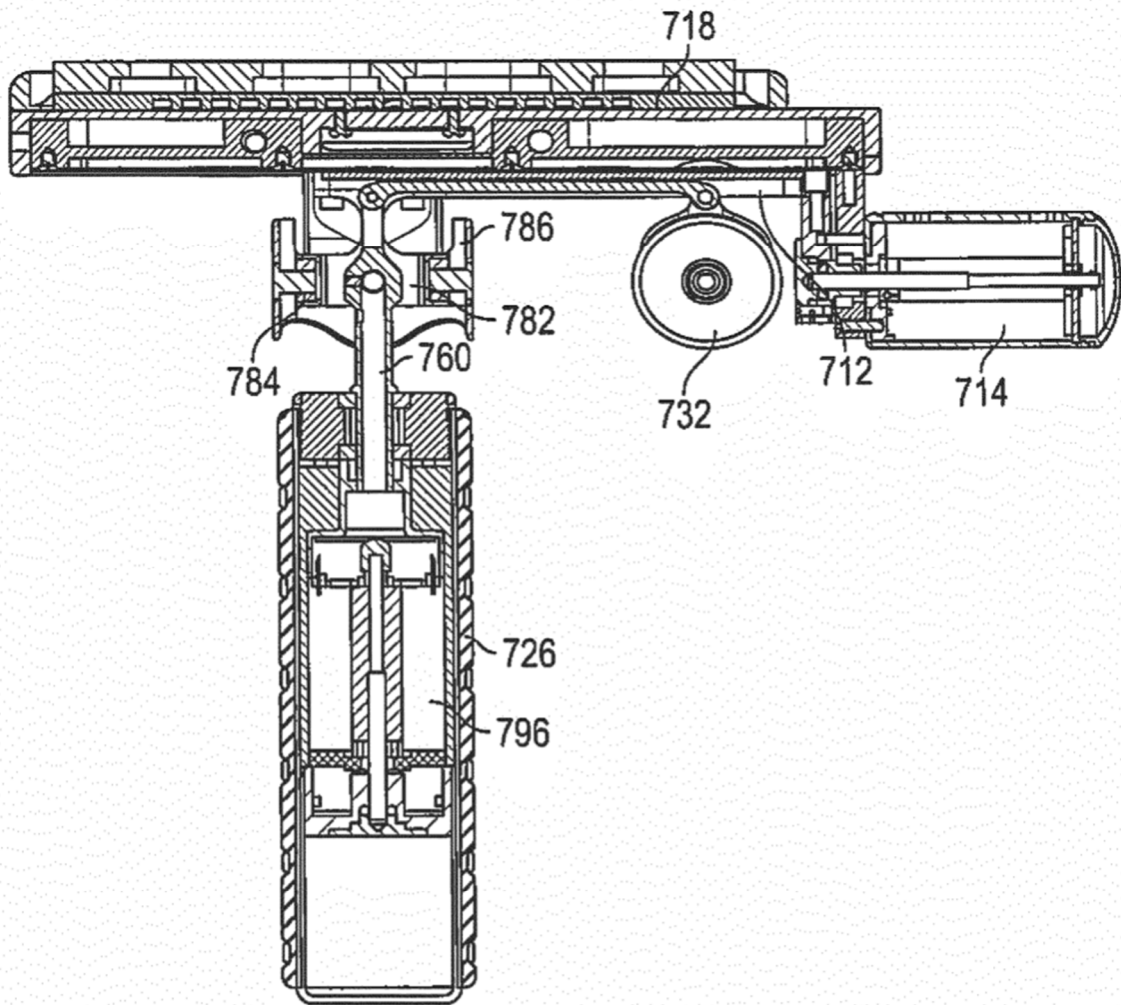


FIG. 24

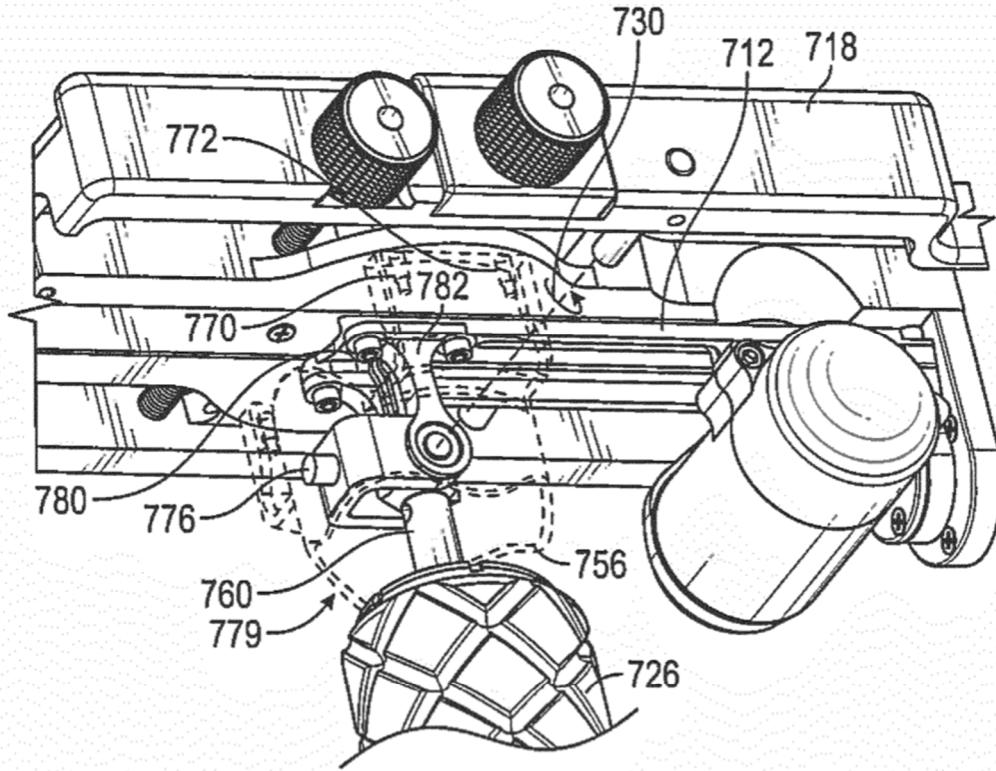


FIG. 25

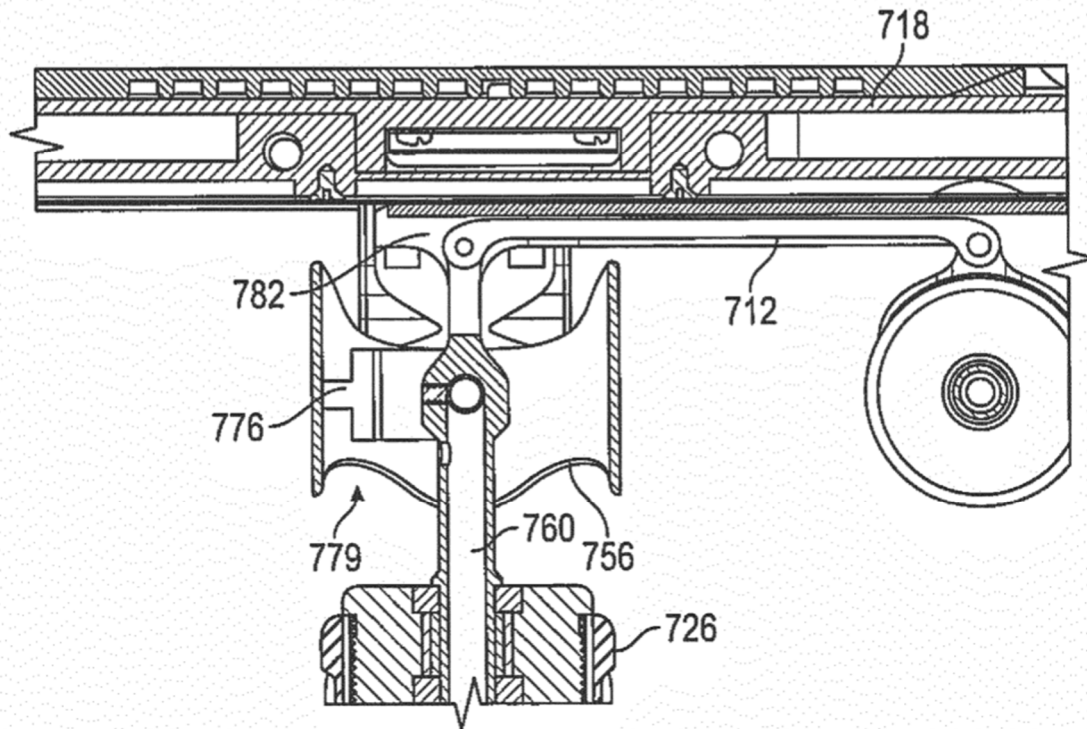


FIG. 26

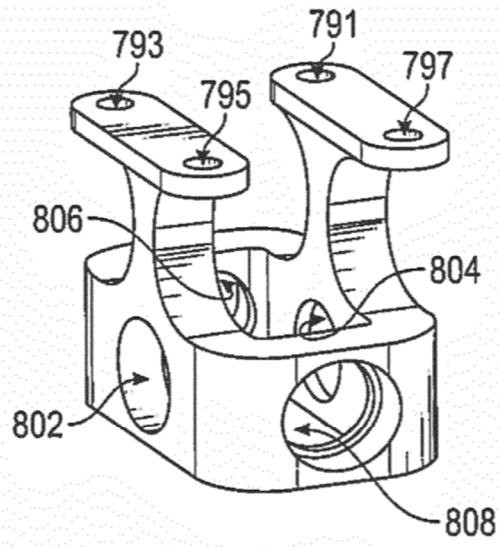


FIG. 27

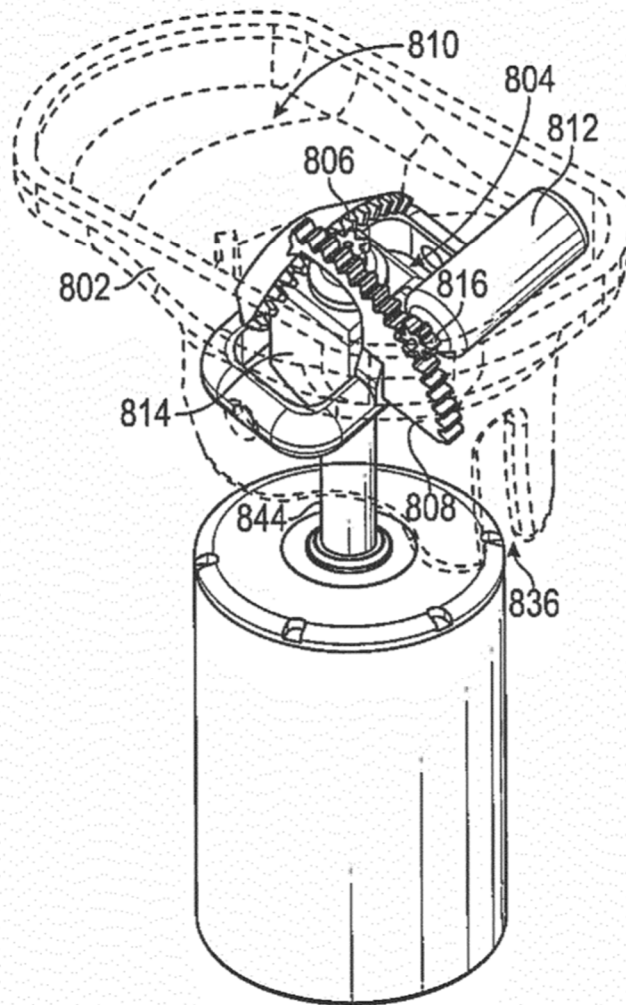


