

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 642 050**

51 Int. Cl.:

G01B 5/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.06.2009 PCT/US2009/003690**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.12.2009 WO09154792**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2009 E 09767105 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017 EP 2307848**

54 Título: **Dispositivo de medición con cordón extensible y procedimiento**

30 Prioridad:

20.06.2008 US 214585

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

15.11.2017

73 Titular/es:

**DELTA II, I.P., TRUST (100.0%)
Trustee Marc Bourget PO Box 4666
Stockton, CA 95204, US**

72 Inventor/es:

**SWANSON, DAVID W. y
SWANSON, WILLIAM ROBERT**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 642 050 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

Dispositivo de medición con cordón extensible y procedimiento

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

5 Esta solicitud es una continuación parcial y reivindica el beneficio de la Solicitud de Estados Unidos co-pendiente número 12/214.585, presentada el 20 de junio de 2.008 del mismo título.

Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a dispositivos de medición y, más específicamente, implica un dispositivo de medición con un cordón extensible que tiene un extremo libre, el extremo libre del cordón para su colocación en un punto para medir su ubicación.

10 **Antecedentes de la invención**

Los dispositivos y procedimientos convencionales para medir, por ejemplo, un espacio para su remodelación, son lentos, requieren de mucha mano de obra y no son muy precisos. Por lo general, dos personas toman mediciones con cinta métrica y transportadores.

15 Los procedimientos más modernos utilizan dispositivos de medición láser. Estos dispositivos son muy costosos y tienen una precisión limitada en muchas superficies. Su precisión se observa especialmente disminuida donde más se desea precisión, como en las esquinas y en superficies curvas.

Varios dispositivos miden un objeto tridimensional mediante la colocación de una sonda en múltiples puntos en el objeto y la determinación de las posiciones relativas de los puntos en sus posiciones con respecto a la unidad de base de la sonda.

20 Por ejemplo, la patente de Estados Unidos 4.703.443 de Maiyasu titulada Dispositivo para Medir la Forma de un Objeto Tridimensional describe el uso de una sonda en el extremo de un brazo compuesto por una pluralidad de miembros de brazo. La ubicación relativa de un punto con sonda se determina a partir de los ángulos de los miembros de brazo.

25 El dispositivo de la Patente de Estados Unidos 6.785.973 de Janssen titulada Dispositivo de Medición que Comprende una Sonda de Medición Móvil utiliza una sonda anclada acoplada a una junta esférica. La ubicación relativa de un punto con sonda se determina midiendo la longitud del anclaje y el giro de la junta esférica.

30 La invención es un dispositivo de medición de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2 y un procedimiento de medición de acuerdo con la reivindicación 20 y la misma comprende, por lo general, un alojamiento de la unidad de base de un cable extensible; el cable incluye un extremo libre para su colocación por un usuario en un punto a medir. La unidad de base incluye: una base; un primer carro que incluye un primer bastidor de giro unido a la base de manera que pueda girar alrededor de un primer eje; y un segundo carro que incluye un segundo bastidor de giro unido al primer bastidor de modo que pueda girar alrededor de un segundo eje. Un dispositivo de paso de referencia principal, unido al segundo bastidor, define un paso de referencia principal confinado interior para la sección media del cable. Un sensor de desplazamiento angular unido al segundo bastidor incluye un paso de cable confinado exterior para el cable entre el paso de referencia principal y el extremo libre del cable. El cable está en posición de alineación cuando el eje longitudinal local del cable en el paso de cable confinado exterior se alinea con el paso de referencia principal. El sensor de desplazamiento angular detecta el desplazamiento angular del cable alejándose de la posición de alineación y produce una señal de desplazamiento indicativa del mismo.

40 Un primer motor servoalimentado se acopla al primer bastidor para hacer girar el primer carro alrededor del primer eje en respuesta a la señal de desplazamiento del sensor de desplazamiento angular indicativa del desplazamiento con cable alrededor del primer eje para mover el sensor de desplazamiento angular hacia o a la posición de alineación.

45 Un segundo motor servoalimentado se acopla al segundo bastidor para hacer girar el segundo carro alrededor del segundo eje en respuesta a la señal de desplazamiento del sensor de desplazamiento angular indicativa del desplazamiento con cable de alrededor del segundo eje para mover el sensor de desplazamiento angular hacia o a la posición de alineación.

Un conjunto de medición del cable, unido al segundo bastidor, se acopla al cable y mide la longitud o el cambio de longitud del cable y produce una señal indicativa de la distancia hasta el punto a medir.

50 Un conjunto de medición del primer carro mide la posición de giro o cambio de posición de giro del primer carro respecto a la base y produce una señal indicativa del ángulo alrededor del primer eje hasta el punto a medir.

Un conjunto de medición del segundo carro mide la posición de giro o cambio de posición de giro del segundo carro con respecto al primer carro y produce una señal indicativa del ángulo alrededor del segundo eje hasta el punto a

medir.

5 Un ordenador almacena la identificación de puntos y sus mediciones. Preferentemente, el usuario quien coloca el extremo libre del cable en un punto sostiene el ordenador, tal como un PDA, y las mediciones se comunican desde la unidad de base al ordenador a través de radio, tal como Bluetooth[®]. Un programa de software utiliza una pluralidad de puntos para definir las superficies de los objetos.

Un procedimiento de medición de un objeto mediante el dispositivo de medición incluye situar la unidad de base en la línea de visión del objeto, colocar el extremo libre del cable en un punto en el objeto a medir; y obtener las mediciones de la ubicación del punto del conjunto de medición del cable, conjunto de medición del primer carro, y conjunto de medición del segundo carro. Una pluralidad de puntos de medición define el objeto.

10 Para medir nuevos puntos fuera de la línea de visión de la primera posición, la unidad de base se sitúa a una segunda posición con la línea de visión de tanto una superficie de medida o primera posición como de los nuevos puntos que se van a medir. La nueva posición se determina a continuación, de tal manera que la posición relativa de los nuevos puntos se puede determinar.

15 Otras características y muchas ventajas asociadas de la invención se harán más evidentes tras leer la siguiente descripción detallada junto con los dibujos en los que números de referencia se refieren a partes similares.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista en perspectiva de una habitación que muestra un uso del dispositivo de medición de la invención.

20 La Figura 2 es una vista superior, frontal, lateral derecha, parcialmente cortada y en perspectiva de elementos seleccionados de la unidad de base del dispositivo.

La Figura 3 es una vista inferior, frontal, lateral izquierda, parcialmente cortada y en perspectiva de los elementos seleccionados de la Figura 2.

25 La Figura 4A es una vista frontal, superior, lateral derecha y en perspectiva del sensor de desplazamiento angular del cable que incluye un cardán principal forzado en forma de un cardán de placa.

La Figura 4B es una vista posterior, inferior, lateral izquierda y en perspectiva del sensor de desplazamiento angular del cable de la Figura 4A.

La Figura 5 es una vista en alzado frontal del cardán de desplazamiento angular principal de la Figura 4A y de la Figura 4B.

30 La Figura 6 es una vista en alzado frontal ampliada del cardán de placa de la Figura 5.

La Figura 7 es una vista frontal ampliada, superior, lateral derecha y en perspectiva del conjunto de paso de cable de las Figuras 4 y 5.

La Figura 8 es una vista en sección transversal ampliada del conjunto de rodamiento de empuje del cardán principal.

35 La Figura 9 es una vista esquemática en perspectiva de una segunda realización ejemplar no de acuerdo con la invención del sensor de desplazamiento angular del cable en forma de sensores de contacto.

La Figura 10 es una vista esquemática en perspectiva de una tercera realización ejemplar no de acuerdo con la invención del sensor de desplazamiento angular del cable en forma de sensores ópticos.

La Figura 11 es una vista esquemática en perspectiva de una cuarta realización ejemplar no de acuerdo con la invención del sensor de desplazamiento angular del cable en forma de un sensor magnético o electromagnético.

40 La Figura 12 es una vista en perspectiva de una quinta realización del sensor de desplazamiento angular del cable en forma de un sensor de momento.

La Figura 13 es un diagrama de flujo para la medición de una superficie.

La Figura 14 es una vista frontal, superior, lateral derecha y en perspectiva similar a la Figura 4B, de una realización alternativa del soporte de empuje del cardán principal en la forma de un alambre.

45 La Figura 15 es una vista en sección transversal, similar a la Figura 8, del soporte de empuje del cardán principal de alambre de la Figura 14.

La Figura 16 es una vista ampliada, en despiece, parcialmente cortada y en perspectiva de la abrazadera de alambre y cardán de la Figura 15.

50 La Figura 17 es una vista en perspectiva de una sexta realización del sensor de desplazamiento angular del cable que incluye un sensor óptico fuera de cable.

La Figura 18 es una vista en perspectiva de una séptima realización ejemplar no de acuerdo con la invención del sensor de desplazamiento angular del cable que incluye un sensor de láser fuera de cable.

La Figura 19 es una vista en perspectiva de una octava realización ejemplar no de acuerdo con la invención del sensor de desplazamiento angular del cable que incluye un sensor láser y un seguidor de cable elastomérico.

55 La Figura 20 es una vista superior ampliada, parcialmente en sección transversal, del sensor de desplazamiento angular del cable de la Figura 19.

La Figura 21 es una vista en perspectiva de una novena realización ejemplar no de acuerdo con la invención del sensor de desplazamiento angular del cable que incluye un conjunto de resortes en voladizo de dos ejes.

La Figura 22 es una vista en perspectiva de una décima realización del sensor de desplazamiento angular del cable que incluye un codificador lineal magnético.

60 La Figura 23 es una vista inferior, frontal, lateral izquierda; parcialmente cortada y en perspectiva similar a la

Figura 3 de los elementos seleccionados de una realización alternativa del dispositivo de medición incluyendo solo un carro.

Descripción detallada de la invención

5 Con referencia a continuación a los dibujos, se muestra en la Figura 1 una vista en perspectiva de una habitación 800 que muestra un uso del dispositivo 10 de medición de la invención. Un usuario 90 utiliza el dispositivo 10 de medición para obtener coordenadas numéricas, tales como coordenadas polares, de una pluralidad de puntos en la habitación 800. Mediante la medición de la ubicación de un número relativamente pequeño de puntos en la habitación 800, el dispositivo 10 de medición puede definir la totalidad de las superficies 805 deseadas en tres espacios a efectos de determinar la cantidad o el tamaño del suelo, pintura, revestimientos de paredes, ventanas, encimeras, armarios y demás características.

10 El dispositivo 10 se puede utilizar en una fábrica para medir la ubicación tridimensional de las tuberías, o los detalles de las máquinas u otros objetos generalmente difíciles de medir.

15 Las superficies 805 de la habitación 800 incluyen un suelo 810, pared 815 posterior, y pared 820 lateral. Un mueble 830 colinda con la pared 820 lateral. Las superficies 805 del mueble 830 incluyen una pared 835 lateral derecha, una pared 840 lateral izquierda, una superficie 845 superior, una pared 850 superior frontal, una superficie 855 inferior, y una pared 860 frontal inferior.

20 El dispositivo 10 incluye, por lo general, un cable 12 retráctil que tiene una sección 16 media y un extremo 14 libre; una unidad 20 de base que soporta dispositivos para seguir el movimiento del cable 12 y para medir la longitud y dirección del cable 12, un ordenador 700, tal como un asistente 701 digital personal (PDA) sujeto por un usuario 90, y una interfaz 704 de usuario al ordenador 700 tal como un teclado 704A de entrada en el PDA 701 o teclado 704B en la unidad 20 de base.

25 El alojamiento 102 protege contra la suciedad y los daños y define un orificio 103 para el paso de cable 12. Como se explicará en mayor detalle más adelante, el alojamiento 102 gira para seguir el cable 12 a medida que el cable 12 se mueve. La unidad 20 base se adapta para soportarse firmemente por una superficie. El bastidor 25 de la unidad 20 de base se soporta firmemente por un soporte 40, tal como una placa de suelo colocada en el suelo o, tal como se muestra en la realización ejemplar, sobre una primer trípode 40F colocado en el suelo 810. Preferentemente, la unidad 20 de base se puede acoplar selectivamente al soporte 40 para fines que se explicarán.

30 Un usuario 90, como usuario 90G de agarre, agarra un asidero 18 unida al extremo 14 libre del cable y coloca el extremo 14 libre en un punto, tal como el punto A en la pared 820 lateral, cuya ubicación se va a medir con el dispositivo 10. El asidero 18 se une al cable 12 de tal manera que no introduzca un momento en el cable 12 para mantener el cable 12 lineal. La distancia al punto A y la dirección al punto A se miden mediante dispositivos de medición en el alojamiento 102.

35 Uno o más ordenadores 700 se utilizan para introducir, almacenar y procesar datos. En la realización preferida mostrada, el usuario 90G de agarre utiliza un ordenador 700 portátil, tal como un asistente 701 digital personal (PDA). El PDA 701 contiene un programa adaptado para recibir y procesar los datos introducidos. Un programa informático para realizar las funciones descritas en la presente memoria está fácilmente disponible comercialmente o se puede escribir por un programador razonablemente experto en la materia o un programa existente puede adaptarse fácilmente a las características específicas del dispositivo 10 por un programador razonablemente experto en la técnica. Como alternativa, un ordenador 700 se puede situar en la unidad 20 de base o puede ser una unidad separada.

45 En la realización ejemplar, el usuario 90G de agarre entra introducir en el teclado 704A de entrada del PDA 701. El PDA 701 y la unidad 20 de base tienen conectividad inalámbrica, tal como radio, tal como Bluetooth®, y el PDA 701 recibe las mediciones de cable de la unidad 20 de base. Otra conectividad inalámbrica, tal como IrDA (infrarrojos), sonido, o Wi-Fi se podría utilizar. Como alternativa, se podrían utilizar otros procedimientos de entrada y de conectividad. Un cable separado se podría utilizar. La introducción se podría transmitir a través del cable 12 de medición. La conectividad de datos entre el ordenador 700, los dispositivos de medición, y el usuario 90G de agarre permite que una sola persona sea capaz de operar el dispositivo 10 y medir la habitación 800. Un segundo usuario, que no se muestra, podría comunicarse con el ordenador 700 en una de las maneras descritas anteriormente o realizar la introducción a través del puerto 706 o en la entrada o teclado 704B en la unidad 20 de base.

50 Volviendo momentáneamente a la **Figura 13**, se muestra un diagrama de flujo para la toma de medición. Un usuario introduce un identificador de superficie para identificar la superficie a medir para asociar los puntos medidos con la misma. Con el extremo 14 libre del cable en un punto que se va a medir en la superficie, el usuario presiona un botón de "registro". Las mediciones se registran. Si más puntos se deben introducir para reconstruir la superficie, a continuación el extremo 14 libre del cable se mueve y los puntos adicionales se registran en la memoria para esa superficie. Si no, después un nuevo identificador de superficie se introduce y los puntos de esa superficie se miden.