FIG. 28

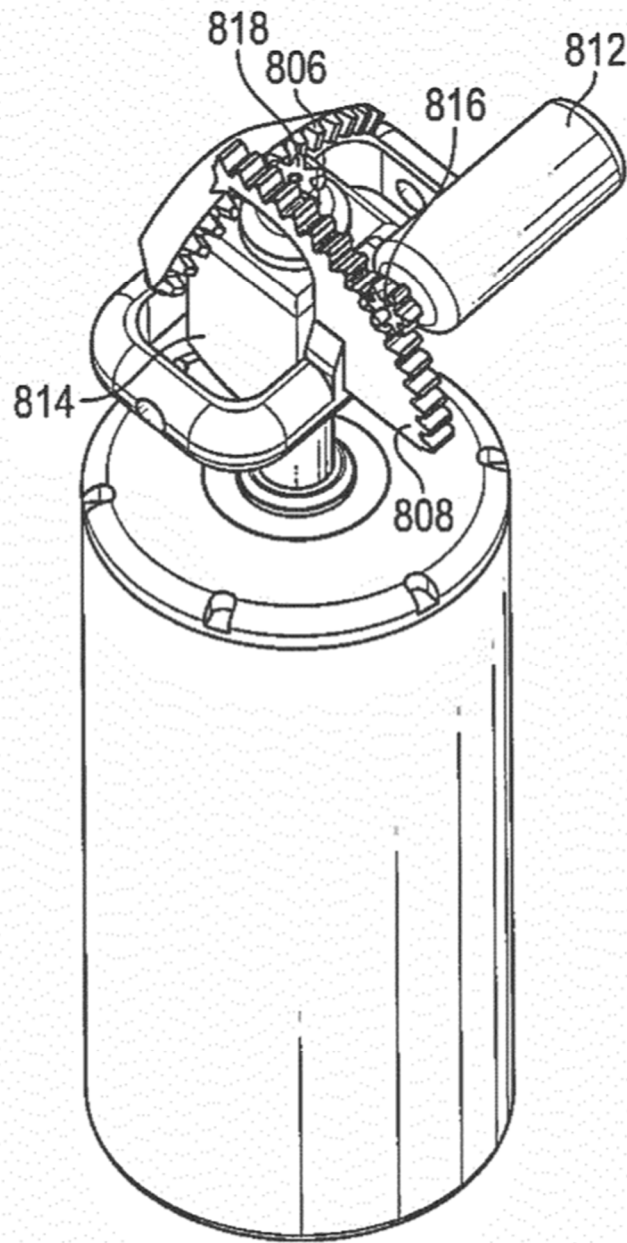


FIG. 29

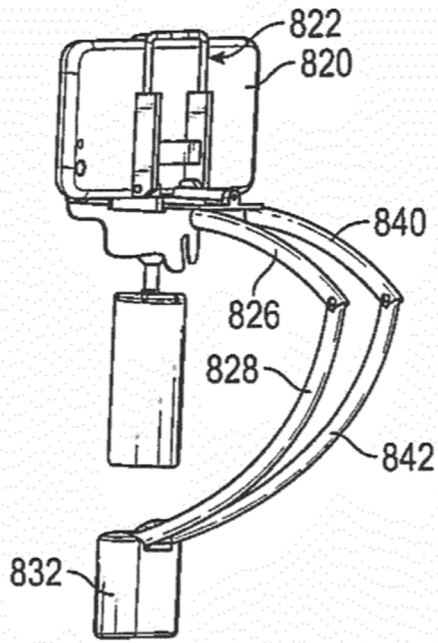


FIG. 30

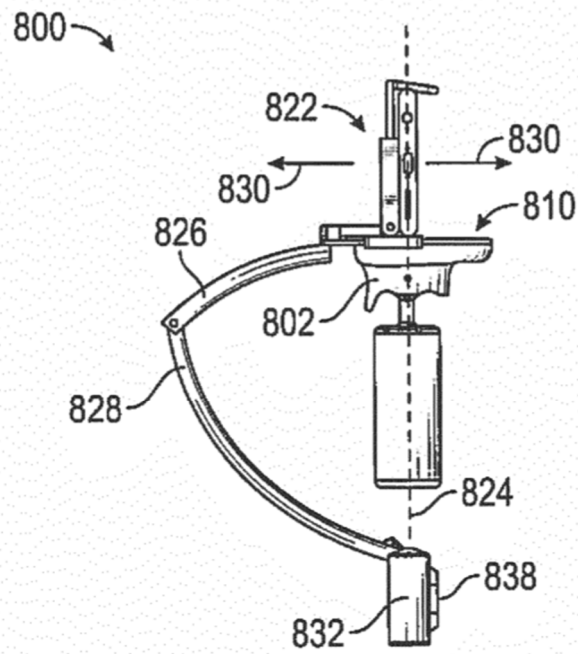


FIG. 31

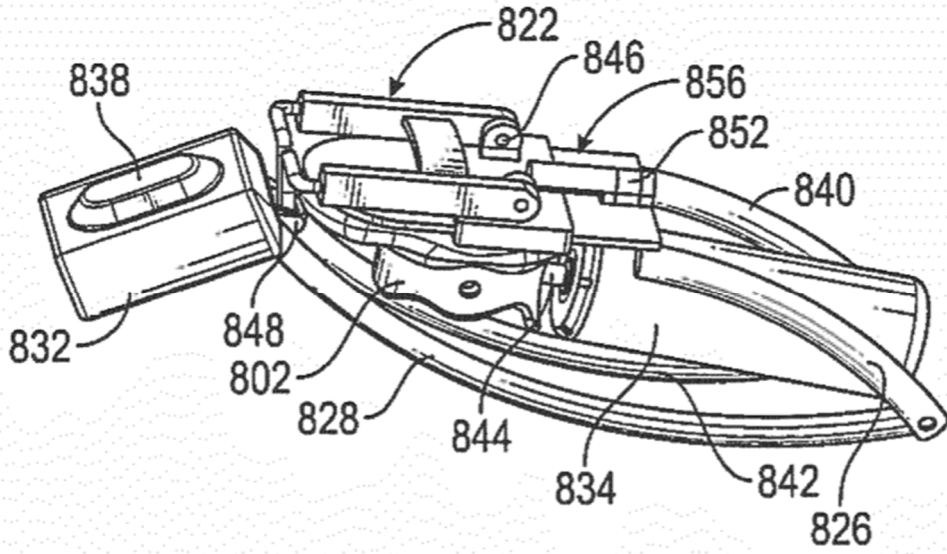


FIG. 32