55 En un uso ejemplar, el usuario 90 coloca el primer trípode 40F firmemente en el suelo 810 y fija un bastidor 25. El programa en el PDA 701 se activa para recibir datos. Usuario 90G de agarre entra un identificador para una

- superficie 805, tal como la pared 820 lateral, que va a medirse. El usuario 90G de agarre entra un identificador para el tipo de superficie, por ejemplo "plana" para la superficie 820 de pared lateral, coloca el extremo 14 libre del cable en un punto, tal como el punto A, en la pared 820 lateral, y presiona un botón de registro en el PDA 701. La ubicación del punto A se determina por la unidad 20 de base y se transmite al PDA 701. Este procedimiento se repite con los puntos B y C. El PDA 701 tiene ahora en la memoria tres puntos A, B, C que definen un plano, del que la superficie 820 de pared lateral forma parte. El mismo procedimiento se utiliza para otras superficies 805. Puntos adicionales sobre cualquier superficie 805 se pueden medir. Los datos recogidos se pueden procesar por el ordenador 700 o enviarse, tal como a través del puerto 706 o radio, tal como con Bluetooth®, a otro ordenador para su procesamiento.
- 5
- 10 A partir de los datos medidos, un software de formación de imágenes, tal como el software de diseño asistido por ordenador (CAD) reconstruye las superficies 820. Tal software se conoce bien en la técnica. Un ejemplo es Geomagic Studio desde Geomagic, Inc. Otro paquete de software para el procesamiento de datos de puntos en tres dimensiones es RapidFormXOR de INUS Technology, Inc. y Rapidform, Inc.
- Otros identificadores de tipo de superficie se utilizan para superficies más complejas. Para un identificador de superficie tal como "curva suave", el programa informático podría "suavizar" los puntos medidos asociados para llegar a la configuración de la superficie. Para cada designación de superficie, se pueden utilizar uno o más sub-designaciones. Por ejemplo, "borde" o "terminal" se utiliza para designar un punto de borde o punto de esquina en una superficie respectivamente. Para la medición de superficies más complejas, se mide un gran número de puntos o se introduce una sub-designación de "exploración" y el extremo 14 libre del cable se extrae a lo largo de la superficie y los puntos se miden repetidamente.
- 15
- 20 Si una superficie 805 que se va a medir, tal como el extremo 840 izquierdo del mueble, no puede medirse por el dispositivo 10 mientras se monta en el primer trípode 40F, como debido a que la superficie 840 no está en la línea de visión del primer trípode 40F o no puede alcanzarse por el extremo 14 del cable del primer trípode 40F, a continuación, un trípode adicional, como el segundo trípode 40S, se coloca en un lugar adecuado para medir la superficie 840. Cada trípode 40 incluye un punto de referencia, tal como el punto F, S o T, cuya ubicación, en relación con una unidad 20 de base unida, se conoce. La ubicación del punto S de referencia en el segundo trípode 40S se mide por el dispositivo 10 para establecer la ubicación espacial del segundo trípode 40S en relación con el primer trípode 40F. La unidad 20 de base se separa del primer trípode 40F y se une al segundo trípode 40S. El punto F de referencia en el primer trípode 40F se mide por la unidad 20 de base en el segundo trípode 40S para establecer la orientación angular de la unidad 20 de base en el segundo trípode 40S en relación con el primer trípode 40F. Los puntos se miden desde la unidad 20 de base en el segundo trípode 40S.
- 25
- 30 Este patrón de salto de trípode se puede repetir para medir cualquier superficie 805. Por ejemplo, para medir puntos adicionales que no se pueden medir desde el segundo trípode 40S, el primer trípode 40F, u otro trípode 40T se mueve a una ubicación adecuada para la medición de los puntos. Su punto F de referencia en la nueva ubicación se mide, la unidad 20 de base se separa del segundo trípode 40S y se une al primer trípode 40F movido, y el punto de referencia S del segundo trípode 40S se mide para establecer la posición relativa de la nueva ubicación.
- 35
- Si es deseable añadir más tarde una superficie 805 a los datos o mejorar más tarde o corregir los datos de medición de una superficie 805, no es necesario volver a introducir todos los puntos medidos. En cambio, para añadir una superficie 805, la unidad 20 de base se coloca, como se ha descrito anteriormente, en condiciones de tanto medir la superficie 805 adicional como medir una pluralidad de puntos en las superficies 805 ya conocidas. Una entrada de "re-orientación" dirige al ordenador 700 a utilizar los puntos medidos próximos de las superficies 805 conocidas para determinar la ubicación y la orientación de la unidad 20 de base por triangulación. Los puntos o superficies 805 adicionales se pueden medir, a continuación, y se añaden a los datos previamente medidos.
- 40
- La Figura 2 es una vista superior, frontal, lateral derecha, parcialmente cortada y en perspectiva de elementos seleccionados de la unidad 20 de base del dispositivo 10. La Figura 3 es una vista inferior, frontal, lateral izquierda y en perspectiva de los elementos seleccionados de la Figura 2. Las Figuras 2 y 3 se utilizarán para explicar las funciones generales del dispositivo 10. Los elementos pertinentes se describirán más tarde en mayor detalle. Un cable 12 incluye un extremo 14 libre, un extremo 13 de suministro, y una sección 16 media entre los mismos. El extremo 14 libre es para su colocación en un punto, cuya ubicación se va a medir, tal como el punto A en la Figura 1. Un asidero 18 unido al extremo 14 libre de cable 12 se utiliza, tal como agarrándose por el usuario 90G, para el posicionamiento de extremo 14 libre en un punto que se va a medir.
- 45
- 50 La unidad 20 de base incluye, por lo general, un bastidor 25 para su fijación a un soporte 40 de suelo, una base 30 unida al bastidor 25, un carro 100 de giro montado giratoriamente en la base 30, y un carro 200 de inclinación montado giratoriamente en el carro 100 de giro.
- 55 El bastidor 25 incluye medios, tales como una pluralidad de conectores 26 de cooperación para cooperar con el soporte 40 para unir selectivamente el bastidor 25 al soporte 40.
- La base 30 incluye un anillo 31 unido a y soportado por el bastidor 25. El anillo 31 tiene una cara 32 interior circular y una cara 33 exterior circular.

- El carro 100 de giro incluye una pluralidad de componentes conectados a un bastidor 101 del carro de giro. En la Figura 3, el bastidor 101 se muestra solo parcialmente para mayor claridad. El carro 100 de giro incluye medios 110, tal como una pluralidad de ruedas 111, para montar giratoriamente el carro 100 de giro en la base 30. Las ruedas 111 incluyendo la rueda 111D de accionamiento, se montan en el bastidor 101 y montan giratoriamente el carro 100 de giro en la cara 32 interior del anillo 31 30 de base. El carro 100 de giro se une giratoriamente a la base 30 de modo que pueda girar alrededor de un eje de guiñada, tal como el primer eje o gire eje θ (theta). El eje θ de giro es normalmente perpendicular al suelo u otro soporte 40 de la unidad 20 de base. Por lo tanto, el eje θ de giro es normalmente vertical o sustancialmente vertical. El carro 100 de giro puede girar a la izquierda o derecha y un número cualquiera de grados para alinear el cable 12 en cualquier dirección.
- La unidad 20 de base incluye medios 190 de alimentación, tal como una batería 191 para la alimentación de los componentes. La batería 191 se une a la unidad 20 de base, tal como al bastidor 101 del carro de giro. La energía se distribuye de la batería 191 a los componentes por cualquier medio deseable, tales como líneas de alimentación, no mostradas.
- Medios de montaje del carro de inclinación, tales como un par de cojinetes 135 separados se unen al bastidor 101 para el montaje giratorio del carro 200 de inclinación.
- El carro 200 de inclinación incluye una pluralidad de componentes conectados para bastidor 201 del carro de inclinación. En la Figura 3, el bastidor 201 se muestra solo parcialmente para mayor claridad. El carro 200 de inclinación se une giratoriamente al carro 100 de giro, como por ejes 202 unidos al bastidor 201 y articulado en cojinetes 135, por lo que puede girar alrededor de un segundo o eje φ (phi) de paso definido por los cojinetes 135. En la realización ejemplar, el carro 200 de inclinación puede inclinarse hacia abajo en un ángulo de aproximadamente 35° y girar hacia arriba desde allí a través de un ángulo de aproximadamente 92° a 127° de movimiento total.
- Un paso 230 de referencia principal se une al bastidor 201 y define un paso interior, confinado con respecto al bastidor 201 para la sección 16 media del cable 12. En la realización ejemplar, un dispositivo de paso de referencia principal unido al bastidor 201 del carro de inclinación, tal como la polea 231 unida giratoriamente al bastidor 201 del carro de inclinación, proporciona el paso 230 de referencia principal. El paso 230 de referencia principal es donde el cable 12 de entrada entre en contacto primero con la polea 231 de referencia principal cuando recibe de un paso 339 de datos de entrada confinado exterior, como se describirá posteriormente. El paso 230 de referencia principal proporciona el primer punto de pivote que está fijo en relación con el bastidor 201 para el cable 12 de entrada. Otras realizaciones del paso 230 de referencia principal podrían incluir un orificio de anillo o la entrada a un tubo o abertura similar para el paso confinado de cable 12.
- En la realización preferida mostrada, el segundo eje φ es perpendicular a e interseca el eje θ de giro. El paso 230 de referencia principal se sitúa en, o cerca de, esta intersección. En consecuencia, las coordenadas ρ , θ , φ polares relativas del extremo 14 del cable pueden en cambio producirse directamente desde el paso 230 de referencia principal. Sin embargo, otros ejes relativos se pueden utilizar y las mediciones al punto se pueden transformar después matemáticamente como es bien conocido en la técnica, en cualquier sistema de coordenadas deseado.
- Un medio 600 de suministro de cable se une al bastidor 201 y suministra cable 12 del extremo 13 de suministro bajo una tensión predeterminada al paso 230 de referencia principal. En la realización ejemplar, el medio 600 de suministro de cable incluye un tambor o carrete 660, sobre el que se enrolla el cable 12, un sensor 610 de tensión del cable para detectar la tensión en el cable 12 suministrado al paso 230 de referencia principal, y un motor 650 servoalimentado del carrete acoplado al carrete 660 tal como por la correa 655 para hacer girar el carrete 660. Un medio de montaje del carrete, tal como una pluralidad de rodillos 670, se monta en el bastidor 201 de inclinación para soportar el carrete 660 de tal manera que pueda girar para el almacenamiento o liberación de cable 12. En la realización ejemplar, el sensor 610 de tensión del cable incluye un sensor y una polea 611 del rodillo que se fuerza con resorte para empujarse contra el cable 12 entre otros soportes de cable. El sensor 610 detecta la ubicación de la polea 611 y produce una señal representativa de la misma. En respuesta a la señal del sensor 610 de tensión, el motor 650 servoalimentado del carrete hace girar el carrete 660 para mantener la tensión predeterminada.
- Otros medios de detección de la tensión del cable bien conocidos en la técnica se podrían utilizar, tal como una célula de carga para medir la carga en la polea 611.
- El medio 620 de posicionamiento del cable unido al bastidor 201 incluye una pluralidad de poleas 622 que alimentan cable 12 a o reciben 12 de una polea 623 de posicionamiento final. La polea 623 de posicionamiento final se monta sobre un eje 630 unido al bastidor 201 de manera que se desliza axialmente a lo largo del eje 630 y alimenta el cable 12 al carrete 660 de tal manera que el cable 12 no se superpone en el carrete 660.
- El medio 450 de medición de la longitud del cable se une al bastidor 201 y se acopla al cable 12 para medir la longitud ρ (rho) o el cambio de longitud del cable 12 a medida que el extremo 14 libre se mueve y se coloca en un punto. El medio 450 de medición de la longitud del cable produce una señal, tal como en la línea 460, indicativa de la longitud ρ (rho) o el cambio de longitud del cable 12. Medios de medición de la longitud del cable de diversas configuraciones son bien conocidos en la técnica. En la realización ilustrativa, el cable 12 se envuelve parcialmente

alrededor de una polea 455 de tal manera que el movimiento del cable 12 hace girar la polea 455. Un sensor 457, como es bien conocido en la técnica, tal como un codificador óptico, transfiere una cantidad de giro de la polea 455 para cambiar la longitud del cable y produce una señal indicativa de la misma.

5 El carro 200 de inclinación incluye un conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular unido al bastidor 201 que incluye un paso 339 de cable confinado exterior para el cable 12 entre paso 230 de referencia principal y el extremo 14 libre del cable. El cable 12 está en posición de alineación cuando el eje 17 longitudinal local del cable 12 en el paso 339 de cable confinado exterior se alinea con el paso 230 de referencia principal. A medida que el extremo 14 libre del cable se mueve desde un punto anterior a un nuevo punto que no está directamente radialmente hacia fuera desde el punto anterior, la sección 16 media del cable se desplaza angularmente en el conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular. El conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular detecta este desplazamiento angular del cable 12 alejándose de la posición 305 de alineación y produce una señal o señales indicativas del mismo, tal como en las líneas 308 y 309. El conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular se describirá en mayor detalle más adelante en la presente memoria.

15 El conjunto 120 de motor servoalimentado de giro hace girar el carro 100 de giro alrededor del eje de giro θ sensible a la señal del conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular indicativa del desplazamiento del cable alrededor del eje de giro (θ) para mover el conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular hacia la posición 305 de alineación. Como se ilustra, el conjunto 120 de motor servoalimentado de giro incluye un motor servoalimentado 122 de giro montado en el carro 100 de giro y un primer mecanismo 125 de accionamiento incluye una correa 126 conectada a la primera rueda 127 de accionamiento conectada a la rueda 111D de accionamiento que interactúa con la cara 32 interior del anillo 31 de la base 30 para hacer girar el carro 100 de giro en relación con la base 30 y alrededor del eje θ de giro. Tal como se utiliza aquí, el término "motor servoalimentado" puede aplicarse a cualquier tipo de accionador de motor aplicable tal como un motor servo, un motor paso a paso, o un motor hidráulico, por ejemplo.

25 El conjunto 160 de motor servoalimentado de inclinación acopla el carro 200 de inclinación al carro 100 de giro para hacer girar el carro 200 de inclinación en los cojinetes 135 alrededor del eje φ de inclinación sensible a la señal del conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular indicativa del movimiento del cable 12 alrededor del eje φ de inclinación de manera que se mueve el conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular hacia la posición 305 de alineación. Como se muestra, el conjunto 160 de motor servoalimentado de inclinación incluye un motor 162 servoalimentado de inclinación montado en el bastidor 101 y un mecanismo 165 de accionamiento de inclinación que incluye una correa 166 que conecta la primera rueda 167 de accionamiento con la segunda rueda 168 de accionamiento conectada al eje 202 del muñón del carro 200 de inclinación para hacer girar el carro 200 de inclinación en los cojinetes 135.

35 Un medio 500 de medición del carro de giro mide la posición de giro o cambio de posición de carro 100 de giro de giro en relación con la base 30 y produce una señal, tal como en la línea 510, indicativa de la misma. Muchos de tales medios de medición son bien conocidos en la técnica. En la realización ejemplar, un codificador 520 óptico incluye un lector 522 óptico montado en el carro 100 de giro para la lectura de una tira 525 del codificador en la base 30.

40 Un medio 550 de medición del carro de inclinación mide la posición de giro o cambio de posición de giro del carro 200 de inclinación en relación con el carro 100 de giro y produce una señal indicativa de la misma. Muchos de tales medios de medición son bien conocidos en la técnica. En la realización ejemplar, el medio 550 de medición del carro de inclinación incluye un codificador 570 óptico que incluye un lector 572 óptico montado en el carro 200 de inclinación para la lectura de una tira 575 del codificador en el arco 140 del carro 100 de giro y para producir una señal indicativa de la inclinación en la línea 560 de señal.

45 De esta manera, los carros 100, 200 de giro e inclinación giran para seguir el movimiento del extremo 14 libre del cable 12 hasta un nuevo punto medido o entre un punto anterior medido y un nuevo punto hasta que la sección 16 media del cable se encuentre de nuevo en la posición 305 de alineación en el conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular. En este momento, la posición del nuevo punto o el cambio de posición del nuevo punto en relación con el punto anterior se pueden determinar, por ejemplo, por ordenador 700 en respuesta a las señales en líneas 460, 510, 560 procedentes de los medios 450, 500, y 550 de medición.

50 La ubicación del punto medido puede determinarse a partir de las señales en 460, 510, y 560, con la finalidad de reconstruir la superficie medida, por medios matemáticos bien conocidos en la técnica. En la realización ejemplar, el ordenador 700 interpreta las señales en las líneas 460, 510, y 560 como representando los componentes p , θ , y φ de un punto P (no mostrado) en un sistema de coordenadas polar. Debido a que la fuerza de la gravedad tiende a desplazar la sección 16 media del cable hacia abajo a lo largo de una curva catenaria, la ubicación medida de extremo 14 libre del cable no es coincidente con el punto P, pero contiene un desfase que depende de la longitud extendida del cable, de la orientación del cable relativa a la fuerza de la gravedad, de la densidad del cable por unidad de longitud, y de la tensión del cable. El ordenador 700 determina el desfase de estos parámetros conocidos utilizando medios matemáticos bien conocidos en la técnica para determinar la ubicación medida del extremo 14 libre del cable con respecto al punto P. Para una mayor precisión, un acelerómetro o un sensor de otro nivel (no mostrado) se pueden montar en la unidad 20 de base, tal como en el carro 200 de inclinación, con la finalidad de

determinar la orientación precisa del cable en relación con la fuerza de la gravedad.

Las señales de localización en la línea 460 de señal de distancia, la línea 510 de señal de giro, y la línea 560 de señal de inclinación se almacenan en relación con el punto de medición. Esto se puede hacer de cualquier manera deseable, tal como en un ordenador local en la unidad 20 de base, no mostrado, o, como en el ejemplo ilustrativo, transmitirse, tal como mediante Bluetooth[®], al PDA 701.

La comunicación de señal dentro de la unidad 30 de base puede realizarse de cualquier manera deseable. La configuración ejemplar utiliza alambres. Los alambres se utilizan fácilmente para la conectividad porque el único movimiento relativo entre los elementos de envío y los elementos de recepción es el cambio en el ángulo ϕ de inclinación.

Además de ser un dispositivo de medición, el dispositivo 10 puede también ser un dispositivo de salida. Un puntero de luz, tal como puntero 270 de láser que produce el rayo 271 de láser, se une al bastidor 201 de inclinación. Utilizando los resultados de los datos de medición, un programa informático, como es bien conocido en la técnica, construye una imagen tridimensional de las superficies. La unidad 20 de base se puede dirigir, tal como mediante un programa informático, para dirigir luz desde el puntero 270 de láser hasta un punto dado o a lo largo de un patrón de puntos. Por ejemplo, el contorno de un receptáculo eléctrico de pared medido anteriormente se puede rastrear para recortar del panel suprayacente nuevo o un nuevo patrón de baldosas de suelo puede rastrearse en un suelo.