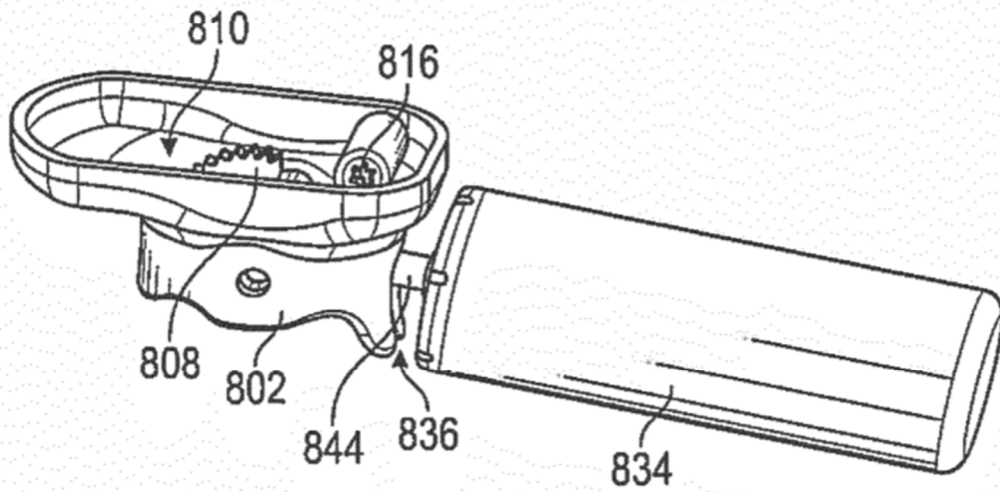


FIG. 33

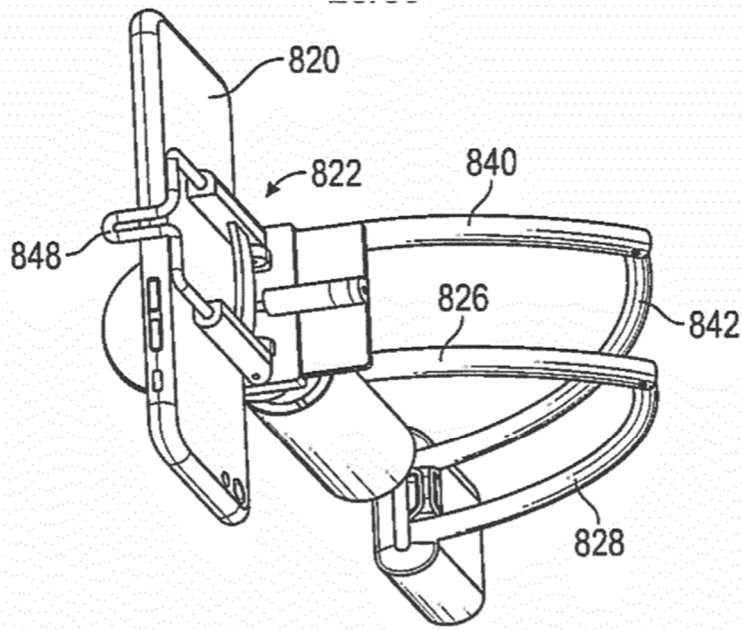


FIG. 34

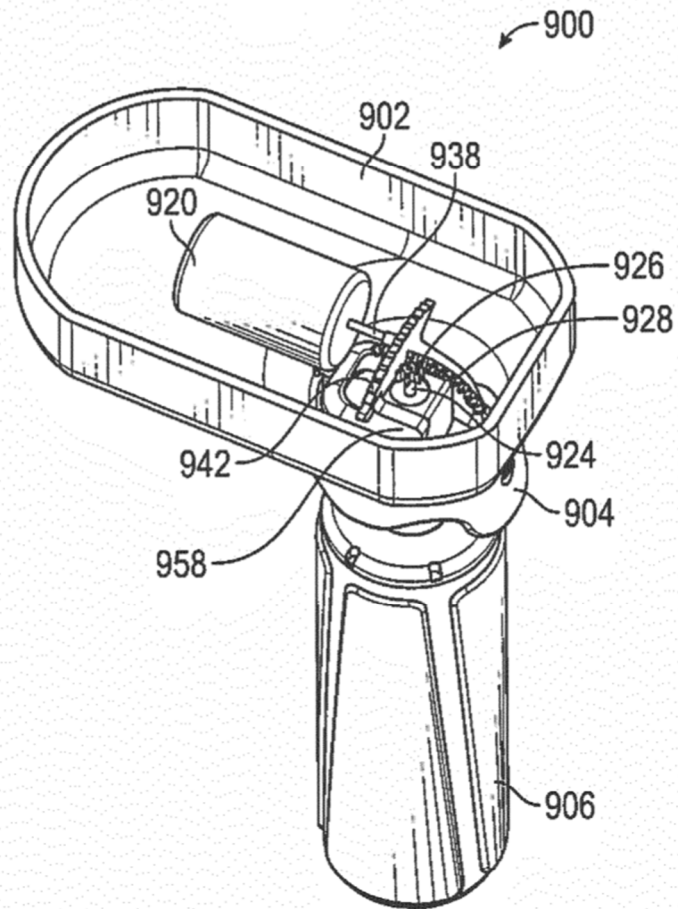
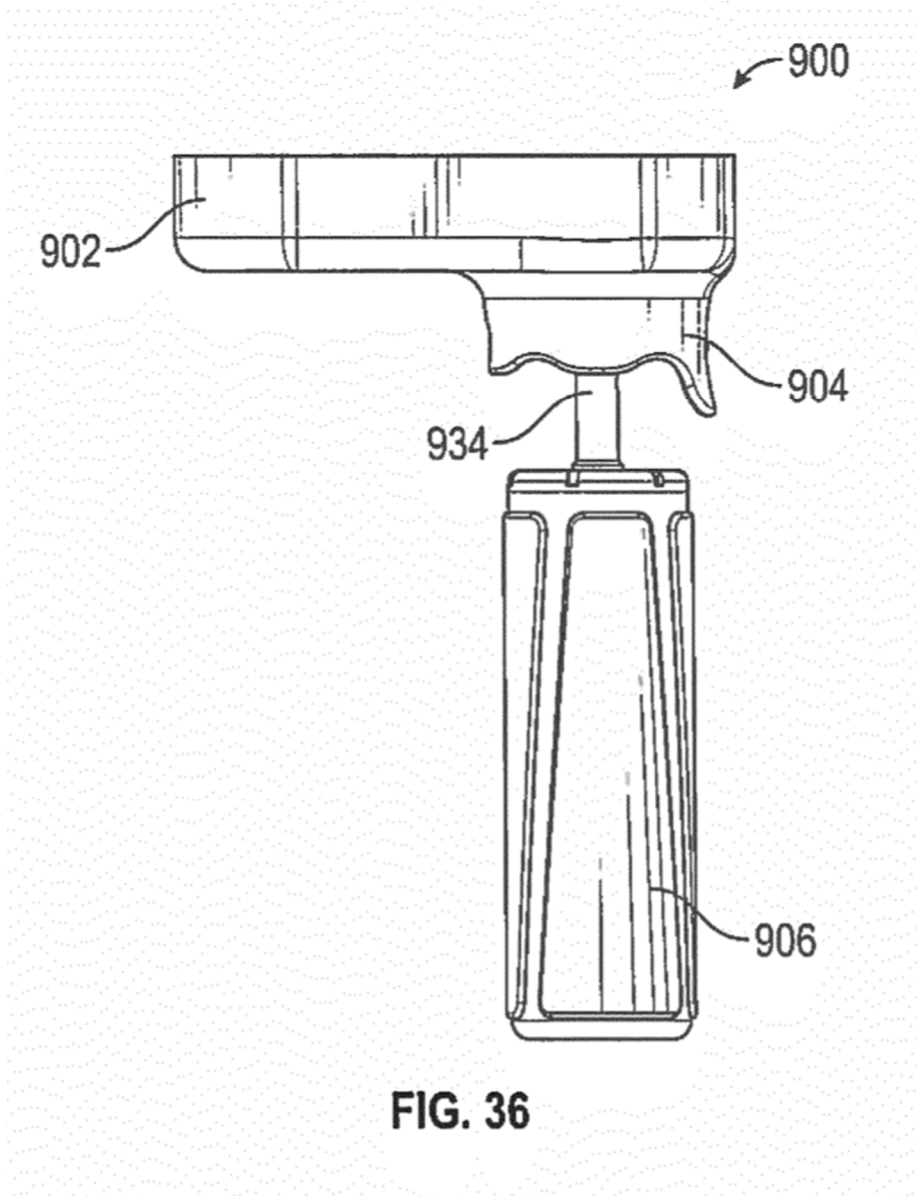
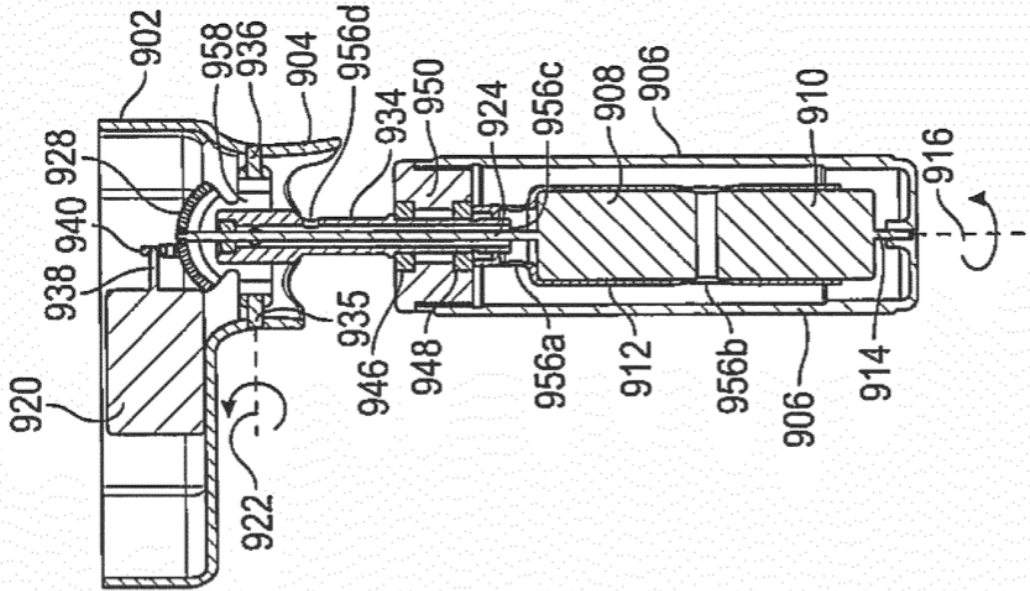