Las Figuras 4-8 son vistas de una realización ilustrativa de un conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular, como el conjunto 300G de sensor de desplazamiento angular con cardán, que incluye un cardán 310 principal forzado en forma de un cardán de placa. Otras nueve realizaciones del conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular se muestran en la Figuras posteriores y se describen con las mismas. El conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular se une al segundo bastidor 201, e incluye un paso de referencia de entrada confinado entre el paso 230 de referencia principal y el extremo 14 libre del cable en el que el cable 12 está en la posición 305 de alineación cuando el eje 17 longitudinal local del cable 12 se alinea con el paso 230 de referencia. El conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular detecta el desplazamiento angular del cable 12 alejándose de la posición 305 de alineación y produce una señal de desplazamiento, como en las líneas 308, 309 indicativa del mismo. La señal de desplazamiento instruye a su vez el servomotor 122 de giro y/o el servomotor 162 de inclinación para mover el carro 100 de giro y/o el carro 200 de inclinación de tal manera que el cable 12 se devuelve a la posición 305 de alineación del cable.

La Figura 4A es una vista frontal, superior, lateral derecha y en perspectiva del conjunto 300G de sensor de desplazamiento angular del cable que incluye un cardán 310 principal forzado en forma de un cardán de placa fijado a una porción de bastidor 201 del carro de inclinación. La Figura 4B es una vista posterior, inferior, lateral izquierda y en perspectiva del conjunto 300G de sensor de desplazamiento angular del cable de la Figura 4A. La Figura 5 es una vista en alzado frontal del conjunto 300G de sensor de desplazamiento angular de la Figura 4A. La Figura 6 es una vista en alzado frontal ampliada del cardán 310 principal de las Figuras 4A y 4B. La Figura 7 es una vista frontal, superior, lateral derecha y en perspectiva ampliada del conjunto 330 de pasos de cable de las Figuras 4A, 4B y 5. La Figura 8 es una vista en sección transversal ampliada del conjunto 370 de cojinete de empuje del cardán principal y del conjunto 375 de forzado de la Figura 5.

Volviendo por un momento a la Figura 6, se muestra una vista en alzado frontal ampliada del cardán 310 principal de las Figuras 4 y 5. El cardán 310 principal es un cardán forzado de dos ejes, plano que comprende un cardán 312 exterior y un cardán 320 interior. El cardán 312 exterior incluye un anillo 313 de cardán exterior soportado por los extremos 316 interiores de un par de miembros 315 de torsión exteriores en un primer eje 314 de cardán. Obsérvese que "anillo" se utiliza debido a la tradición de cardán, pero este elemento puede ser cualquier forma funcional. Las perforaciones 318 reciben los elementos 319 de fijación, tales como pernos, como se observa en las Figuras 4A y 5, que sujetan los extremos 317 exteriores de los miembros 315 de torsión exteriores al carro 200 de inclinación. El cardán 320 interior incluye un anillo 321 de cardán interior soportado por los extremos 326 interiores de un par de miembros 325 de torsión interiores en un segundo eje 324 de cardán. Los miembros 325 de torsión interiores se soportan en sus extremos 327 exteriores por el anillo 313 de cardán exterior. El anillo 313 de cardán exterior es libre de girar alrededor del primer eje 314 de cardán. El anillo 321 del cardán interior es libre de girar alrededor del segundo eje 324 de cardán en relación con el anillo 313 de cardán exterior y, por tanto, puede girar en cualquier dirección. El cardán 310 principal es un cardán forzado, en que los anillos 313, 321 de cardán se fuerzan para girar a una posición neutra cuando se eliminan las fuerzas de giro. En el cardán 310 principal, el forzado neutro se proporciona por los miembros 315, 325 de torsión pareados.

Volviendo a las Figuras 4, 5, 7 y 8, los otros componentes principales del conjunto 300G sensor de desplazamiento de angular son un conjunto 330 de pasos de cable, un conjunto 370 de cojinete de empuje del cardán, un conjunto 375 de forzado, un primer sensor 400 de desplazamiento angular, y un segundo sensor 420 de desplazamiento angular.

La Figura 7 es una vista frontal, superior, lateral derecha y en perspectiva ampliada del conjunto 330 de pasos de cable de las Figuras 4 y 5. El conjunto 330 de pasos de cable se monta en la placa 321S de brazo del sensor del anillo 321 interior (no se observa) del cardán 310 principal y gira el anillo 321 interior sensible al desplazamiento

angular del cable 12 desde la posición 305 de alineación del cable. Un brazo 360, tal como un tubo 361 fino, tiene un extremo 362 interior conectado al anillo 321 del cardán interior y un extremo 363 exterior que incluye un soporte 364, se observa mejor en la Figura 4B.

5 Un cardán 340 anti-momento, tal como un cardán de placa, se monta en el soporte 364. El cardán 340 anti-momento es un cardán forzado de dos ejes, plano similar al cardán 310 principal y comprende un cardán 342 exterior y un cardán 350 interior. Como se observa mejor en la Figura 5, el cardán 342 exterior incluye un anillo 343 de cardán exterior soportado por los extremos 346 interiores de un par de miembros 345 de torsión exteriores en un primer eje 344 de cardán. Los miembros 345 de torsión exteriores se soportan en sus extremos 347 exteriores por el soporte 364. El cardán 350 interior incluye un anillo 352 de cardán interior soportado por los extremos 356 interiores de un par de miembros 355 de torsión interiores en un segundo 354 eje de cardán. Obsérvese que "anillo" se utiliza debido a la tradición de cardán, pero este elemento puede tener cualquier forma funcional. Los miembros 355 de torsión interiores se soportan en sus extremos 357 exteriores por el anillo 343 del cardán exterior. El anillo 343 del cardán exterior puede girar alrededor del primer eje 344 de cardán. El anillo 352 del cardán interior puede girar alrededor del segundo eje 354 de cardán con respecto al anillo 343 del cardán exterior y, por tanto, puede girar en cualquier dirección.

15 Los miembros 331 de paso de cable de entradas, incluidos los bloques 332 diedros y una polea 333 forzada, definen un paso de referencia de entrada confinado, tal como paso 339 confinado, para el paso confinado de la sección 16 media del cable 12. Los miembros 331 de paso se montan en el anillo 352 interior del cardán 340 anti-momento. La polea 333 se monta en una horquilla 334 oscilante y se fuerza hacia la posición de confinamiento de cable por un resorte 335. Esta fuerza permite que la polea 333 se mueva ligeramente para permitir el paso de protuberancias en el cable 12. Por supuesto, hay muchas otras maneras de lograr este paso 339 de cable confinado. Por ejemplo, en lugar de bloques 332 de diedros, una segunda polea se podría utilizar, o una pluralidad de rodillos se podría utilizar.

20 El cardán 340 anti-momento desacopla el conjunto 300G de sensor de la aplicación de cualquier momento en el cable 12 en el paso 339 de cable confinado. El cardán 340 anti-momento puede no ser necesario para todos los tipos de cable 12.

25 Como se observa en la Figura 7, una contra-masa 368 se puede unir al lado posterior del anillo 321 del cardán interior para contrarrestar la masa del brazo 360 y del conjunto 330 de paso de cable para equilibrar el cardán 310 principal en una posición neutral más plana.

30 Como se observa mejor en las Figuras 3 y 4A, el cable 12 está en la posición 305 de alineación cuando el eje 17 longitudinal local del cable 12 en el paso 339 confinado se alinea con paso 230 de referencia principal y el cardán 310 principal y el cardán 340 anti-momento se encuentran en la posición neutral. Con el cable 12 en la posición 305 de alineación, la medición de un punto se puede tomar. El extremo 14 libre del cable se mueve después a un nuevo punto para la medición. Si la sección 16 media del cable se desplaza angularmente durante el movimiento al nuevo punto, la sección 16 media ejerce una fuerza lateral contra los miembros 331 de paso de cable exteriores que, a través del brazo 360, ejercen un momento sobre el anillo 321 del cardán interior del cardán 310 principal para girarlo.

35 La Figura 8 es una vista en sección transversal ampliada del conjunto 370 de cojinete de empuje del cardán. El conjunto 370 de cojinete de empuje proporciona un punto de pivote de delante hacia atrás para el anillo 321 del cardán interior y también puede forzar o pre-cargar el anillo 321 del cardán interior a una posición fuera de la posición plana. Una varilla 371 de pivote incluye un extremo 372 frontal y un extremo 373 posterior. El anillo 321 del cardán interior incluye una placa 321B de cojinete unida a la parte frontal del anillo 321 del cardán interior. La placa 321B de cojinete incluye un asiento 322 de pivote orientado hacia atrás y un asiento 323 de pivote orientado hacia delante. El extremo 372 frontal de la varilla 371 de pivote y el asiento 322 de pivote orientado hacia atrás se adaptan de tal manera que la placa 321B de cojinete, y por tanto el anillo 321 del cardán interior, pivotan en el extremo 372 frontal. Preferentemente, también, el extremo 373 posterior de la varilla de pivote y el bastidor 201 de inclinación se adaptan de tal manera que el extremo 373 posterior de la varilla de pivote pivota sobre el carro 200 de inclinación. Estas funciones se pueden implementar de muchas maneras. En la realización ejemplar, el extremo 372 frontal de la varilla de pivote es curvo, tal como semiesférico. Montado en o integral con el anillo 321 del cardán interior y moviéndose con el mismo hay una placa 321B de cojinete y la placa 321S de brazo del sensor. La placa 321B de cojinete incluye un asiento 322 de pivote cóncavo y cóncavo para la recepción del extremo 372 frontal en una relación de pivotamiento. El bastidor 201 de inclinación incluye un tornillo 203 de fijación que se acopla de forma ajustable por rosca en la perforación 209 roscada. El tornillo 203 de ajuste incluye una parte frontal orientada hacia el asiento 203a de pivote cóncavo y cóncavo, orientado hacia el frente para recibir el extremo 373 posterior de la varilla de pivote. El extremo 373 posterior de la varilla de pivote es curvo, tal como ser semiesférico, para pivotar en el asiento 203a. Tenga en cuenta que la varilla 371 de pivote pivota en ambos extremos 372, 373 de tal manera que solo se puede aplicar una fuerza axial y, aparte de su propio peso, la varilla 371 de pivote no puede aplicar una carga lateral o momento en el cardán 310 principal. La varilla 371 de pivote no puede soportar nada del peso del cardán 310 principal o de sus anexos incluyendo el cardán 340 anti-momento.

50 Debido a que el cardán 310 principal puede presentar discontinuidades tensionales en la posición plana, el tornillo 203 de ajuste se ajusta de modo que el anillo 321 del cardán interior se encuentre fuera de plano con el resto del cardán 310 principal.

Medios, tales como un conjunto 375 de forzado, se pueden utilizar para asegurar aún más que el anillo 321 del cardán interior se sitúe en una posición particular de delante hacia atrás en contra de la varilla 371 de pivote. Para este fin, un miembro de compresión, tal como el resorte 376, se apoya contra el bastidor 201 de inclinación y el anillo 321 del cardán interior para forzar el anillo 321 del cardán interior contra la varilla 371 de pivote. El resorte 376 incluye un extremo 377 frontal y un extremo 378 posterior. El bastidor 201 de inclinación incluye medios, tales como un tornillo 205 de fijación acoplado de forma ajustable por rosca en la perforación 204 roscada, para apoyarse en el extremo 377 frontal del resorte para ajustar el forzado por compresión del resorte 376. El extremo 378 posterior del resorte se apoya sobre el anillo 321 del cardán interior, así como como en la placa 321B de cojinete, como en el asiento 323 frontal del mismo. El resorte 376 y el anillo 321 del cardán interior se puede adaptar (no mostrado), tal como con un casquete hemisférico en el resorte 376 y un asiento cónico y cóncavo en el anillo 321 del cardán interior para recibir el casquete, de tal manera que el resorte 376 se apoya pivotablemente contra el anillo 321 del cardán interior de manera que no imparta ningún momento sobre el anillo 321 del cardán interior.

Si bien, los términos "frontal" y "posterior" se utilizan para ajustarse a la ilustración, el conjunto 370 de cojinete de empuje se puede modificar fácilmente para funcionar de manera inversa con la varilla 371 de pivote en frente del anillo 321 del cardán interior.

Volviendo a las Figuras 4 y 5, que muestran el conjunto 300G de sensor de desplazamiento angular con cardán, como se observa mejor en la Figura 5, el movimiento alrededor de un primer eje 401 de sensor del anillo 321 del cardán interior causado por el desplazamiento angular del cable 12 se detecta por el primer sensor 400 de desplazamiento angular. El movimiento del anillo 321 del cardán interior alrededor de un segundo eje 421 de sensor causado por el desplazamiento angular del cable 12 se detecta por el segundo sensor 420 de desplazamiento angular. En la realización ejemplar, el primer y segundo sensores 400, 420 de desplazamiento angular son codificadores ópticos como son bien conocidos en la técnica.

El primer sensor 400 incluye una porción 405 móvil, que gira con el anillo 321 del cardán interior, y una porción 415 fija unida al carro 200 de inclinación. La porción 405 móvil incluye un brazo 406 radial que tiene un extremo 407 interior conectado a la placa 321S de brazo del sensor del anillo 321 del cardán interior y un extremo 408 exterior que tiene una tira 409 del codificador sobre el mismo. El brazo 406 gira con el anillo 321 del cardán interior alrededor del primer eje 401 de sensor. La porción 415 fija incluye un cabezal 416 de lectura del codificador fijado al carro 200 de inclinación para la lectura de tira 409 del codificador. El cabezal 416 de lectura emite una señal, tal como en la línea 308, indicativa del giro del anillo 321 del cardán interior sobre el primer eje 401 de sensor.

El segundo sensor 420 incluye una porción 425 móvil, que gira con el anillo 321 del cardán interior, y una porción 435 fija unida al carro 200 de inclinación. La porción 425 móvil incluye un brazo 426 radial que tiene un extremo 427 interior conectado a la placa 321S de brazo del sensor del anillo 321 del cardán interior y un extremo 428 exterior que tiene una tira 429 del codificador sobre el mismo. El brazo 426 gira con el anillo 321 del cardán interior sobre el segundo eje 421 de sensor. La porción 435 fija incluye un cabezal 436 de lectura del codificador fijado al carro 200 de inclinación para la lectura de la tira 429 del codificador. El cabezal 436 de lectura emite una señal, tal como en la línea 309, indicativa del giro del anillo 321 del cardán interior sobre el segundo eje 421 de sensor.

En la realización ejemplar, el primer eje 401 de sensor corresponde al eje θ de giro y el segundo eje 421 de sensor corresponde al segundo ϕ eje de tal manera que la señal del primer sensor 400 se puede utilizar directamente para controlar el motor 122 servoalimentado de giro para hacer girar el carro 100 de giro de giro hacia la posición 305 de alineación del cable y la señal del segundo sensor 420 se puede utilizar directamente para controlar el motor 162 servoalimentado de inclinación para hacer girar el carro 200 de inclinación hacia la posición 305 de alineación del cable.

Si el primer y segundo ejes 401, 421 de sensor no corresponden al eje θ de giro ni al segundo ϕ eje, a continuación, las señales de salida de los sensores 400, 420 se transponen por medios bien conocidos en la técnica en giros del eje θ de giro y segundo eje ϕ correspondientes antes de utilizarse para ordenar a los motores 122, 162 servoalimentados a girar los carros 100, 200 de giro e inclinación hacia la posición 305 de alineación del cable en la que se puede tomar una medición de un punto.

Como se observa en la Figura 5, una bolsa anti-polvo flexible, tal como la bolsa 419 anti-polvo flexible, que se muestra en sección transversal, cubriendo el primer sensor 400 de desplazamiento, se puede utilizar para rodear los sensores para protegerlos del polvo y de la suciedad.

La **Figura 9** es una vista esquemática en perspectiva de una segunda realización ejemplar no de acuerdo con la invención del conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular del cable incluyendo sensores proximidad o contacto, tales como los sensores 380 de contacto montados en el bastidor 201. La sección 16 media de entrada del cable 12 se muestra en la posición 305 de alineación en la que el eje 17 longitudinal local del cable 12 en el paso 339 de referencia de entrada confinado se alinea con el paso 230 de referencia principal.

Un primer par 380A de sensores 381A, 381B de contacto, unidos al bastidor 201, están igualmente separados en lados opuestos del cable 12 para detectar el desplazamiento angular del cable 12 alrededor de un primer eje del sensor de contacto perpendicular a una línea media entre los primeros sensores 380A. Un segundo par 380B de

sensores 381C, 381D de contacto, conectados al bastidor 201, están igualmente separados en lados opuestos del cable 12 para detectar el desplazamiento angular del cable 12 alrededor de un segundo eje del sensor de contacto perpendicular a una línea media entre los segundos sensores 380B. Si el cable 12 se desplaza angularmente para entrar en contacto con el sensor 381A, el sensor 381A produce una señal en la línea 308C1 que indica que se requiere un giro alrededor del primer eje del sensor de contacto en una primera dirección. Si el cable 12 entra en contacto con el sensor 381B, el sensor 381B produce una señal en la línea 308C2 que indica que se requiere un giro alrededor del primer eje del sensor de contacto en la dirección opuesta. Si el cable 12 se desplaza angularmente para entrar en contacto con el sensor 381C, el sensor 381C produce una señal en la línea 309C1 que indica que se requiere un giro alrededor del segundo eje del sensor de contacto en una primera dirección. Si el cable 12 entra en contacto con el sensor 381D, el sensor 381D produce una señal en la línea 309C2 que indica que se requiere un giro alrededor del segundo eje del sensor de contacto en la dirección opuesta. Dependiendo de la relación entre el primer y segundo ejes de los sensores de contacto con θ y φ , las señales en las líneas 308C1, 308C2, 309C1 y 309C2 pueden controlar directamente el motor 122 servoalimentado de giro o el motor 162 servoalimentado de inclinación o pueden transponerse por medios bien conocidos en la técnica en giros del eje θ de giro y del segundo eje φ correspondientes antes de utilizarse para ordenar a los motores 122, 162 servoalimentados a girar el carro 100 de giro y el carro 200 de inclinación hacia la posición 305 de alineación del cable en la que se puede tomar una medición de un punto.

Debido a que los pequeños espacios entre el cable 12 y los sensores 381A-381D introducen un pequeño error, los sensores 380 de contacto oscilan alrededor de los ejes de sensor de modo que el cable 12 se centra en la posición 305 de alineación antes de tomar una medición. Los Motores 122, 162 servoalimentados se controlan para hacer oscilar los sensores 380 de contacto.

La **Figura 10** es una vista esquemática en perspectiva de una tercera realización ejemplar no de acuerdo con la invención del conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular del cable, incluyendo sensores 385 ópticos montados en el bastidor 201 para detectar el movimiento del cable 12 desde la posición 305 de alineación. El cable 12 se muestra en la posición 305 de alineación en la que el eje 17 longitudinal local del cable 12 en el paso 339 de referencia de entrada confinado se alinea con el paso 230 de referencia principal.

En la realización ejemplar, cada sensor 385 óptico incluye una fuente 386 de luz, algunas lentes 387 de enfoque y un sensor 388 de luz.

Un sensor 385a óptico de inclinación incluye la fuente 386a de luz que emite luz y se dispone a un lado del cable 12 y un sensor 388A de luz para recibir la luz emitida se dispone en el otro lado del cable 12. El sensor 388A de luz puede incluir una matriz 389A CCD u otro detector de luz como es bien conocido. Una o más lentes, tal como lentes 387, se pueden utilizar para enfocar o magnificar la luz para una lectura precisa. El sensor 388A detecta cuando la sombra del cable 12 se mueve hacia arriba o hacia abajo y produce una señal, tal como en la línea 309D, indicativa de la misma para dirigir el motor 162 servoalimentado de inclinación para mover el carro 200 de inclinación para que el cable 12 vuelva a la posición 305 de alineación.

Un sensor 385B óptico de giro incluye una fuente 386b de luz que emite luz y se dispone en un lado del cable 12 y sensor 388B de luz para recibir la luz se dispone en el otro lado del cable 12. El sensor 388B de luz puede incluir una matriz 389B CCD u otro detector de luz como es bien conocido. Una o más lentes, tal como lentes 387A, montadas en el bastidor 201, se pueden utilizar para enfocar o magnificar la luz para una lectura precisa. El sensor 388B detecta cuando la sombra del cable 12 se mueve hacia la izquierda o derecha y produce una señal, tal como en la línea 308D, indicativa de la misma para dirigir el motor 122 servoalimentado de giro para mover el carro 100 de giro para que el cable 12 vuelva a la posición 305 de alineación.

En la realización ejemplar, la salida de los sensores 385 ópticos se corresponde directamente al movimiento en θ y φ . Sin embargo, otros ejes se pueden utilizar y se traducirse en un movimiento en θ y φ .

Se podrían utilizar otros tipos de sensores ópticos, tales como el reflejo de la luz de cable 12 a un detector de luz.

La **Figura 11** es una vista esquemática en perspectiva de una cuarta realización ejemplar no de acuerdo con la invención del conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular del cable que incluye un sensor 390 magnético o electromagnético. Un sensor 390A electromagnético de inclinación detecta la proximidad del cable 12 y, cuando el cable 12 se mueve hacia arriba o abajo, produce una señal, tal como en la línea 309E, indicativa del mismo para dirigir el motor 162 servoalimentado de inclinación a mover el carro 200 de inclinación para que el cable 12 vuelva a la posición 305 de alineación. Un sensor 390B óptico de giro detecta la proximidad del cable 12 y, cuando 12 se mueve hacia la izquierda o derecha, y produce una señal, tal como en la línea 308E, indicativa del mismo dirige el motor 122 servoalimentado de giro a mover el carro 100 de giro para que el cable 12 vuelva a la posición 305 de alineación en la que el eje 17 longitudinal local del cable 12 en el paso 339 de referencia de entrada confinado se alinea con el paso 230 de referencia principal.

Los sensores magnéticos también podrían utilizarse para detectar la proximidad del cable. En la realización ejemplar, la salida de los sensores 390 se corresponde directamente al movimiento en θ y φ . Sin embargo, otros ejes se pueden utilizar y se traducirse en un movimiento en θ y φ .

La **Figura 12** es una vista en perspectiva de una quinta realización del conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular del cable incluye un sensor 395 de momento. El tubo 360 del cardán anti-momento desde el paso 339 de cable confinado está sólidamente unido al bastidor 201. Como se ha descrito en otra parte, otros medios de producción de un paso 339 de cable confinado, como en la Figura 12 son posibles. Por ejemplo, el paso 339 confinado podría ser un tubo con un orificio de cierre ajustado sobre el diámetro exterior del cable 12 para que el cable 12 pasa a través del mismo, o podría ser rodillos opuestos entre los que se hace pasar el cable.

Cuando el cable 12 se mueve hacia arriba o hacia abajo, o hacia la derecha o hacia la izquierda a través del conjunto 330 de pasos de cable confinados, una fuerza lateral se transmite a través del paso 339 de cable confinado, como un momento en el brazo 360, tal como tubo 361 fino. El brazo 360 produce una deformación detectable en las células de carga, tales como bandas 396 y 397 extensométricas montadas en el brazo 360. Las bandas 396 y 397 extensométricas producen señales de deformación que se procesan de una manera bien conocida en la técnica. Otros tipos de células de carga conocidas en la técnica, tales como otras disposiciones de bandas extensométricas, células de carga de elementos piezo-resistivos, células de carga hidráulicas, células de carga neumáticas y células de carga ópticas, se pueden utilizar. La deformación inducida en 360 en el eje vertical se detecta por medidor 396 de deformación y produce una señal, tal como en la línea 309F, indicativa de la misma para dirigir el motor 162 servoalimentado de giro a mover el carro 200 de inclinación para que el cable 12 vuelva a la posición 305 de alineación. La deformación tensión inducida en 360 en el eje horizontal se detecta por el medidor 397 de deformación y produce una señal, tal como en las líneas 308F, indicativa de la misma para dirigir al motor 122 servoalimentado de giro a mover el carro 200 para que el cable 12 vuelva a la posición 305 de alineación en la que el eje 17 longitudinal local del cable 12 en el paso 339 de referencia de entrada confinado se alinea con el paso 230 de referencia principal.

Otras disposiciones de la célula de carga-momento bien conocidas en la técnica se pueden aplicar al extremo de montaje de tubo 360 fino en la interfaz con 201.

La **Figura 14** es una vista frontal, superior, lateral derecha y en perspectiva similar a la Figura 4B, de una segunda realización de un conjunto 900 de soporte de empuje del cardán principal que incluye un elemento de tensión flexible y fino, tal como una línea o cable 901, tal como un alambre 901P de piano. La **Figura 15** es una vista en sección transversal, similar a la Figura 8, del conjunto 900 de soporte de empuje del cardán 310 principal. La **Figura 16** es una vista en perspectiva y en despiece, parcialmente cortada-ampliada de la abrazadera 910 de fijación del alambre 901P de piano al cardán 310 de las Figuras 14 y 15. El soporte 900 de empuje reemplaza al conjunto 370 de cojinete de empuje de la Figura 8.

El alambre 901P de piano incluye un extremo 902 frontal, un extremo 903 posterior y una sección 904 media. El alambre 901P de piano tiene un diámetro de aproximadamente 0,009" (0,023 cm).

Como se observa mejor en la Figura 16, un medio de fijación, tal como la abrazadera 910, fija la sección 904 media del alambre 901P de piano al cardán 310 principal, tal como al anillo 321 del cardán 320 interior. El anillo 321 del cardán interior incluye una perforación o paso 321P central. Preferentemente, el paso 321P paso es central al cardán 310. La base 911 de la abrazadera se une, tal como mediante pernos 912, al anillo 321 del cardán interior para soportar el alambre 901P en el centro del paso 321P. La base 911 puede incluir una ranura 913 para retener el alambre 901P. El miembro 915 móvil de la abrazadera se conecta a la base 911, tal como con pernos 919 en perforaciones roscadas 914, para sujetar el alambre 901P.

Volviendo a las Figuras 14 y 15, el bastidor 201 del carro de inclinación incluye un soporte 201f frontal y un soporte 201b posterior para soportar el extremo 902 frontal y el extremo 903 posterior, respectivamente, del alambre 901P de piano. Los soportes 201f, 201b están suficientemente separados, tal como aproximadamente cuatro pulgadas (10,16 cm) para un alambre 901P de piano de 0,009" (0,023 cm) de diámetro, para minimizar el momento que el alambre 901P puede ejercer sobre el cardán 310.

En la realización ejemplar, el alambre 901P de piano se fija como sigue. El alambre 901P se enhebra a través de la perforación 321P en el cardán 310 principal. El extremo 902 frontal del alambre se hace pasar a través de una ranura u orificio en el soporte 201f frontal, a través de resorte 922 de compresión y se engarza en la virola 921. El extremo 903 posterior del alambre se hace pasar a través de una ranura u orificio en el soporte 201b posterior. El alambre 901P se tensa, tal como tirando del extremo 903 posterior para comprimir parcialmente el resorte 922 y se retiene bajo tensión, tal como mediante la aplicación de la abrazadera 925 posterior. La abrazadera 910 se fija después al alambre 901P como se ha descrito anteriormente a fin de retener el cardán 310 principal en la posición neutra antero-posterior y de resistir el movimiento antero-posterior del cardán 310 principal de cualquier fuerza de empuje aplicada y de hacer retornar al cardán 310 a la posición neutra.

La **Figura 17** es una vista en perspectiva de una sexta realización del conjunto 300A de sensor de desplazamiento angular del cable que incluye sensores 385a ópticos fuera del cable, similares a los sensores 385 ópticos de la Figura 10.

La sección 16 media del cable 12 de entrada se muestra en la posición 305 de alineación en la que el eje 17 longitudinal local del cable 12 en el paso 339 de referencia de entrada confinado se alinea con el paso 230 de

referencia principal. El conjunto 330A de pasos de cable, incluye un miembro 331 de paso de cable de entrada montado en el bastidor 201 en un miembro o miembros de soporte flexible resilientes, tales como en las varillas 336 flexibles. Las varillas 336 flexibles tienen un extremo fijo unido al bastidor 201 y un extremo libre unido al miembro 331 de paso de cable. El extremo libre se mueve de lado en cualquier dirección sensible a una fuerza lateral. Las varillas 336 flexibles están en una posición neutra cuando no hay ninguna fuerza lateral del cable 12 en el miembro 331 de paso de cable. Después de que una fuerza lateral del cable 12 mueve el miembro 331 de paso de cable y las varillas 336 flexibles a un lado, las varillas 336 flexibles retornan a la posición neutra cuando se elimina la fuerza lateral del cable. El miembro 331 de paso de cable incluye un paso 339 de referencia de entrada confinado, tal como la perforación 339a, a través de la que se hace pasar el cable 12. Los extremos libres de las varillas 336 flexibles son paralelos al eje 17 longitudinal local del cable 12. El conjunto 330A de pasos de cable puede incluir una proyección, tal como una proyección 337 hacia fuera, que es paralela al eje 17 longitudinal local del cable 12. El paso 339 de cable confinado se alinea con el eje 17 longitudinal local del cable 12 con el movimiento del cable 12 fuera de su posición 305 de alineación y mueve el miembro 331 de paso de cable en la dirección de movimiento del cable mediante la flexión de las varillas 336 flexibles. Los sensores 385a ópticos funcionan de la misma manera que los sensores 385 de la Figura 10 excepto, en lugar de la detección del movimiento del cable 12 en relación con el bastidor 201, que detectan el movimiento del conjunto 330A de pasos de cable, tal como el movimiento de la proyección 337, en relación con el bastidor 201.

En la realización ejemplar, cada sensor 385 óptico incluye una fuente de luz, algunas lentes de enfoque, y un sensor de luz.

Un sensor 385a óptico de giro, montado en el bastidor 201, incluye una fuente 386A de luz que emite luz y se dispone en un lado del cable 12 y un sensor 388A de luz para recibir la luz emitida se dispone en el otro lado del cable 12. El sensor 388A de luz puede incluir una matriz 389A CCD u otro detector de luz como es bien conocido. Una o más lentes, tales como lentes 387, se pueden utilizar para enfocar o magnificar la luz para una lectura precisa. El sensor 388A detecta cuando la sombra de la proyección 337 se mueve hacia la izquierda o derecha y produce una señal, tal como en la línea 308, indicativa del mismo para dirigir el motor 122 servoalimentado de giro a mover el carro 100 de giro para que el cable 12 vuelva a la posición 305 de alineación.

Un sensor 385B óptico de inclinación, montado en el bastidor 201, incluye una fuente 386B de luz que emite luz y se dispone en un lado del cable 12 y un sensor 388B de luz para recibir la luz se dispone en el otro lado del cable 12. El sensor 388B de luz puede incluir una matriz 389B de CCD u otro detector de luz como es bien conocido. Una o más lentes, tales como las lentes 387A, 387b, montadas en el bastidor 201, se pueden utilizar para enfocar o magnificar la luz de inclinación y giro para una lectura precisa. El sensor 388B detecta cuando la sombra de la proyección 337 se mueve hacia arriba o hacia abajo y produce una señal, tal como en la línea 309, indicativa del mismo para dirigir el motor 162 servoalimentado de inclinación a mover el carro 200 de inclinación para que el cable 12 vuelva a la posición 305 de alineación.

En la realización ejemplar, la salida de los sensores 385a ópticos se corresponde directamente al movimiento en θ y ϕ . Sin embargo, otros ejes se pueden utilizar y se traducen en el movimiento en θ y ϕ por procedimientos que son bien conocidos.

Los sensores 385a ópticos fuera de cable tienen varias ventajas sobre sensores 385 dentro de cable de la Figura 10. En primer lugar, la longitud de la proyección 337 hasta los sensores 385a amplifica el desplazamiento del cable 12 en el paso 339 confinado de tal manera que las lecturas se toman más fácilmente. En segundo lugar, los sensores 385a ópticos, a diferencia de los sensores 385 ópticos, no están directamente expuestos al cable 12, lo que puede conllevar que la suciedad y otros contaminantes puedan impedir lecturas. Además, los sensores 385a ópticos fuera de cable se pueden encerrar más fácilmente y quedar protegidos contra el polvo y la suciedad en una bolsa flexible, tal como una bolsa 999 anti-polvo flexible, que se muestra en representación esquemática.

La **Figura 18** es una vista en perspectiva de una séptima realización ejemplar no de acuerdo con la invención del conjunto 300A de sensor de desplazamiento angular del cable que incluye un sensor 930 de láser fuera de cable.

El conjunto 330A de pasos de cable funciona tal como se describe con respecto a la Figura 17, anterior.

Un láser 931, u otra fuente de luz, se montan en una porción del conjunto 330A de pasos de cable, tal como hasta la proyección 337, de tal manera que el rayo 932 láser emitido por el láser 931 es paralelo al eje 17 longitudinal local del cable 12 en el paso 339 confinado. Un sensor de rayo láser, tal como una matriz 935 de CCD, se monta en el bastidor 201. La matriz 935 recibe el rayo 932 láser, detecta el movimiento del rayo 932 láser alejándose de la posición 305 de alineación del cable y produce una señal o señales, tal como en las líneas 308 y 309 de señal, indicativas de del mismo para dirigir el motor 122 servoalimentado de giro a mover el carro 100 de giro para que el cable 12 vuelva a la posición 305 de alineación y dirigir el motor 162 servoalimentado de inclinación a mover el carro 200 de inclinación para que el cable 12 vuelva a la posición 305 de alineación. Una lente o máscara 936, que se adjunta a la proyección 337 o al láser 931, incluye una lente o un pequeño orificio, para el paso a través del mismo del rayo 932 láser para la producción de un rayo 933 más estrecho de tal modo que rayo 933 estrecho produce un punto más pequeño en la matriz 935 de CCD, como es bien conocido en la técnica. El sensor 930 de láser está encerrado y protegido contra el polvo y la suciedad en una bolsa flexible, tal como una bolsa 999 anti-polvo, que se

muestra en la representación esquemática.