FIG. 35





SECCIÓN A-A
FIG. 38

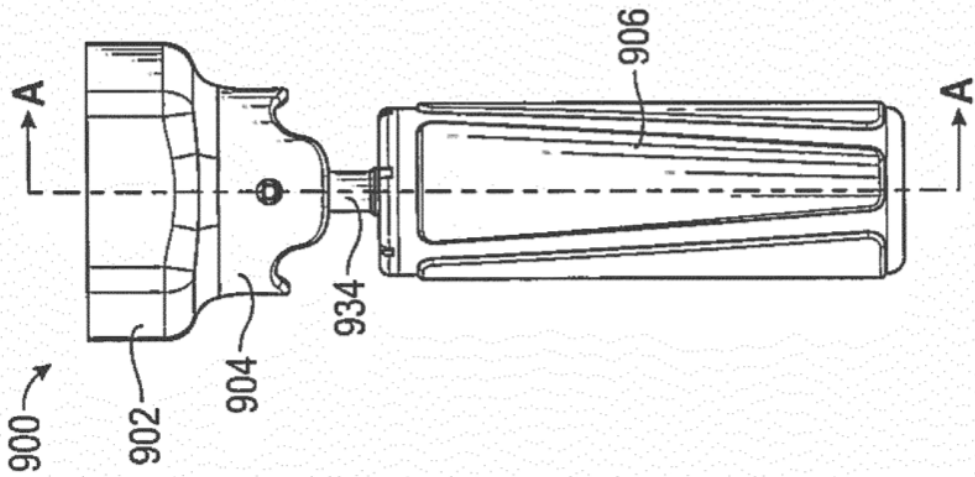


FIG. 37

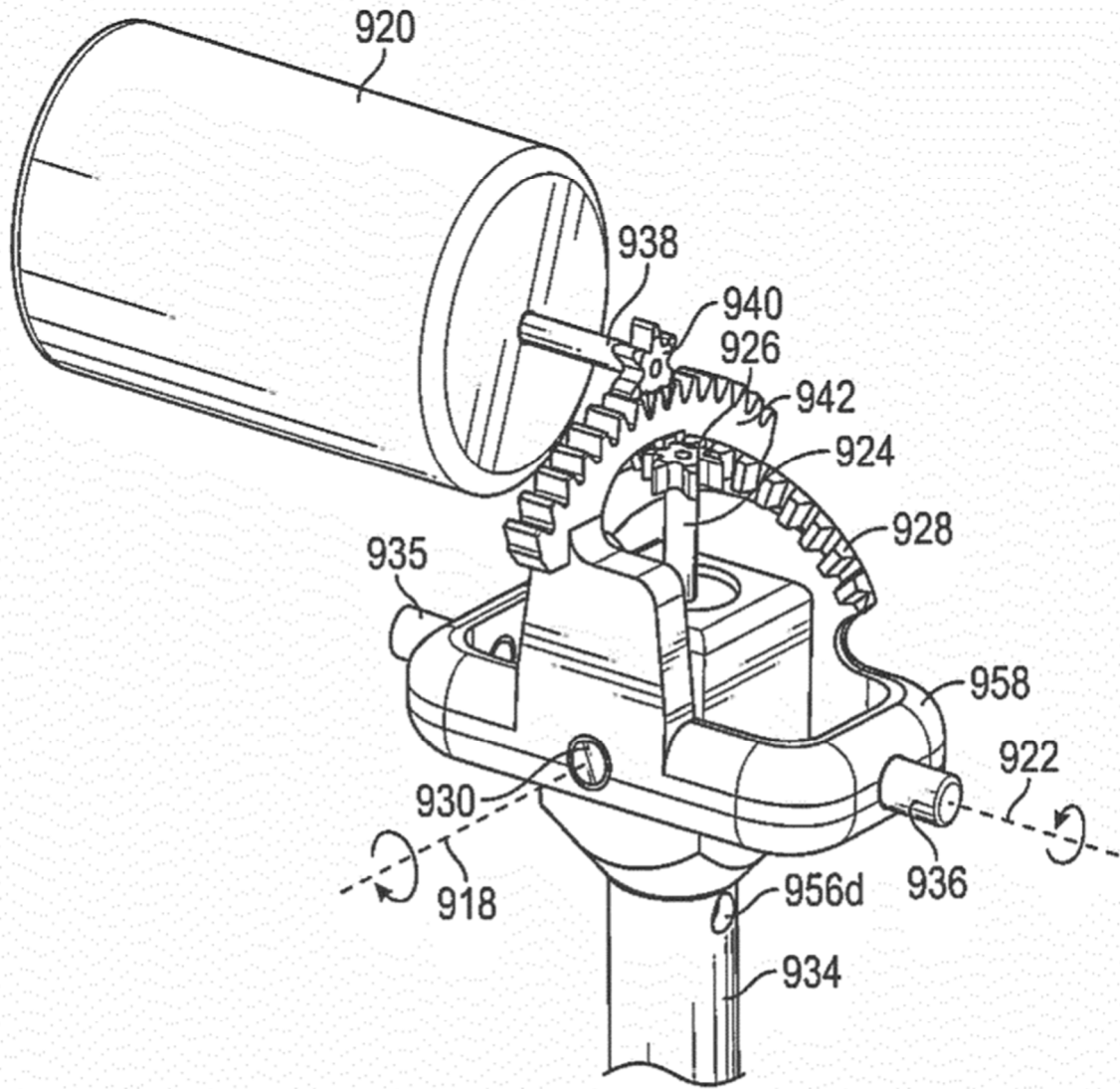


FIG. 39

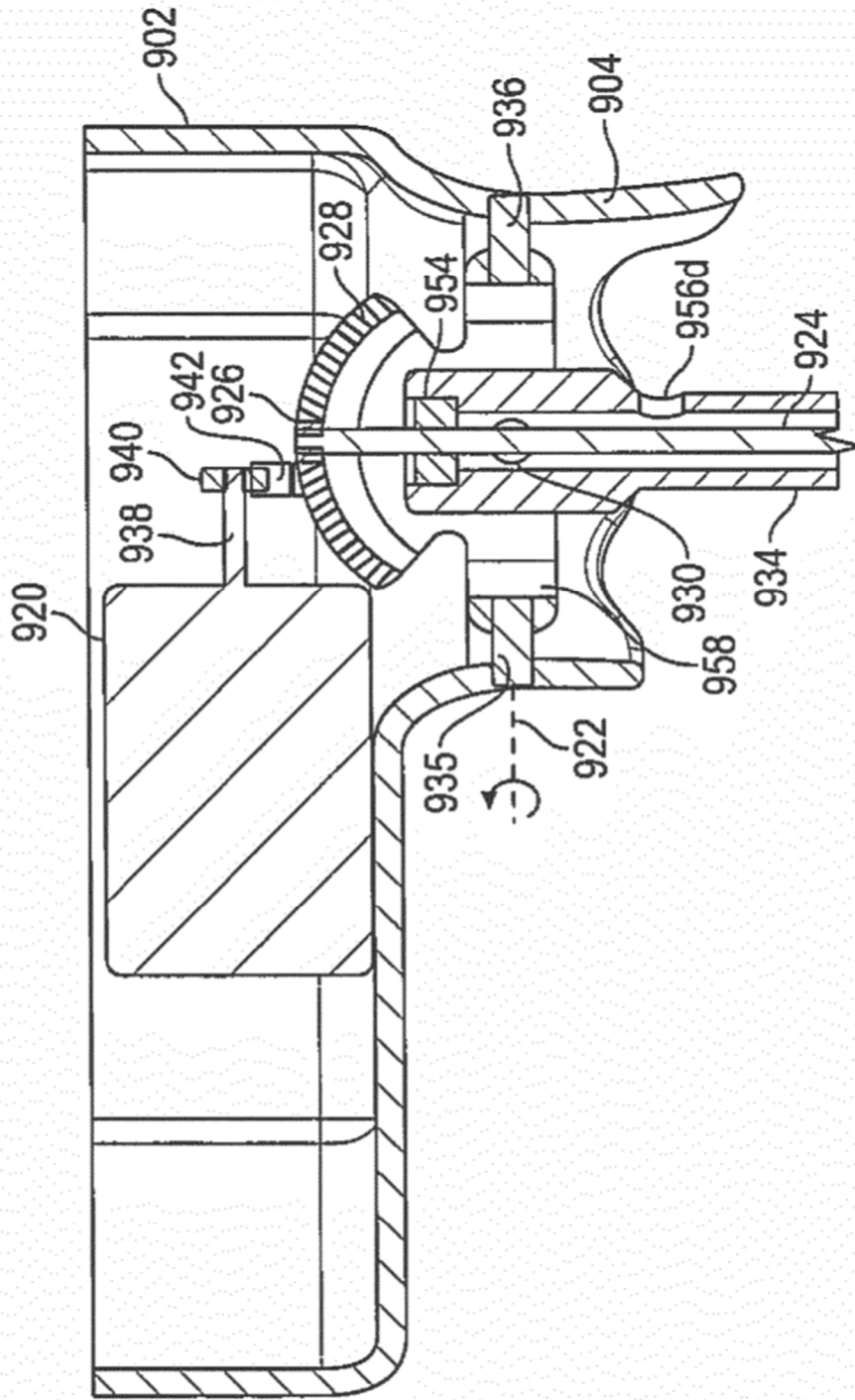


FIG. 40

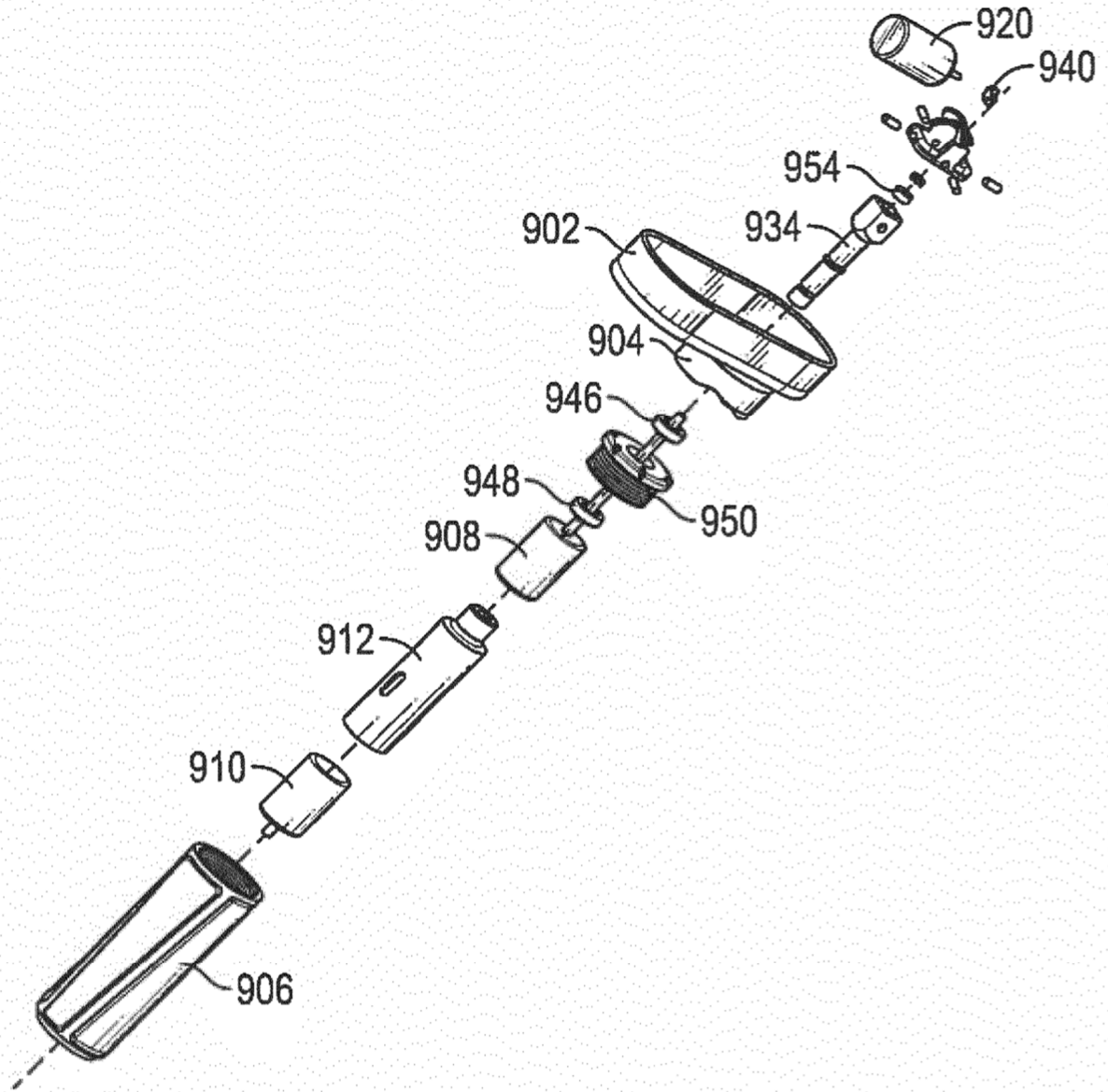