La **Figura 19** es una vista en perspectiva de una octava realización ejemplar no de acuerdo con la invención del conjunto 300A de sensor de desplazamiento angular del cable en la que el conjunto 330A de pasos de cable incluye un miembro 331 de paso de cable montado en el bastidor 201 en un miembro de soporte resiliente, flexible, tal como un tubo 338 de soporte elastomérico. El tubo 338 de soporte elastomérico se denomina, a veces, diafragma rodante. La **Figura 20** es una vista parcial, ampliada, desde arriba, parcialmente en sección transversal, del conjunto 300A de sensor de desplazamiento angular del cable de la Figura 18. Un diafragma rodante, tal como un tubo 338 de soporte elastomérico, permite el movimiento radial, sin embargo, resiste el giro alrededor de su eje central. Otras realizaciones elastoméricas podrían también utilizarse, tal como un bloque de goma.

El tubo 338 de soporte elastomérico incluye un primera extremo 338a conectado al bastidor 201, un segundo extremo 338b montado en el miembro 331 de paso de cable y una pared 338c flexible entre los mismos. El miembro 331 de paso de cable se monta en el segundo extremo 338b del tubo 338 de soporte elastomérico de tal manera que el cable 12 pasa a través del tubo 338. La pared 338c del tubo soporta el segundo extremo 338b del tubo de manera que pueda moverse con respecto al primer extremo 338a y de tal manera que el segundo extremo 338b soporta de forma móvil el miembro 331 de paso de cable de tal manera que, debido a que el paso 339 de cable confinado se alinea con el eje 17 longitudinal local del cable 12 con el movimiento del cable 12 fuera de su posición 305 de alineación, cable miembro 331 de paso se mueve en la dirección de movimiento del cable.

Una fuente de luz, tal como láser 940, se monta en el miembro 331 de paso de cable de tal manera que un rayo 942 láser emitido por un láser 940 es paralelos al eje 17 longitudinal local del cable 12 en el paso 339 confinado. Un sensor de rayo láser, tal como una matriz 945 de CCD, se monta en el bastidor 201. La matriz 945 recibe el rayo 942 láser, detecta el movimiento del rayo 942 láser alejándose de la posición 305 de alineación del cable y produce una señal o señales, tales como en las líneas 308 y 309 de señal, indicativas del mismo para dirigir el motor 122 servoalimentado de giro a mover el carro 100 de giro para que el cable 12 vuelva a la posición 305 de alineación y dirigir el motor 162 servoalimentado de inclinación a mover el carro 200 de inclinación para que el cable 12 vuelva a la posición 305 de alineación.

Como alternativa, el movimiento de una proyección (no mostrada) del miembro 331 de paso de cable y en paralelo al eje 17 longitudinal local del cable 12 se puede detectar por los sensores, tales como los sensores 385a ópticos descritos con respecto a la Figura 17, para proporcionar señales indicativas del movimiento del cable.

La **Figura 21** es una vista en perspectiva de una novena realización ejemplar no de acuerdo con la invención del sensor 300A de desplazamiento angular del cable que incluye un montaje del conjunto 950 de resortes en elevadizo, de dos ejes para el conjunto 330 de pasos de cable.

El conjunto 950 de resortes en voladizo incluye un primer conjunto 952 de eje conectado al bastidor 201 que se proporciona para el movimiento del conjunto 330 de pasos de cable en un primer eje; e incluye además un segundo conjunto 972 de eje conectado al primer conjunto 952 de eje que se proporciona para el movimiento del conjunto 330 de pasos de cable en un segundo eje.

El primer conjunto 952 de eje incluye un extremo 953 del bastidor estacionario montado en el bastidor 201, medios d resorte en voladizo de un solo eje con movimiento relativo en un primer eje, tales como un primer par de resortes 954 planos, paralelos que tienen cada uno un primer extremo 955 conectado a extremo 953 del bastidor estacionario y un segundo extremo 956 conectado al primer bastidor 957 móvil de tal manera que, a medida que se flexionan los primeros resortes 954, el primer bastidor 957 móvil puede moverse perpendicular al plano de resortes 954 planos en relación con el bastidor 201.

El segundo conjunto 972 de eje incluye medios de resortes en voladizo de solo eje con movimiento relativo en un segundo eje, tal como un segundo par de resortes 974 planos y paralelos que tienen cada uno un primer extremo 975 conectado al primer bastidor 957 móvil y un segundo extremo 976 conectado a segundo bastidor 977 móvil de manera que, a medida que los segundo resortes 974 se flexionan, el segundo bastidor 977 móvil puede moverse perpendicular al plano de resortes 974 planos en relación con el primer bastidor 957 móvil. Por lo tanto, el segundo bastidor 977 móvil se puede mover en ambos ejes.

El conjunto 330 de pasos de cable se fija, tal como mediante el soporte 364, al segundo bastidor 977 móvil. El conjunto 330 de pasos de cable, que se muestra, es como el que se muestra y describe en las Figuras 4, 5 y 7 e incluye un paso 339 de cable confinado para el paso de cable 12 de entrada. Sin embargo, otras configuraciones de conjuntos 330 de pasos de cable, tales como los que se muestran en la presente memoria, se podrían utilizar.

La sección 16 media del cable 12 de entrada se muestra en la posición 305 de alineación en la que el eje 17 longitudinal local de cable 12 se alinea con el paso 230 de referencia principal. Con el movimiento del cable 12 fuera de su posición 305 de alineación, el paso 339 de cable confinado se alinea con el eje 17 longitudinal local del cable 12 y mueve el miembro 331 de paso de cable en la dirección de movimiento del cable por el forzado de los resortes 954, 974.

Un primer sensor 960 de desplazamiento angular del eje detecta el movimiento relativo del primer bastidor 957 móvil

- y del extremo 953 del bastidor estacionario y envía una señal, tal como en la línea 309, indicativa del mismo. Un segundo sensor 980 de desplazamiento angular detecta el movimiento relativo del segundo bastidor 977 móvil y del primer bastidor 957 móvil y envía una señal, tal como en la línea 308, indicativa del mismo. En respuesta a las señales en las líneas 308, 309, el motor 122 servoalimentado de giro mueve el carro 100 de giro para hacer retornar el cable 12 hacia la posición 305 de alineación y el motor 162 servoalimentado de inclinación mueve el carro 200 de inclinación para hacer retornar el cable 12 hacia la posición 305 de alineación.
- En la realización ejemplar, los sensores 960, 980 de desplazamiento son del tipo de brazo-y-lector como se utiliza en la primera realización de las Figuras 2-8 y cada uno comprende un brazo unido a uno de los miembros móviles relativos y que se extiende hacia el otro miembro móvil relativo y un codificador óptico que lee el desplazamiento entre el extremo del brazo y el otro miembro.
- El primer sensor 960 de desplazamiento del eje incluye el brazo 961 que se proyecta desde el primer bastidor 957 móvil hacia el extremo 953 del bastidor estacionario. Una tira 962 del codificador en el extremo del brazo 961 se lee por el cabezal 963 de lectura del codificador en el extremo 953 del bastidor estacionario o bastidor 201 y una señal indicativa del movimiento relativo se emite en la línea 309.
- Como opción, un primer amortiguador, tal como un primer amortiguador 965 neumático, se conecta entre el extremo libre del brazo 961 y la montura 968 montada en el bastidor 201 y amortigua el movimiento relativo del extremo 953 del bastidor estacionario y el primer bastidor 957 móvil. El primer amortiguador 9656 neumático incluye un pistón 966 que se mueve en un cilindro 967 de aire, como se conoce en la técnica. Otros tipos de amortiguadores, tales como hidráulicos, se podrían utilizar.
- El segundo sensor 980 de desplazamiento del eje incluye el brazo 981 que sobresale del segundo bastidor 977 móvil hacia el primer bastidor 957. Una tira 982 del codificador en el extremo del brazo 981 móvil se lee por el cabezal 983 de lectura del codificador en el primer bastidor 957 móvil y una señal indicativa del movimiento relativo se emite en la línea 308.
- Como opción, un segundo amortiguador, tal como un segundo amortiguador 985 neumático, se conecta entre el extremo libre del brazo 981 y la montura 988 montada en primer bastidor 957 móvil y amortigua el movimiento relativo del primer bastidor 957 móvil y el segundo bastidor 977 móvil. El segundo amortiguador 985 neumático es similar al primer amortiguador 965 neumático e incluye un pistón, que no se observa, que se mueve en un cilindro 987 de aire, como se conoce en la técnica. Otros tipos de amortiguadores, como los hidráulicos, se podrían utilizar.
- Los sensores 960, 980 de desplazamiento pueden ser cualquier tipo deseable de sensor de desplazamiento, tal como se muestra en la presente memoria. Además, otras configuraciones del conjunto 950 de resortes en voladizo son posibles. Un conjunto 952, 972 de eje podría tener solo un único resorte. Además, los conjuntos 952, 957 de ejes pueden duplicarse uno detrás de otro para acortar el conjunto 950 de resortes.
- La **Figura 22** es una vista en perspectiva de una décima realización del sensor de desplazamiento angular del cable de tipo brazo y sensor que incluye un codificador magnético, tal como codificador 990 lineal magnético. El codificador 990 lineal magnético se puede sustituir por un codificador óptico, tal como para el codificador 409, 416 de la primera realización mostrada en la Figura 4A en la presente memoria. El sensor 990 lineal magnético incluye una tira 992 magnética de múltiples polos en el brazo 991 de desplazamiento angular y un cabezal 993 del codificador, que incluye chip 994 de circuito integrado de detección del efecto para detectar el movimiento de la tira 992 magnética en un eje y la producción de una señal en la línea 308 indicativa del mismo.
- Un codificador 990 adecuado es el codificador lineal magnético AS5311 de alta resolución fabricado por AUSTRIAMICROSYSTEMS de Schloss Premstaetten, Austria. Este codificador tiene una resolución tan pequeña como 1,95 μm por lo que puede detectar mínimos movimientos del brazo 991.
- La **Figura 23** es una vista inferior, frontal, lateral izquierda, parcialmente cortada y en perspectiva de los elementos seleccionados de una realización 10B alternativa del dispositivo 10 como se ha mostrado y descrito principalmente con respecto a las Figuras 2 y 3. El dispositivo 10B de medición es similar al dispositivo 10 en la mayoría de sus aspectos, pero difiere como se describe a continuación del dispositivo 10 en que no hay un carro 200 de inclinación; muchos elementos que se montan sobre el carro 200 de inclinación en el dispositivo 10 se montan, en cambio, en el carro 100 de giro en el dispositivo 10B. En la realización ejemplar, el dispositivo 10B incluye un primer sensor de desplazamiento, tal como el sensor 400 de giro, y un segundo sensor de desplazamiento angular, tal como el sensor 420 de inclinación. Una versión simplificada del dispositivo 10B puede omitir el sensor 420 de inclinación.
- El dispositivo 10B puede medir puntos en un plano que está cerca del anillo 31 de la base 30 y que es perpendicular al eje θ de giro. El dispositivo 10B puede medir estos puntos con precisión si no se supera el alcance del sensor del eje de inclinación o, de lo contrario, con una precisión suficiente para muchas aplicaciones. Por ejemplo, el dispositivo 10B se puede utilizar para medir suelos, tales como azulejos.
- El paso 230 de referencia principal, el medio 600 de suministro de cable, el medio 450 de medición de la longitud del cable, y el conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular se fijan al bastidor 101. Aunque un sensor 300G de desplazamiento angular con cardán se muestra, otros sensores de desplazamiento angular, tales como los que se

muestran y describen en la presente memoria, se podrían utilizar.

5 El cable 12 está en la posición 305 de alineación cuando el eje 17 longitudinal local del cable 12 en el paso 339 de cable confinado exterior se alinea con el eje (θ) de giro. Puesto que el extremo 14 libre del cable se mueve desde un punto anterior hasta un nuevo punto que no es directamente radialmente hacia fuera desde el punto anterior, la sección 16 media del cable se desplaza angularmente en el conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular. El conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular detecta este desplazamiento angular del cable 12 alejándose de la posición 305 de alineación y produce una señal o señales indicativas del mismo, tales como en las líneas 308 y 309. El conjunto 120 de motor servoalimentado de giro hace girar el carro 100 de giro alrededor del eje θ de giro en respuesta a las señales del conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular indicativas del desplazamiento del cable alrededor del eje (θ) de giro para mover el conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular a la posición 305 de alineación.

10 Como se ha descrito con respecto al dispositivo 10, en el dispositivo 10B, la ubicación del punto de medición se determina a partir del medio 500 de medición del carro de giro, del medio 450 de medición de la longitud del cable, y del ángulo de inclinación de las señales desde el conjunto 300 de sensor de desplazamiento angular indicativas del ángulo de inclinación, tal como en la línea 309.

15 Se debe apreciar que el dispositivo 10 es muy versátil y se puede utilizar en diversos modos como se describe a continuación.

El uso del dispositivo 10 como un dispositivo de salida se ha descrito anteriormente con respecto al puntero 270 de láser.

20 Distancias más largas que la longitud del cable 12 se pueden medir mediante la conexión de un micrómetro láser al extremo del cable 12 y se mantiene, tal como mediante el asidero 18, de manera que el rayo láser emitido es paralelo al cable 12 y el rayo aterriza en el punto a medir. La distancia indicada por el micrómetro láser se añade a la distancia del cable para alcanzar la distancia total.

25 Otro procedimiento de medición de puntos en distancias más largas es unir una cinta métrica láser a la unidad 20 de base. Un usuario 90 se puede situar cerca del punto que se va a medir y utilizar un medio, tal como un PDA con Bluetooth[®] para accionar los servos de giro e inclinación para colocar la luz láser en el punto y tomar una medición.

El dispositivo 10 se puede utilizar para medir ilustraciones o planos y después escalarlos hacia arriba o hacia abajo o incluso proyectar los puntos medidos sobre una superficie, tal como una pared.

30 El cable 12 es preferentemente de deformación baja y conocida. Un cable de alambre de aproximadamente un dieciseisavo de pulgada (0,16 cm) de diámetro y que tiene una resistencia a la rotura de aproximadamente 300 libras (136,08 kg) se ha utilizado. Sensores de temperatura, humedad y nivel pueden incluirse para mejorar la precisión.

A partir de la descripción anterior, se observa que la presente invención proporciona un dispositivo de medición extremadamente conveniente y preciso que puede operarse por un solo usuario.

35

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (10) de medición que comprende:

un cable (12) que incluye:

5 una sección (16) media; y
un extremo (14) libre para su colocación por un usuario en un punto a medir;

una unidad (20) de base que incluye:

una base (30);
un primer carro (100) que incluye:

10 un primer bastidor (101) fijado de forma giratoria a dicha base (30) de manera que pueda girar alrededor de un primer eje (θ);

un segundo carro (200) que incluye:

15 un segundo bastidor (201) unido de forma giratoria a dicho primer bastidor (101) de manera que pueda girar alrededor de un segundo eje (φ);
un paso (230) de referencia principal unido a dicho segundo bastidor (201) para el paso confinado de dicha sección (16) media de dicho cable (12);
un conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular unido a dicho segundo bastidor (201) que incluye:

20 un conjunto (330) de pasos de cable de entrada que define un paso (339) de referencia de entrada entre dicho paso (230) de referencia principal y dicho extremo (14) libre del cable para el paso confinado de dicha sección (16) media de dicho cable (12); estando dicho cable (12) en una posición de alineación cuando el eje (17) longitudinal local de dicho cable (12) en dicho paso (339) de referencia de entrada esté alineado con dicho paso (230) de referencia principal; dicho conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular para detectar el desplazamiento angular de dicho cable (12) alejándose de la posición de alineación de las fuerzas laterales de dicho cable (12) en dicho paso (339) de referencia de entrada y para producir una señal de desplazamiento indicativa del mismo;

25 un primer motor (122) acoplado a dicho primer bastidor (101) para hacer girar dicho primer carro (100) alrededor del primer eje (θ) en respuesta a la señal de desplazamiento procedente de dicho conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular indicativa del desplazamiento del cable alrededor del primer eje (θ) para mover dicho conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular a la posición de alineación;

30 un segundo motor (162) acoplado a dicho segundo bastidor (201) para hacer girar dicho segundo carro (200) alrededor del segundo eje (φ) en respuesta a la señal de desplazamiento procedente de dicho conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular indicativa del desplazamiento del cable alrededor del segundo eje (φ) para mover dicho conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular a la posición de alineación;
medios (450) de medición del cable unidos a dicha unidad (20) de base y acoplados a dicho cable (12) para medir la longitud o cambio de longitud de dicho cable (12) y producir una señal del cable indicativa de la distancia hasta el punto a medir;

35 medios (500) de medición del primer carro unidos a dicha unidad (20) de base para medir la posición de giro o cambio de posición de giro de dicho primer carro (100) con relación a dicha base (30) y para producir una señal del primer carro indicativa del ángulo alrededor del primer eje (θ) hasta el punto a medir; y
40 medios (500) de medición del segundo carro fijados a dicha unidad (20) de base para medir la posición de giro o cambio de posición de giro de dicho segundo carro (200) con respecto a dicho primer carro (100) y para producir una señal del segundo carro indicativa del ángulo alrededor del segundo eje (φ) hasta el punto a medir.