FIG. 41

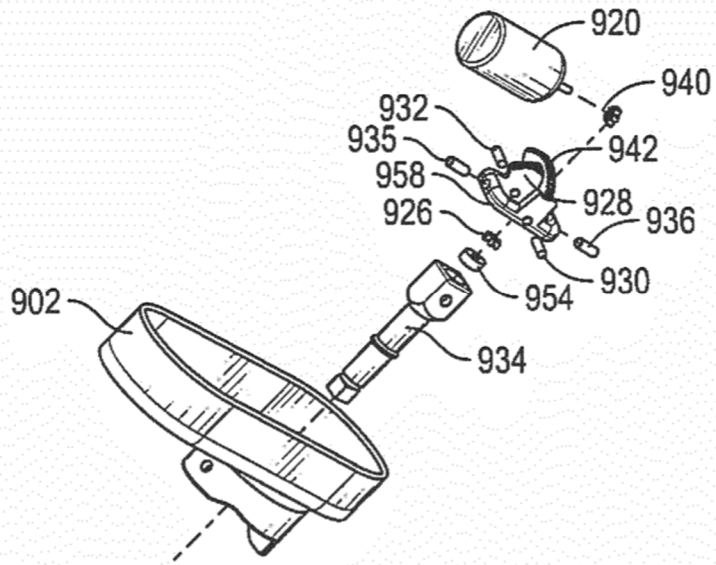


FIG. 42

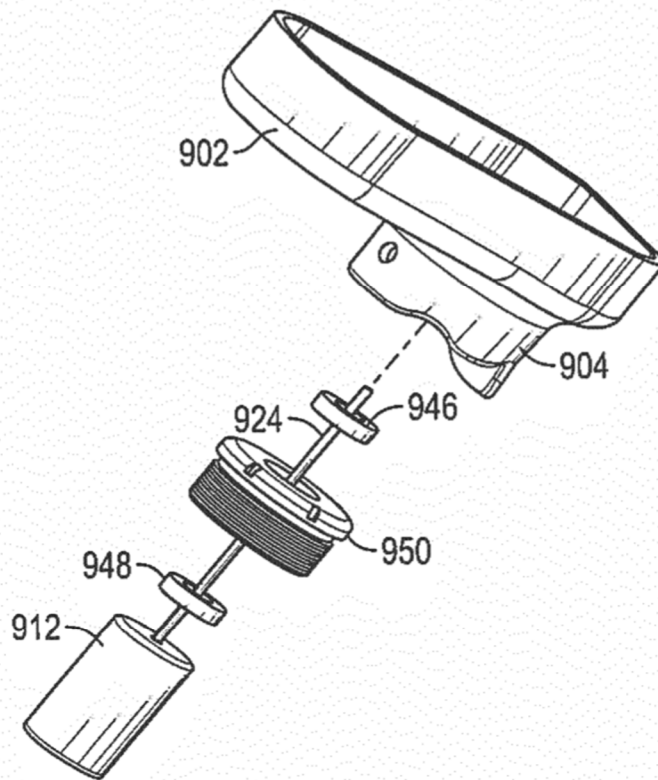


FIG. 43

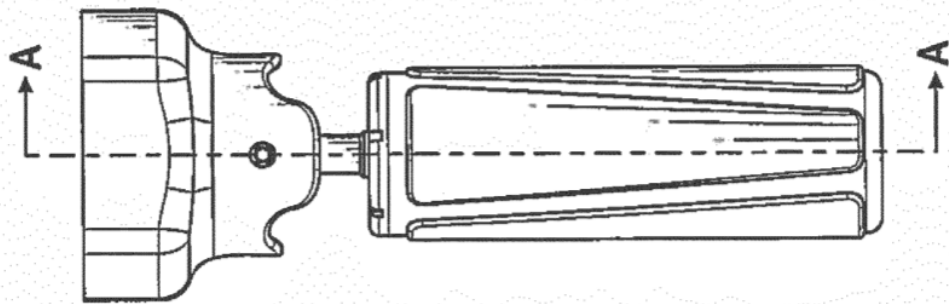
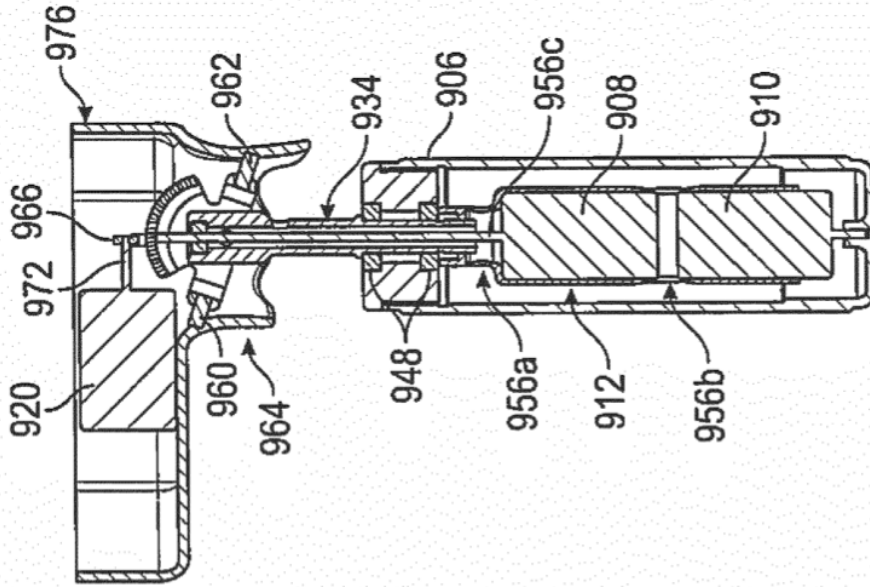