2. Un dispositivo (10) de medición que comprende:

un cable (12) que incluye:

45 una sección (16) media; y
un extremo (14) libre para su colocación por un usuario en un punto a medir;

una unidad (20) de base que incluye:

una base (30);
un primer carro (100) que incluye:

50 un primer bastidor (101) fijado de forma giratoria a dicha base (30) de manera que pueda girar alrededor de un primer eje (θ);

un paso (230) de referencia principal unido a dicho primer bastidor (101) para el paso confinado de dicha

sección (16) media de dicho cable (12);

un conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular unido a dicho primer bastidor (101) que incluye:

5 un conjunto (330) de pasos de cable de entrada que define un paso (339) de referencia de entrada entre dicho paso (230) de referencia principal y dicho extremo (14) libre del cable para el paso confinado de dicha sección (16) media de dicho cable (12); estando dicho cable (12) en una posición de alineación cuando el eje (17) longitudinal local de dicho cable (12) en dicho paso (339) de referencia de entrada esté alineado con dicho primer eje (θ); dicho conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular para detectar el desplazamiento angular de dicho cable (12) alejándose de la posición de alineación de las fuerzas laterales de dicho cable en dicho paso (339) de referencia de entrada y para producir una señal de desplazamiento indicativa del mismo;

10 un primer motor (122) acoplado a dicho primer bastidor (101) para hacer girar dicho primer carro (100) alrededor del primer eje (θ) en respuesta a la señal de desplazamiento procedente de dicho conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular indicativa del desplazamiento del cable alrededor del primer eje (θ) para mover dicho conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular a la posición de alineación;

15 medios (450) de medición del cable unidos a dicha unidad (20) de base y acoplados a dicho cable (12) para medir la longitud o cambio de longitud de dicho cable (12) y producir una señal del cable indicativa de la distancia hasta el punto a medir;

20 medios (400) de medición del primer carro en dicha unidad (20) de base para medir la posición de giro o cambio de posición de giro de dicho primer carro (100) con relación a dicha base (30) y para producir una señal del primer carro indicativa del ángulo alrededor del primer eje (θ) hasta el punto a medir.

3. El dispositivo (10) de medición de la reivindicación 1 o 2, que incluye además:

un medio (600) de suministro de cable para suministrar dicho cable (12) bajo tensión a dicho paso (230) de referencia principal.

4. El dispositivo (10) de medición de la reivindicación 1 o 3, en el que:

25 dicho conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular incluye:

un par de sensores (380) de contacto para detectar el desplazamiento angular de dicho cable (12) alejándose de dicha posición de alineación y para producir una señal indicativa del mismo.

5. El dispositivo (10) de medición de la reivindicación 1 o 3, en el que:

dicho conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular incluye:

30 un par de células (396, 397) de carga para detectar el desplazamiento angular de dicho cable (12) alejándose de dicha posición de alineación y para producir una señal indicativa del mismo.

6. El dispositivo de medición de la reivindicación 1 o 3, en el que:

dicho conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular incluye:

35 un sensor (930) de láser para detectar el desplazamiento angular de dicho cable (12) alejándose de dicha posición de alineación y para producir una señal indicativa del mismo.

7. El dispositivo (10) de medición de la reivindicación 1 o 3, en el que:

dicho conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular incluye:

un codificador (994) magnético de efecto Hall para detectar el desplazamiento angular de dicho cable (12) alejándose de dicha posición de alineación y para producir una señal indicativa del mismo.

40 8. El dispositivo (10) de medición de la reivindicación 1 o 3, en el que:

dicho conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular incluye:

un codificador (960 o 980) óptico para detectar el desplazamiento angular de dicho cable (12) alejándose de dicha posición de alineación y para producir una señal indicativa del mismo.

9. El dispositivo (10) de medición de la reivindicación 1, 3 o 2 que incluye además:

45 medios (18) de agarre unidos a dicho extremo (14) libre de dicho cable (12) para situar dicho extremo (14) libre de dicho cable (12) sin impartir un momento en dicho cable (12).

10. El dispositivo (10) de medición de la reivindicación 3, en el que:

dicho medio (600) de suministro de cable incluye:

un sensor (610) de tensión de cable para detectar la tensión en dicho cable (12) y producir una señal indicativa de la misma; y
un tercer motor (650) acoplado a dicho cable (12) suministrado a dicho paso (230) de referencia principal para tensar dicho cable (12) suministrado en respuesta a la señal procedente del sensor (610) de tensión de cable.

11. El dispositivo (10) de medición de la reivindicación 10, en el que:

dicho medio (600) de suministro de cable incluye además:

un carrete (660) sobre el que está enrollado dicho cable (12); y en el que dicho tercer motor (650) está acoplado a dicho carrete (660).

12. El dispositivo (10) de medición de la reivindicación 1, 3 o 2 que incluye además:

un dispositivo (700) de entrada de usuario situado en la proximidad de dicho extremo (14) libre del cable y en comunicación con dicha unidad (20) de base, y
un dispositivo (700) de almacenamiento en comunicación con dicha unidad (20) de base; transmitiendo dicha unidad (20) de base la señal de cable, la señal del primer carro y la señal del segundo carro a dicho dispositivo (700) de almacenamiento en respuesta a una directiva de registro desde dicho dispositivo (700) de entrada.

13. El dispositivo (10) de medición de la reivindicación 1, 3 o 2 que incluye además:

un dispositivo (700) de entrada y almacenamiento de usuario situado en la proximidad de dicho extremo (14) libre del cable y en comunicación con dicha unidad (20) de base; transmitiendo dicha unidad (20) de base la señal del cable, la señal del primer carro y la señal del segundo carro a dicho dispositivo (700) de entrada y almacenamiento en respuesta a una directiva de registro desde dicho dispositivo (700) de entrada.

14. El dispositivo (10) de medición de la reivindicación 1 o 3, en el que:

dicho conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular incluye:

un soporte (300A, 300G, 338 o 950) resiliente, flexible que soporta dicho conjunto (330) de pasos de cable de entrada de dicho segundo bastidor (201) en una posición neutra cuando no hay fuerzas laterales de dicho cable (12) en dicho paso (339) de referencia de entrada y de tal manera que las fuerzas laterales de dicho cable (12) mueven dicho paso (339) de referencia de entrada fuera de la posición neutra; haciendo retornar, dicho soporte (300A, 300G, 338 o 950) resiliente, flexible, a dicho paso (339) de referencia de entrada a la posición neutra después de que las fuerzas laterales de dicho cable (12) se hayan eliminado.

15. El dispositivo (10) de medición de la reivindicación 14, en el que:

dicho soporte (300G) resiliente, flexible incluye:

un cardán (310) principal forzado hacia una posición neutra de manera que el desplazamiento angular de dicho cable (10) desde la posición de alineación hace girar dicho cardán (310) principal; y

dicho conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular incluye:

un primer sensor (400) de giro para detectar el giro de dicho cardán (310) principal alrededor de un primer eje de sensor; y
un segundo sensor (420) de giro para detectar el giro de dicho cardán (310) principal alrededor de un segundo eje del sensor.

16. El dispositivo (10) de medición de la reivindicación 15, en el que:

dicho cardán (310) principal es un cardán de placa.

17. El dispositivo (10) de medición de la reivindicación 14, en el que:

dicho soporte (300A) resiliente, flexible incluye:

una varilla (336) resiliente, flexible en voladizo desde dicho segundo bastidor (201) y que tiene un extremo libre que soporta dicho conjunto (330) de pasos de cable de entrada.

18. El dispositivo (10) de medición de la reivindicación 14, en el que:

dicho soporte (338) resiliente, flexible incluye:

un tubo (338) de soporte elastomérico; y en el que dicho paso (339) de referencia de entrada está montado en dicho tubo (338) de soporte elastomérico.

19. El dispositivo (10) de medición de la reivindicación 14, en el que:

dicho soporte (950) resiliente, flexible incluye:

5 un conjunto (950) de resortes en voladizo que soporta dicho conjunto (330) de pasos de cable para su movimiento en dos ejes.

20. Un procedimiento para medir un objeto mediante un dispositivo (10) de medición que comprende: un cable (12) que incluye: una sección (16) media; y un extremo (14) libre para su colocación por un usuario en un punto a medir; una unidad (20) de base que incluye: una base (30); un primer carro (100) que incluye: un primer bastidor (101) unido de forma giratoria a la base (30) de manera que pueda girar alrededor de un primer eje (θ); un segundo carro (200) que incluye: un segundo bastidor (201) unido de forma giratoria al primer bastidor (101) de manera que pueda girar alrededor de un segundo eje (ϕ); un paso (230) de referencia principal unido al segundo bastidor (201) para el paso confinado de la sección (16) media del cable (12); un conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular unido al segundo bastidor (201) que incluye un paso (339) de referencia de entrada entre el paso (230) de referencia principal y el extremo (14) libre del cable para el paso confinado de la sección (16) media del cable (12); estando el cable (12) en una posición de alineación cuando el eje (17) longitudinal local del cable (12) en el paso (339) de referencia de entrada esté alineado con el paso (230) de referencia principal; estando el conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular para detectar el desplazamiento angular del cable (12) alejándose de la posición de alineación de las fuerzas laterales del cable (12) en el paso (339) de referencia de entrada y para producir una señal de desplazamiento indicativa del mismo; un primer motor (122) acoplado al primer bastidor (101) para hacer girar el primer carro (100) alrededor del primer eje (θ) en respuesta a la señal de desplazamiento procedente del conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular indicativa del desplazamiento del cable alrededor del primer eje (θ) para mover el conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular hacia o hasta la posición de alineación; un segundo motor (162) acoplado al segundo bastidor (201) para hacer girar el segundo carro (200) alrededor del segundo eje (ϕ) en respuesta a la señal de desplazamiento procedente del conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular indicativa del desplazamiento del cable alrededor del segundo eje (ϕ) para mover el conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular hacia o hasta la posición de alineación; medios (450) de medición de cable unidos al segundo bastidor (200) y acoplados al cable (12) para medir la longitud o cambio de longitud del cable (12) y para producir una señal del cable indicativa de la distancia al punto a medir; medios (500) de medición del primer carro para medir la posición de giro o cambio de posición de giro del primer carro (100) con relación a la base (30) y para producir una señal del primer carro indicativa del ángulo al punto a medir alrededor del primer eje (θ); y medios (550) de medición del segundo carro para medir la posición de giro o cambio de posición de giro del segundo carro (200) con relación al primer carro (100) y para producir una señal del segundo carro indicativa del ángulo con respecto al punto a medir alrededor del segundo eje (ϕ); comprendiendo:

35 situar la unidad (20) de base en una primera posición dentro de la línea de visión de un primer punto sobre el objeto a medir;
situar el extremo (14) libre del cable sobre el primer punto del objeto a medir; y
obtener las mediciones del primer punto de los medios (450) de medición de cable, medios (500) de medición del primer carro y medios (550) de medición del segundo carro.

21. El procedimiento de la reivindicación 20, en el que el dispositivo (10) de medición incluye además: un dispositivo (700) de entrada situado en proximidad del extremo (14) libre del cable y en comunicación con la unidad (20) de base, y un dispositivo (700) de almacenamiento en comunicación con la unidad (20) de base; transmitiendo la unidad (20) de base la señal de cable, la señal del primer carro y la señal del segundo carro al dispositivo (700) de almacenamiento en respuesta a una directiva de registro al dispositivo (700) de entrada de un usuario; y la etapa de obtener las mediciones del primer punto incluye:

proporcionar una directiva de registro al dispositivo (700) de entrada.

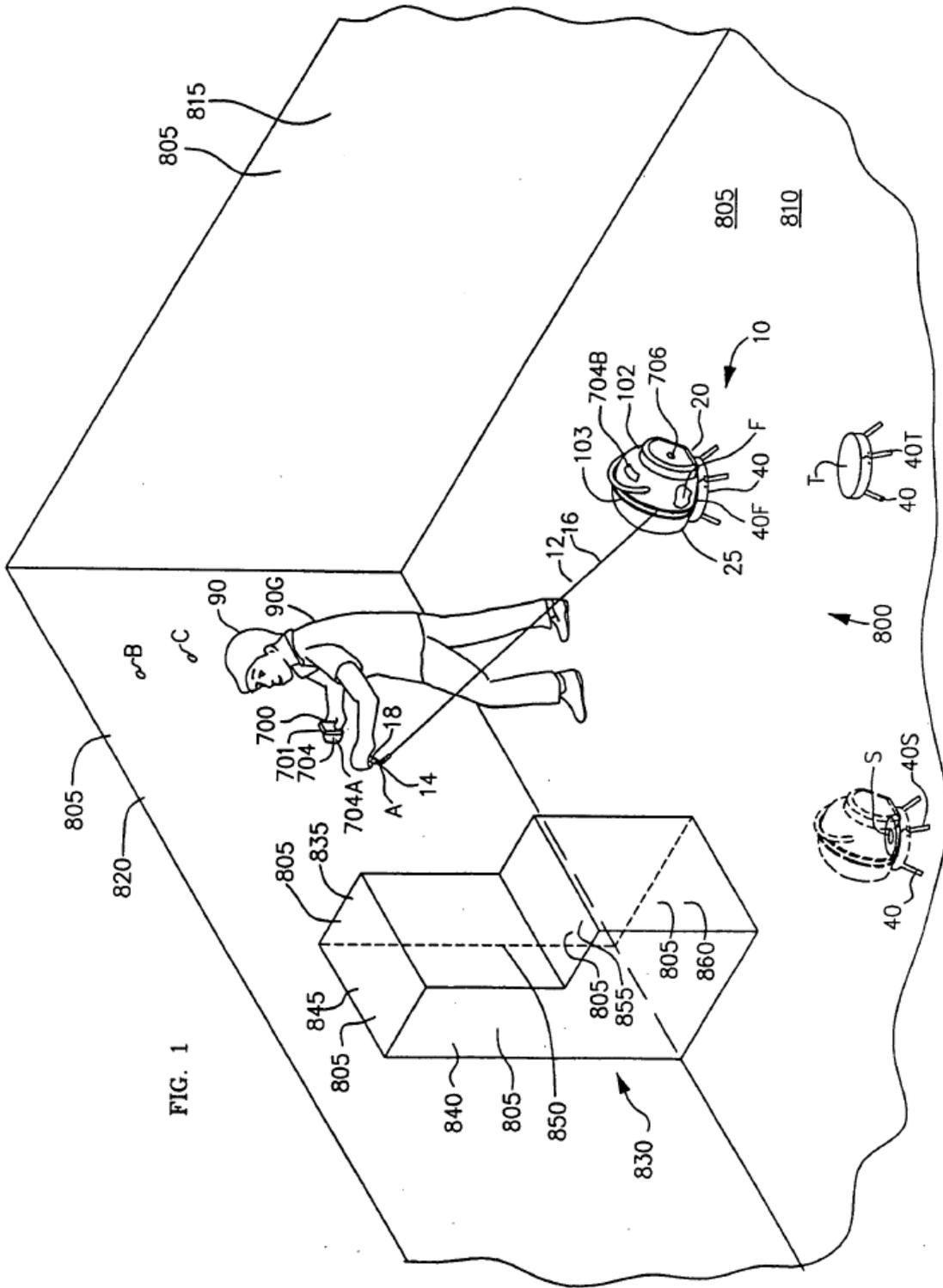
22. El procedimiento de la reivindicación 20, en el que el dispositivo (10) de medición incluye además: un dispositivo (700) de entrada y almacenamiento situado en la proximidad del extremo (14) libre del cable y en comunicación con la unidad (20) de base; transmitiendo la unidad (20) de base la señal del cable, la señal del primer carro y la señal del segundo carro al dispositivo (700) de entrada y almacenamiento en respuesta a una directiva de registro al dispositivo (700) de entrada de un usuario; y la etapa de obtener las mediciones del primer punto incluye:

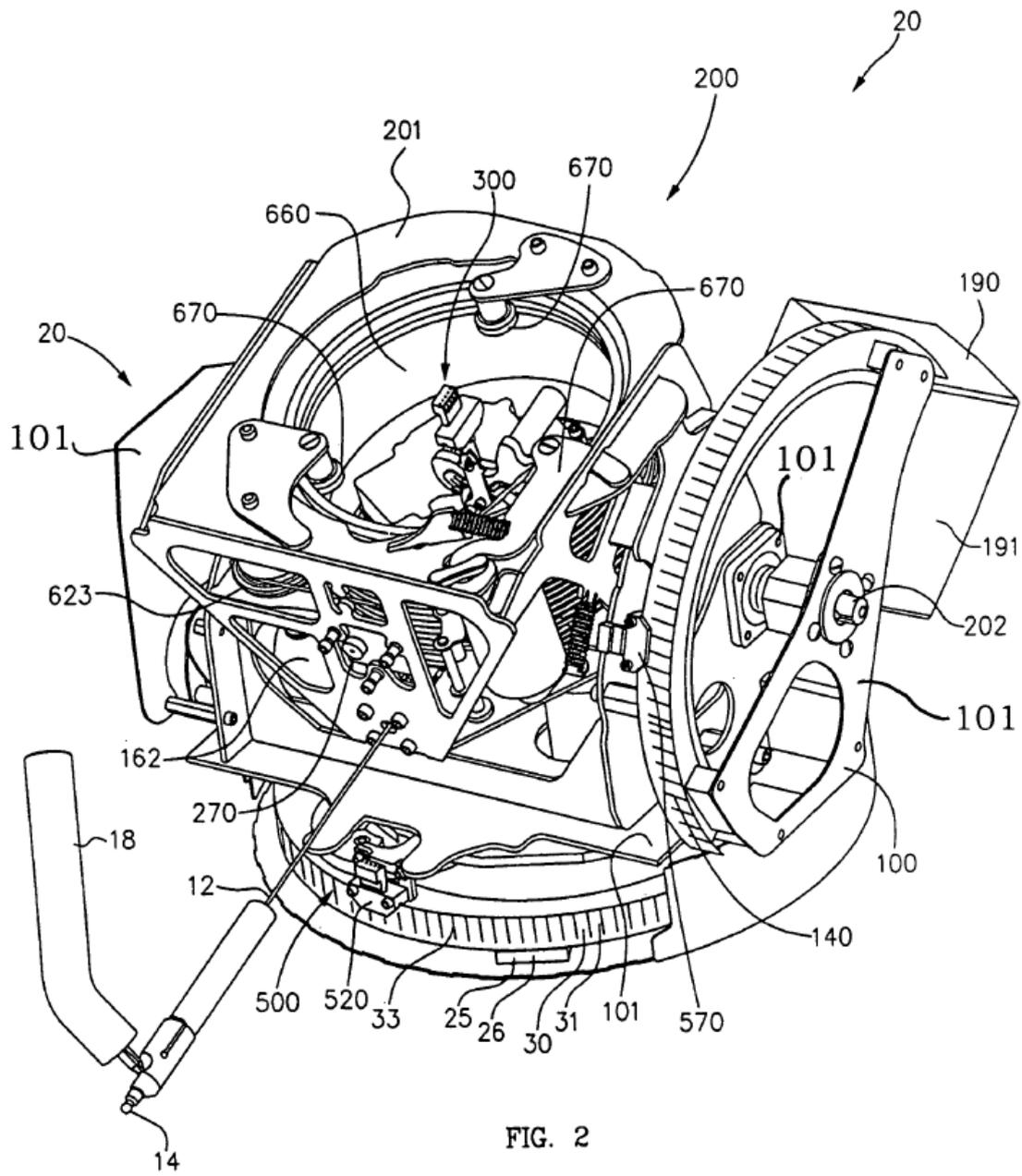
proporcionar una directiva de registro al dispositivo (700) de entrada y almacenamiento.

23. El dispositivo de medición de la reivindicación 2, en el que:

dicho conjunto (300) de sensor de desplazamiento angular incluye:

55 medios (388) de medición del ángulo de inclinación para medir la inclinación o cambio de inclinación de dicho cable (12) y para producir una señal indicativa de la misma.