FIG. 44



SECCIÓN A-A

FIG. 45

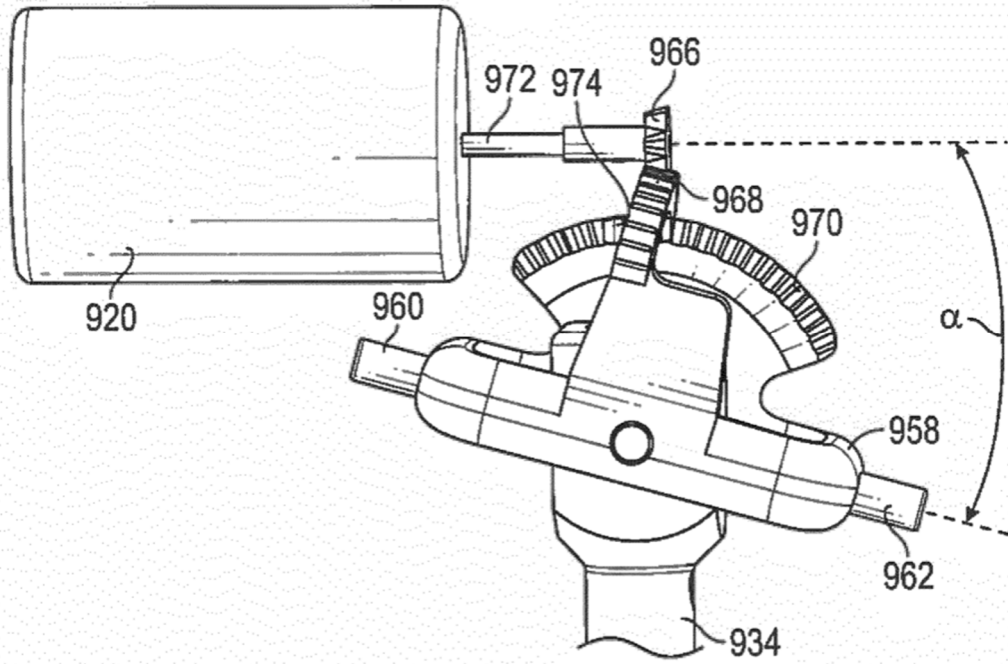


FIG. 46

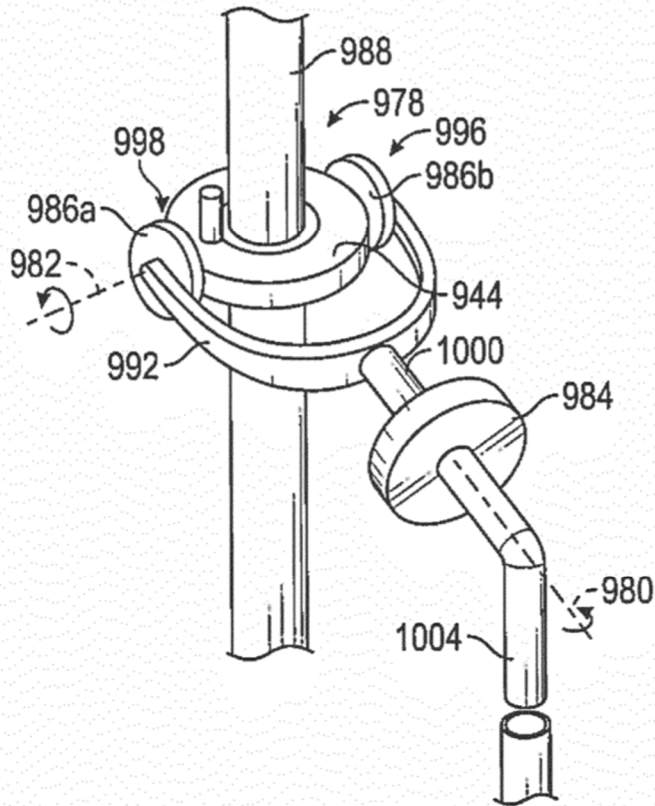


FIG. 47

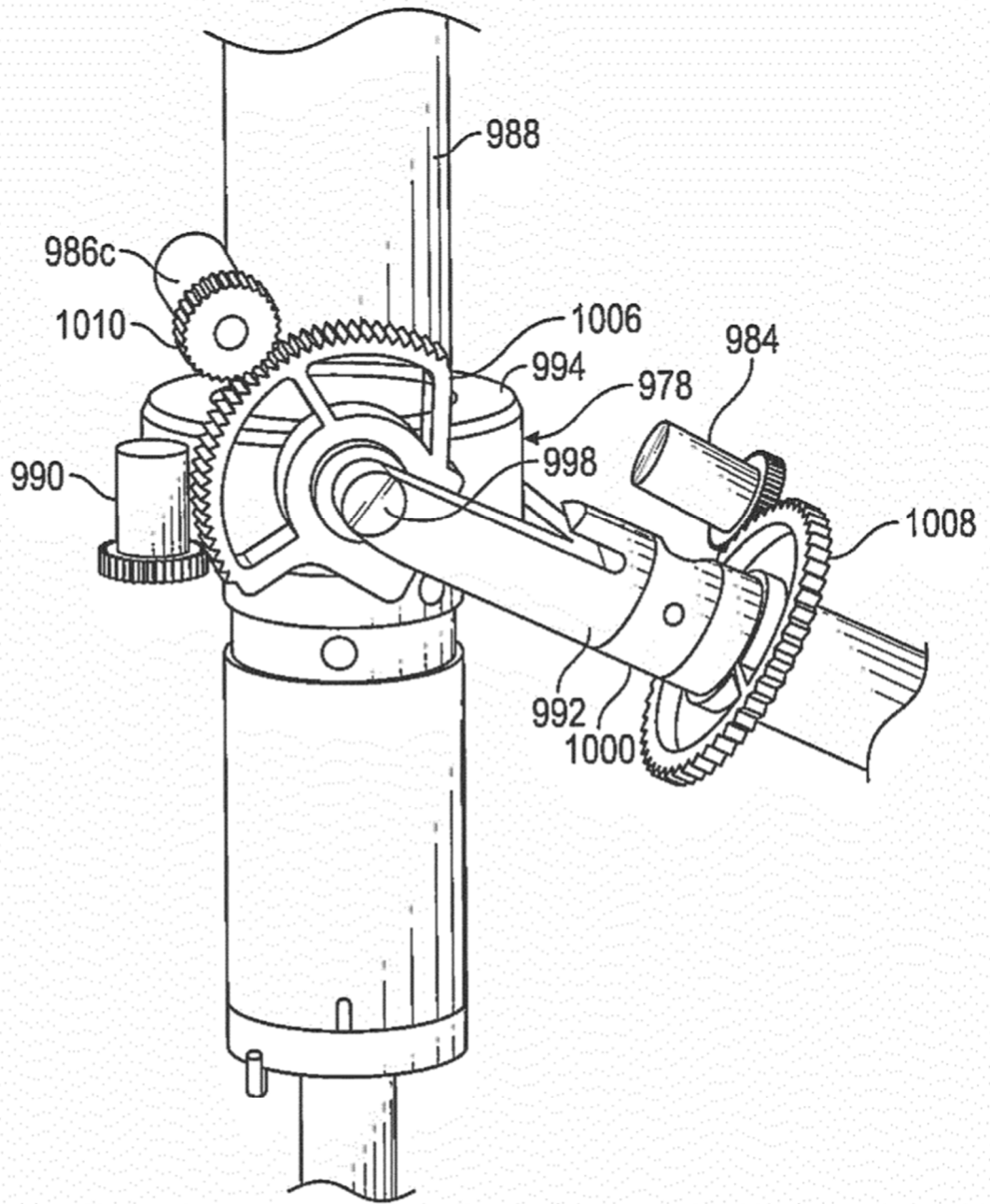


FIG. 48

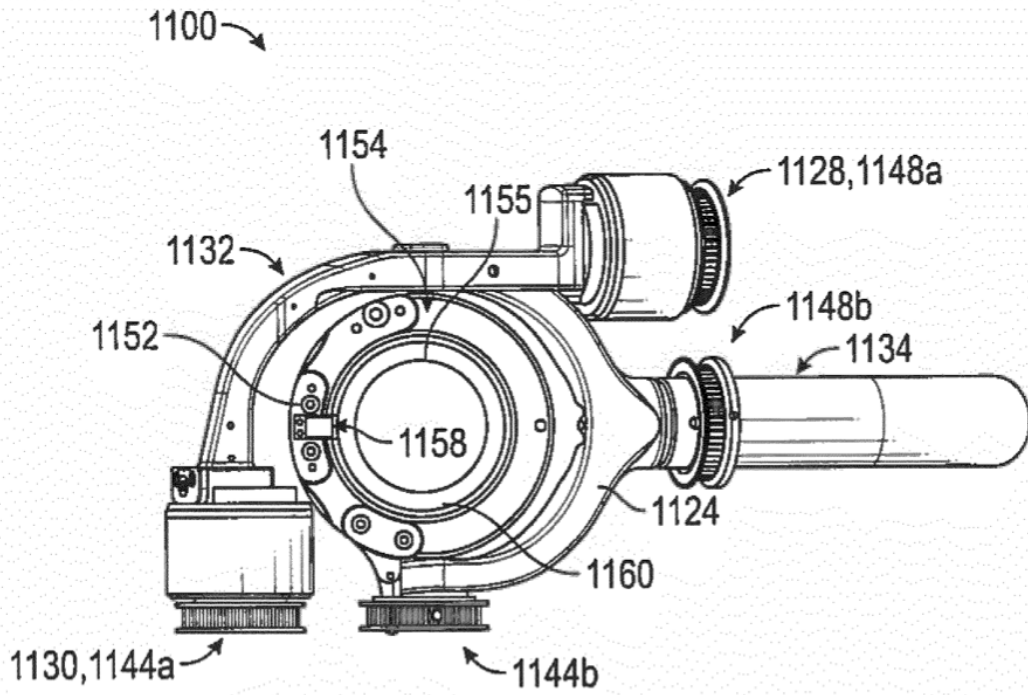


FIG. 49

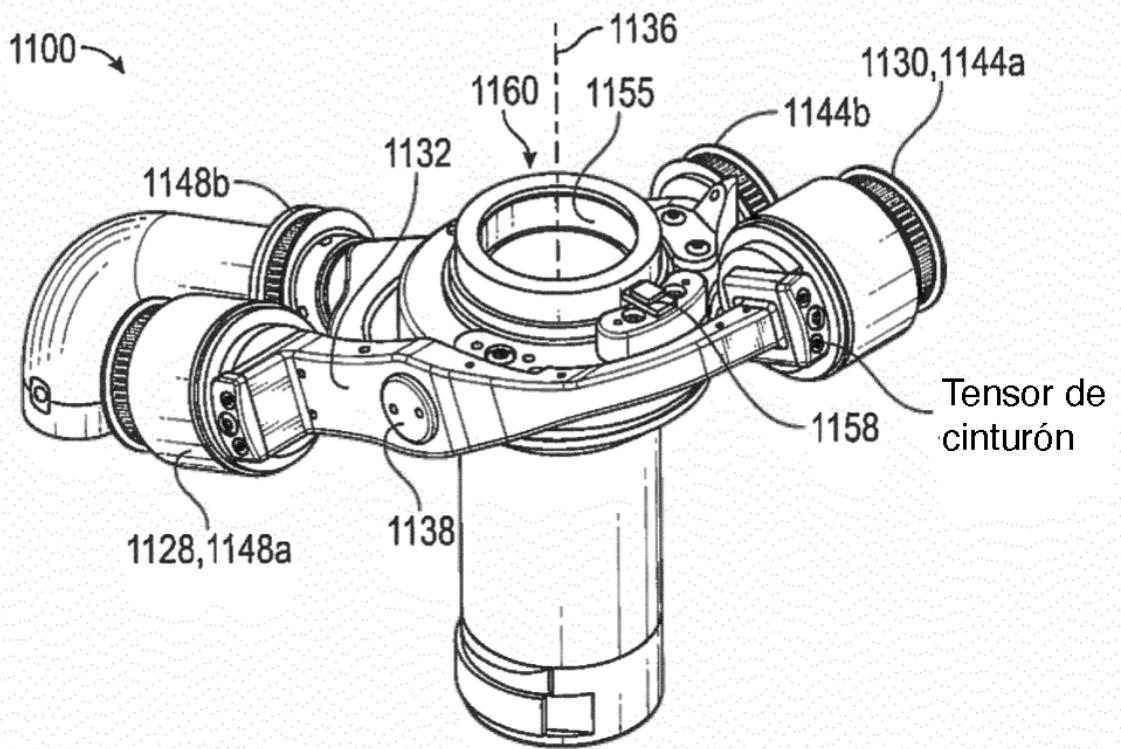
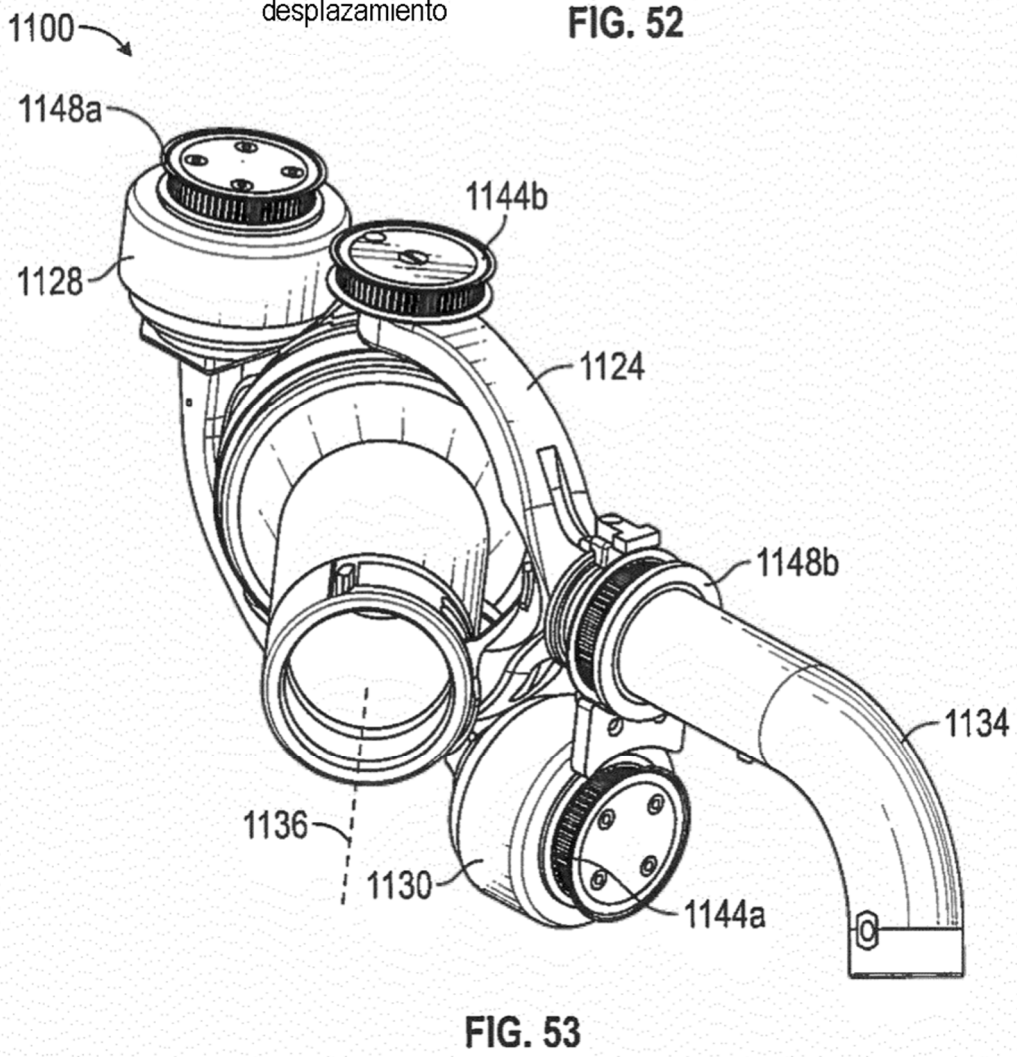
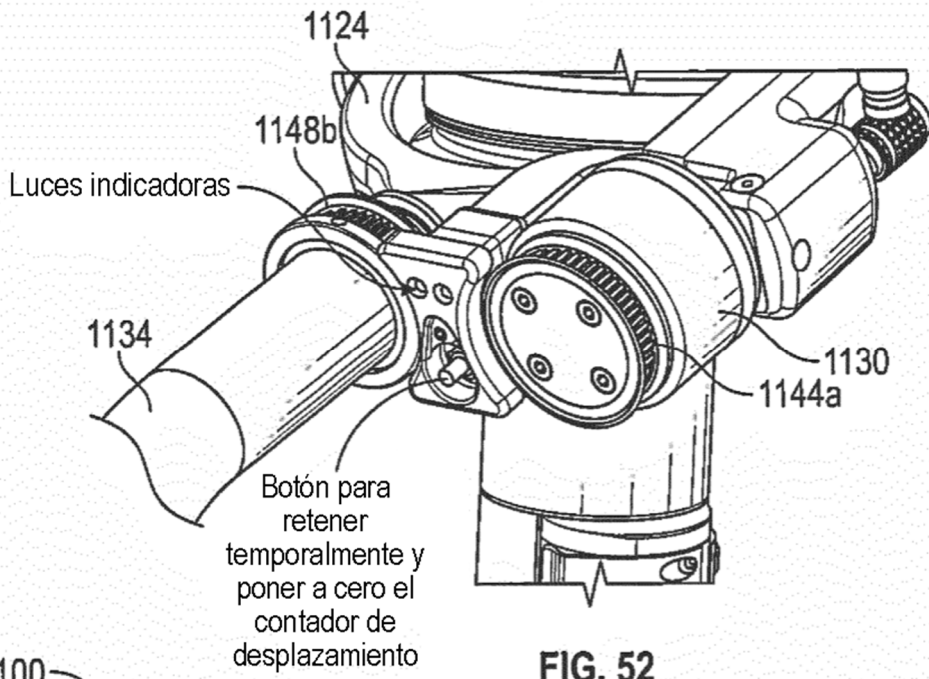


FIG. 50



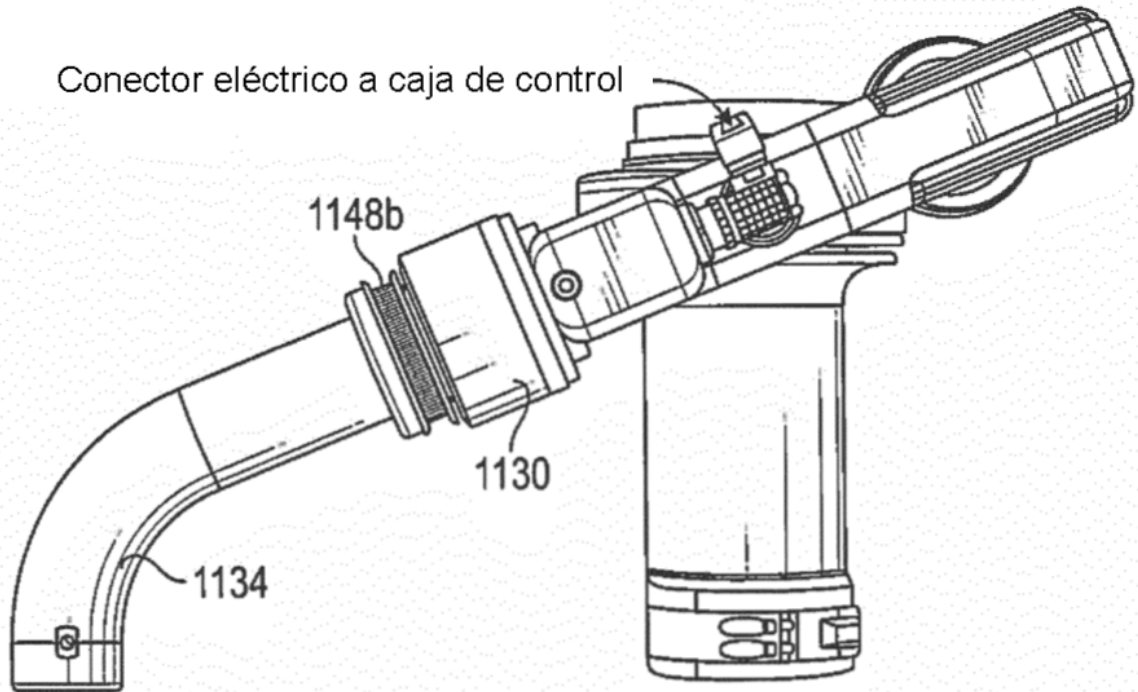


FIG. 54

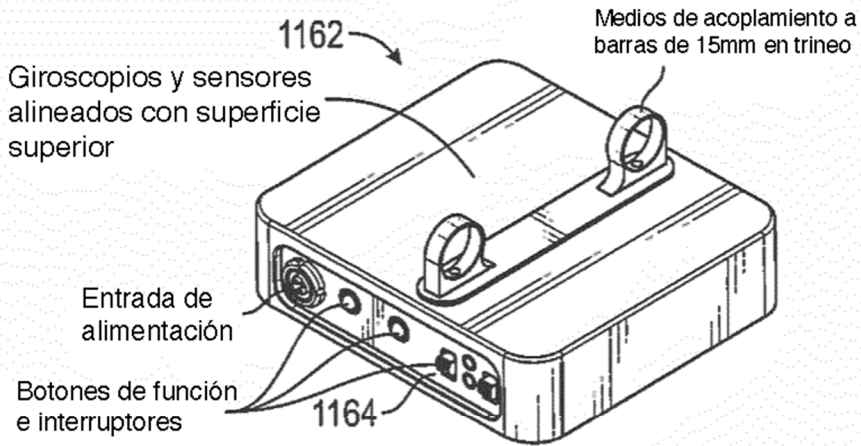


FIG. 55

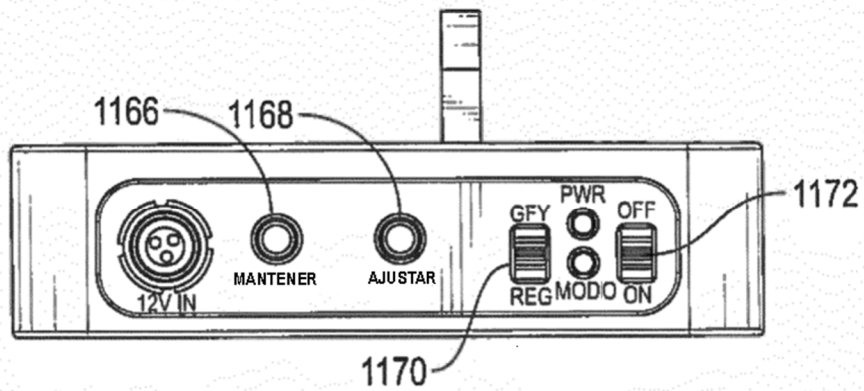


FIG. 56

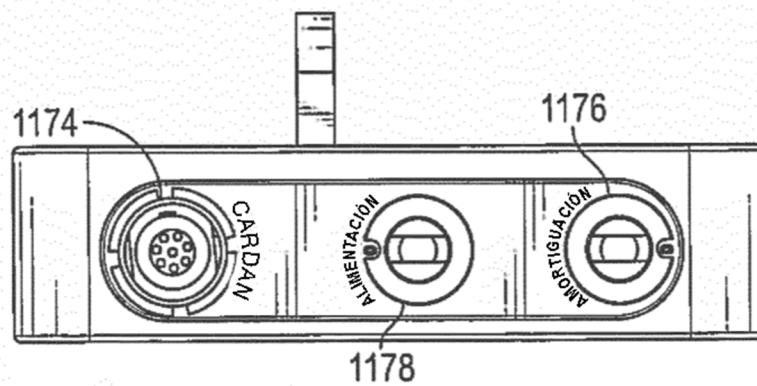


FIG. 57

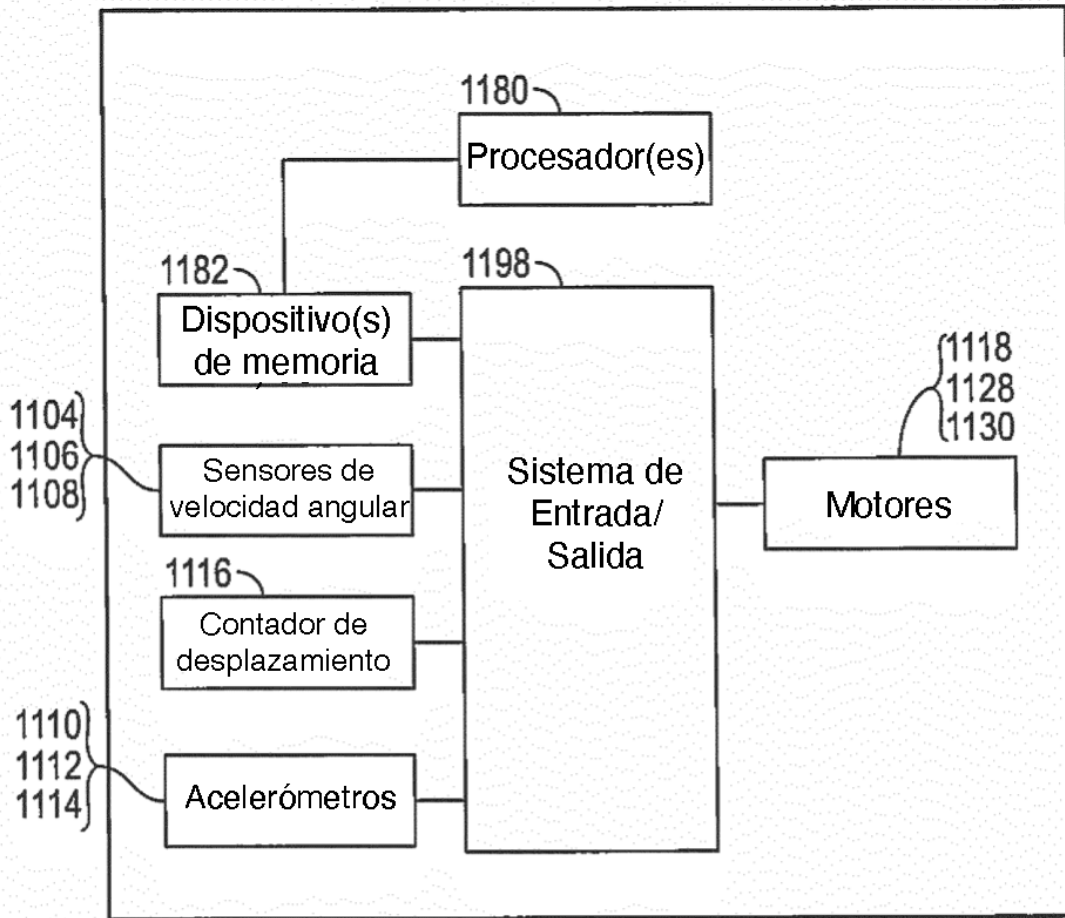


FIG. 58

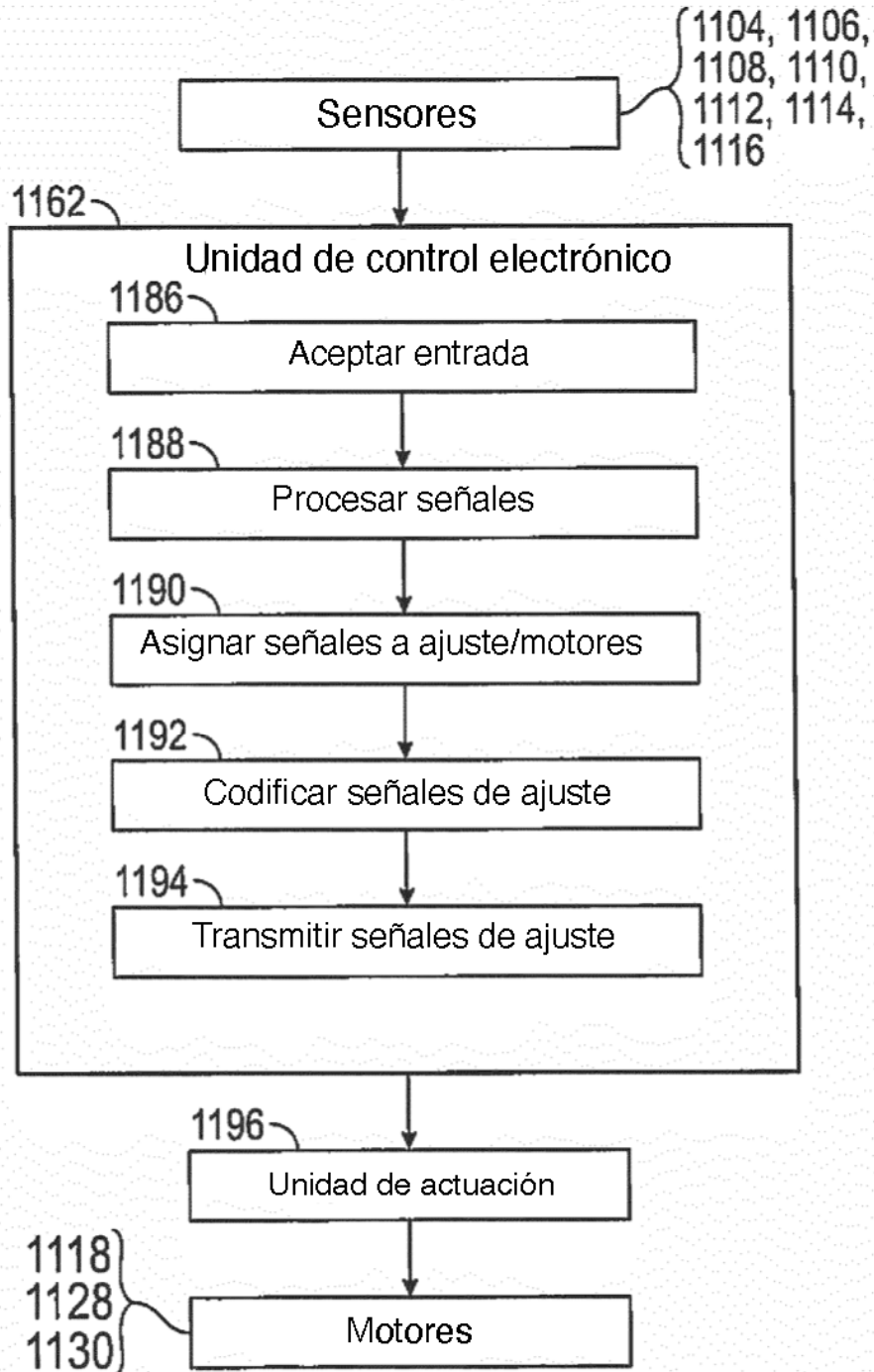


FIG. 59