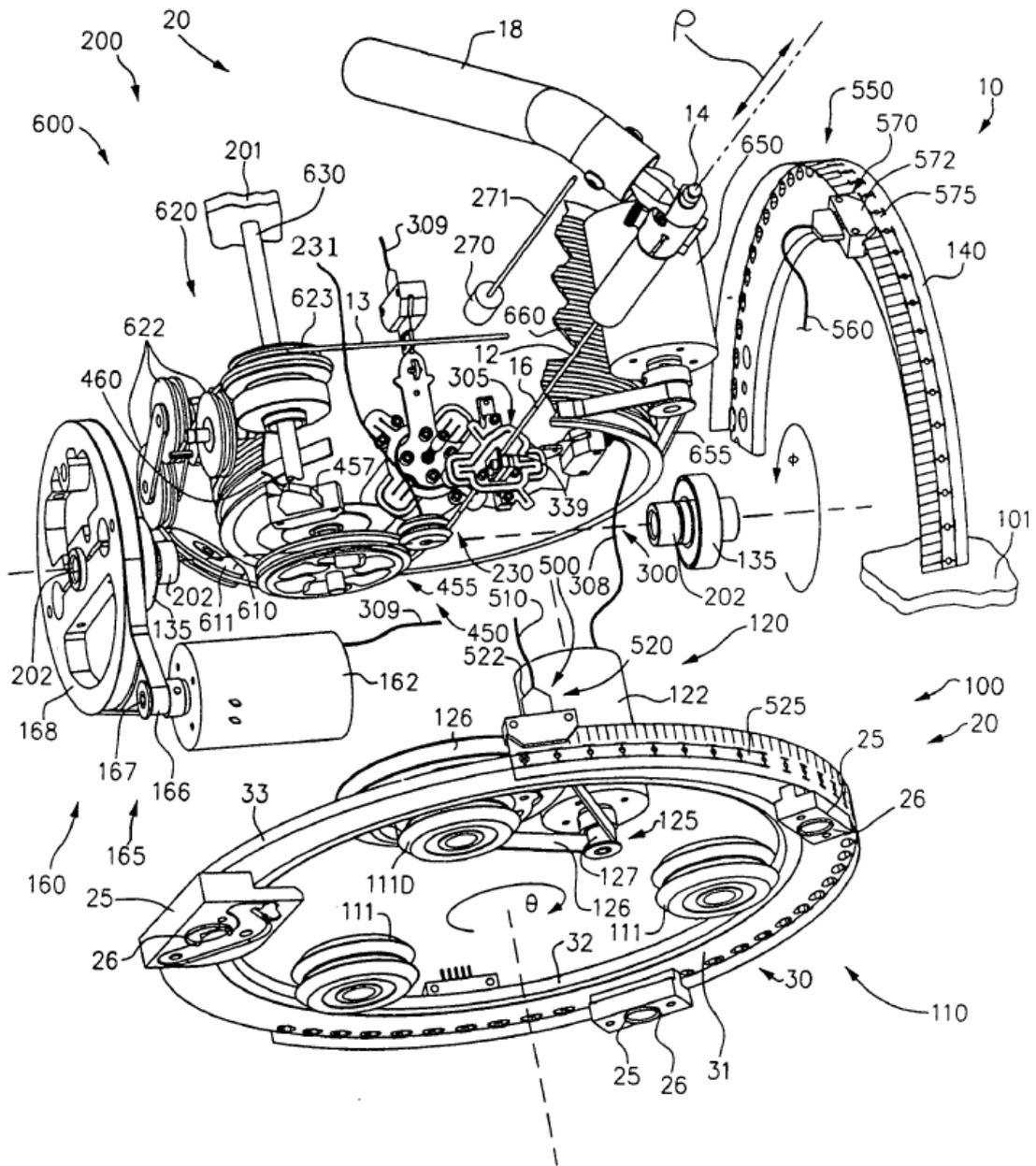


FIG. 3

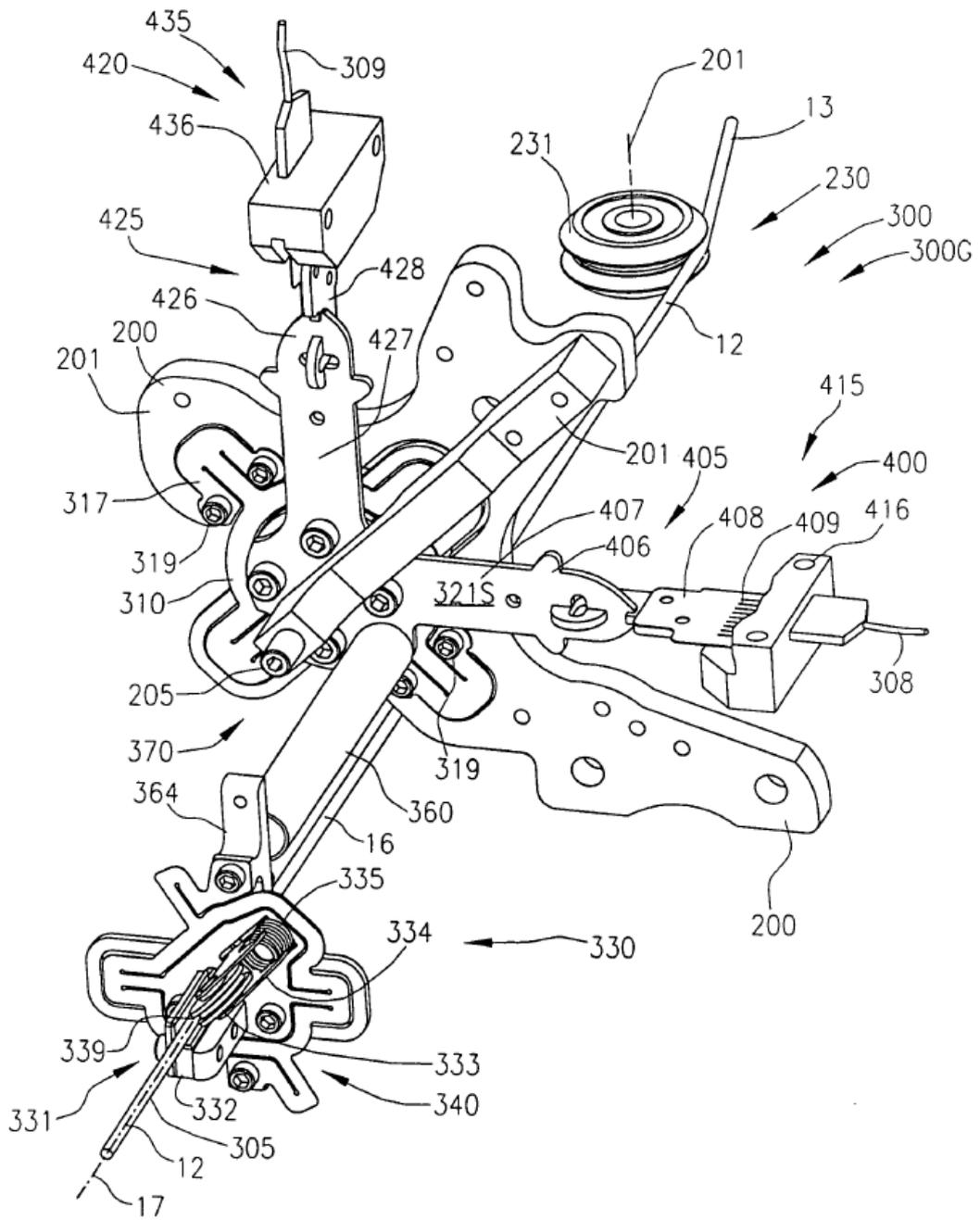


FIG. 4A

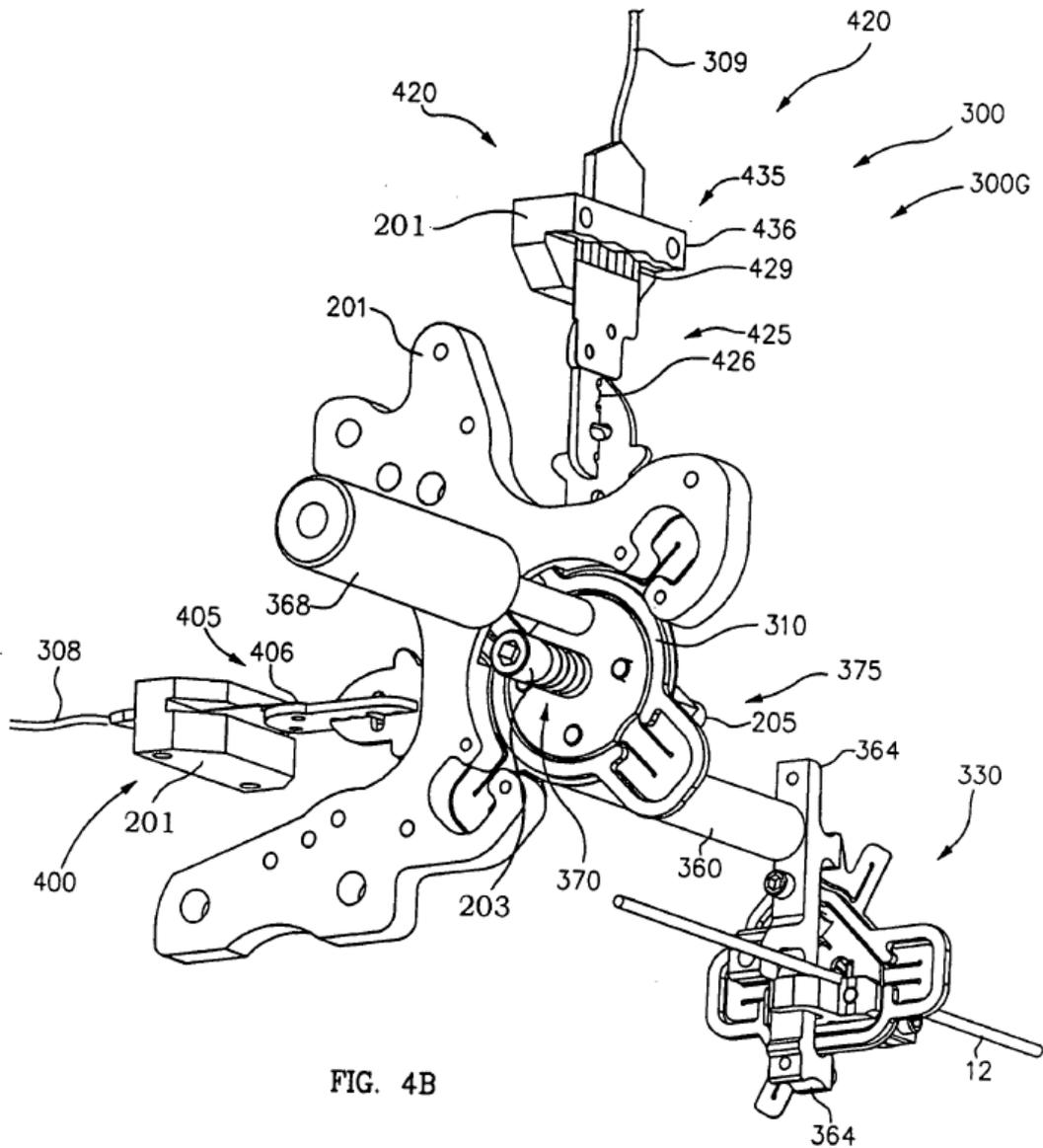


FIG. 4B

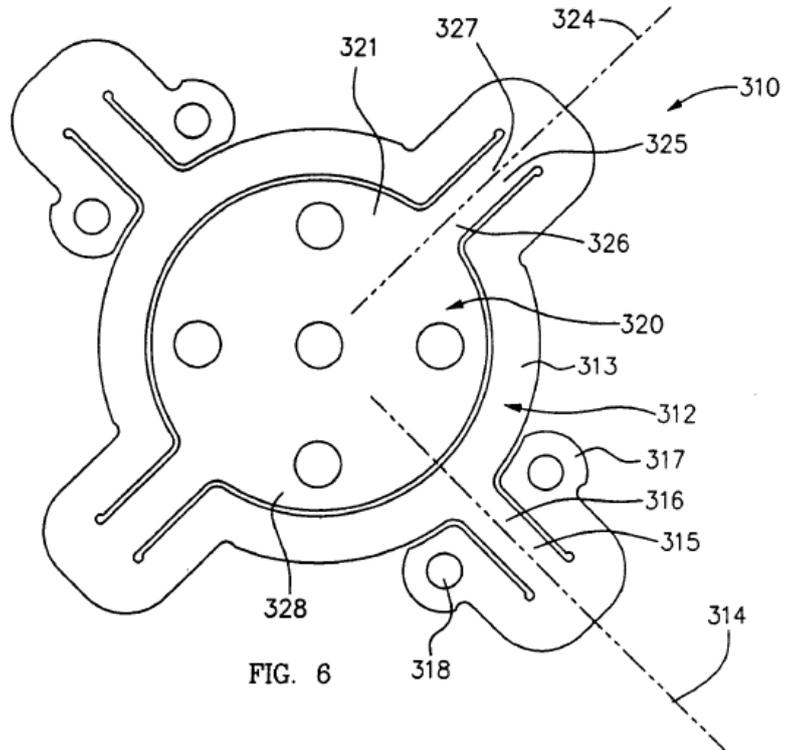


FIG. 6

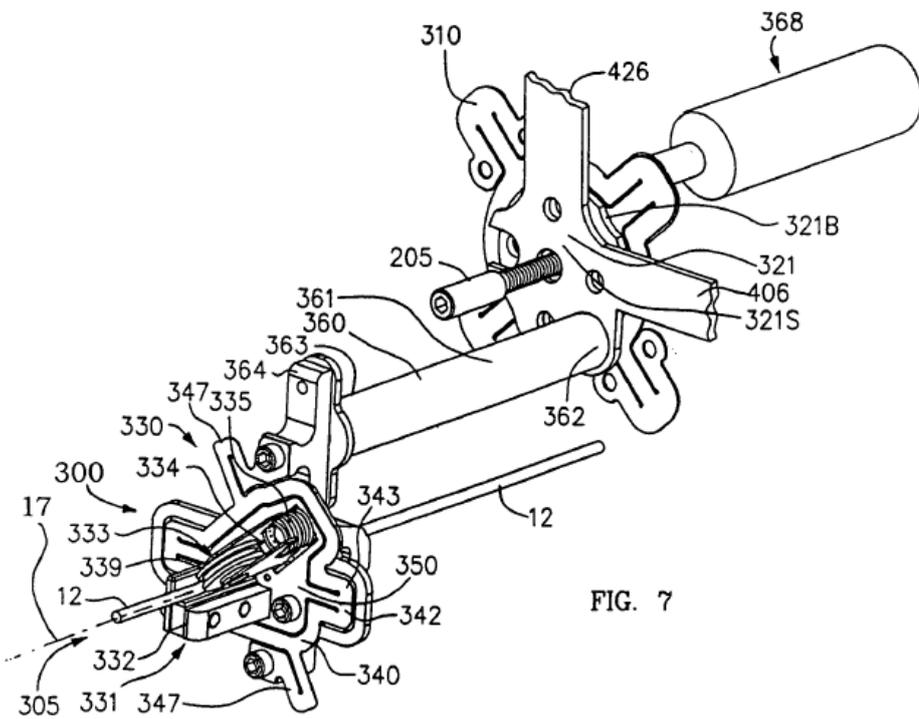
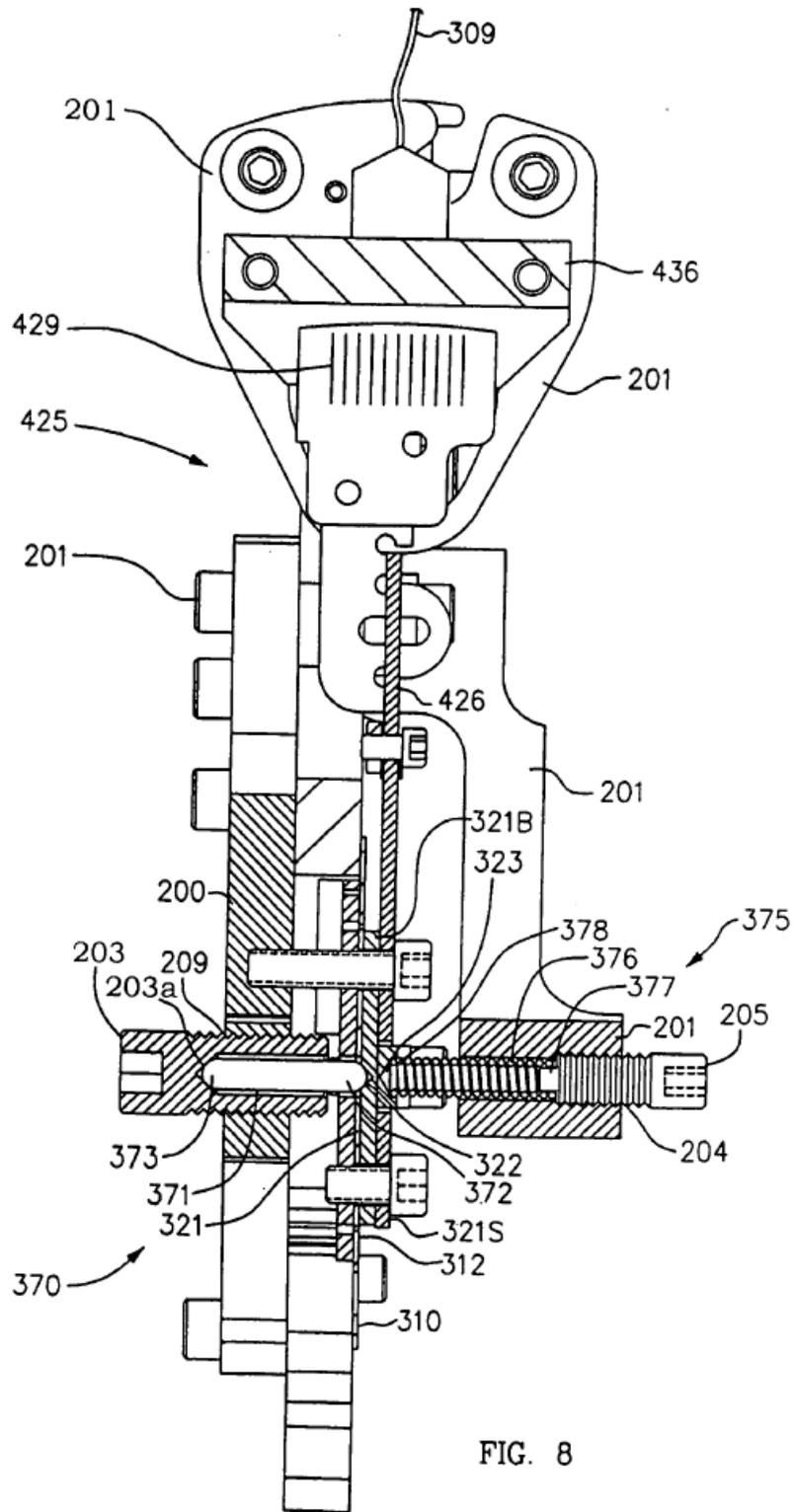


FIG. 7



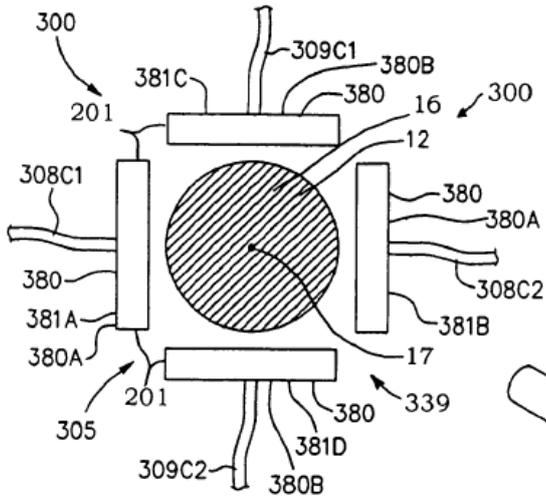


FIG. 9

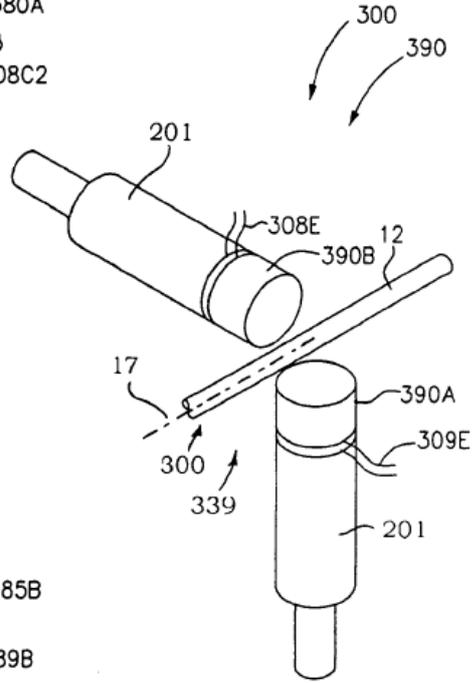


FIG. 11

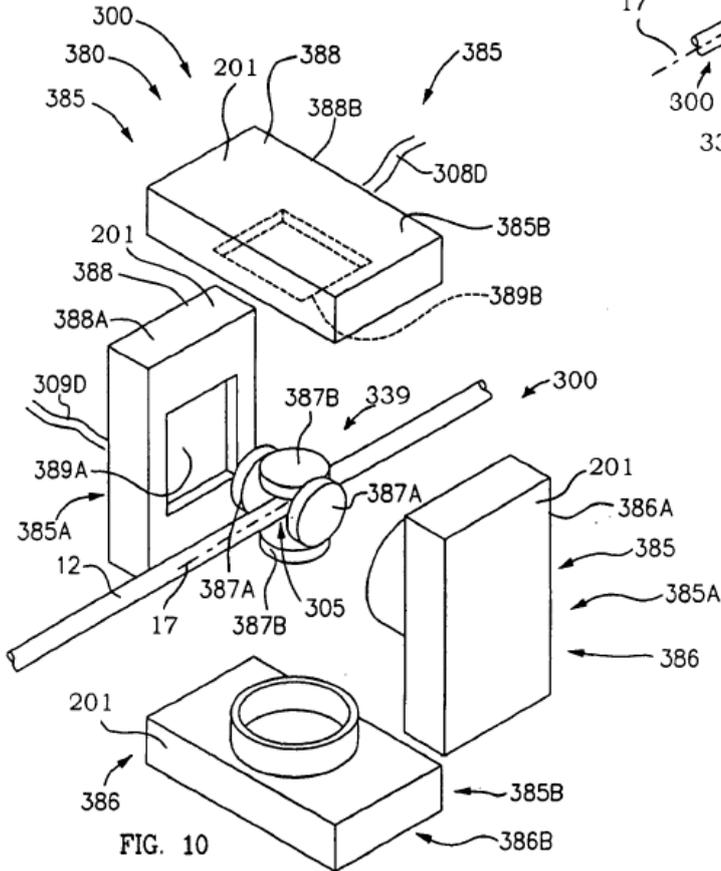


FIG. 10

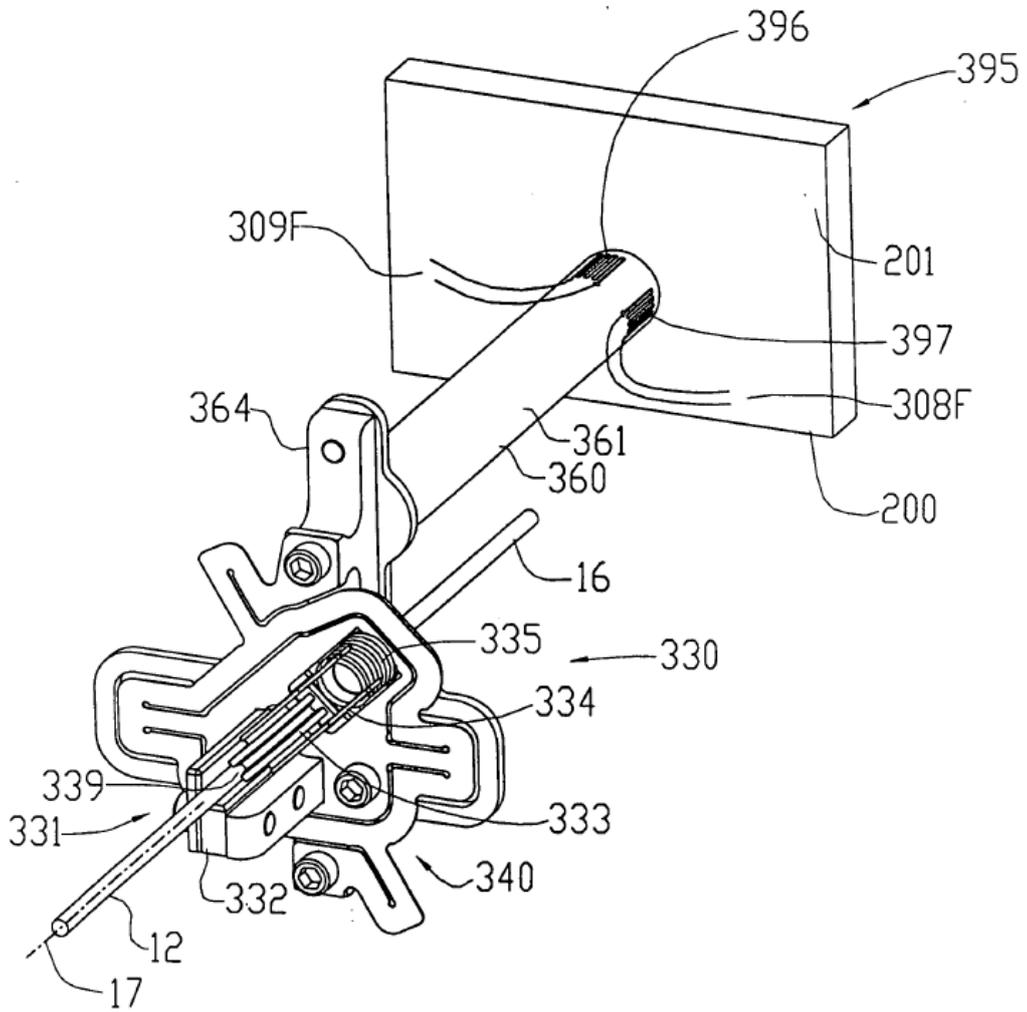
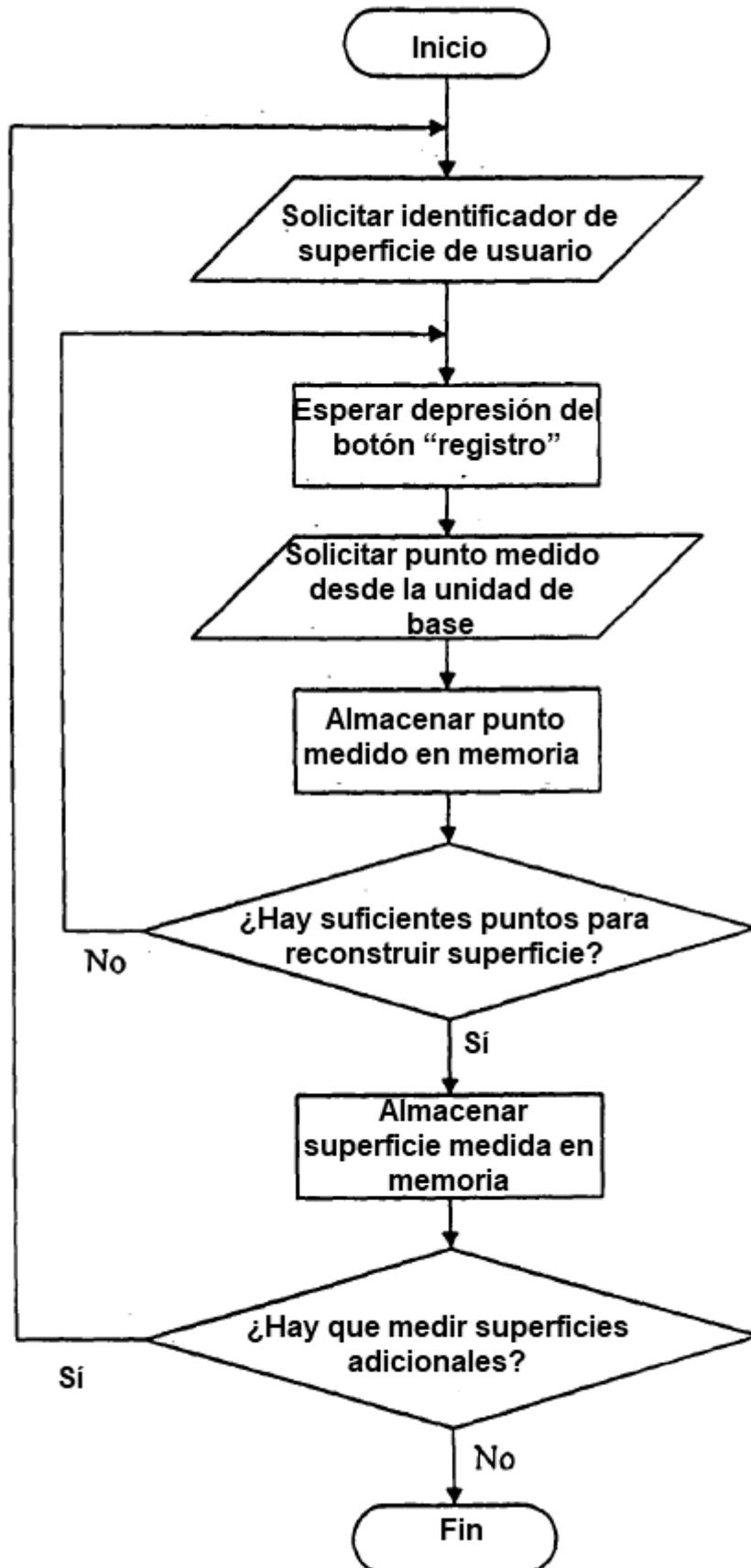
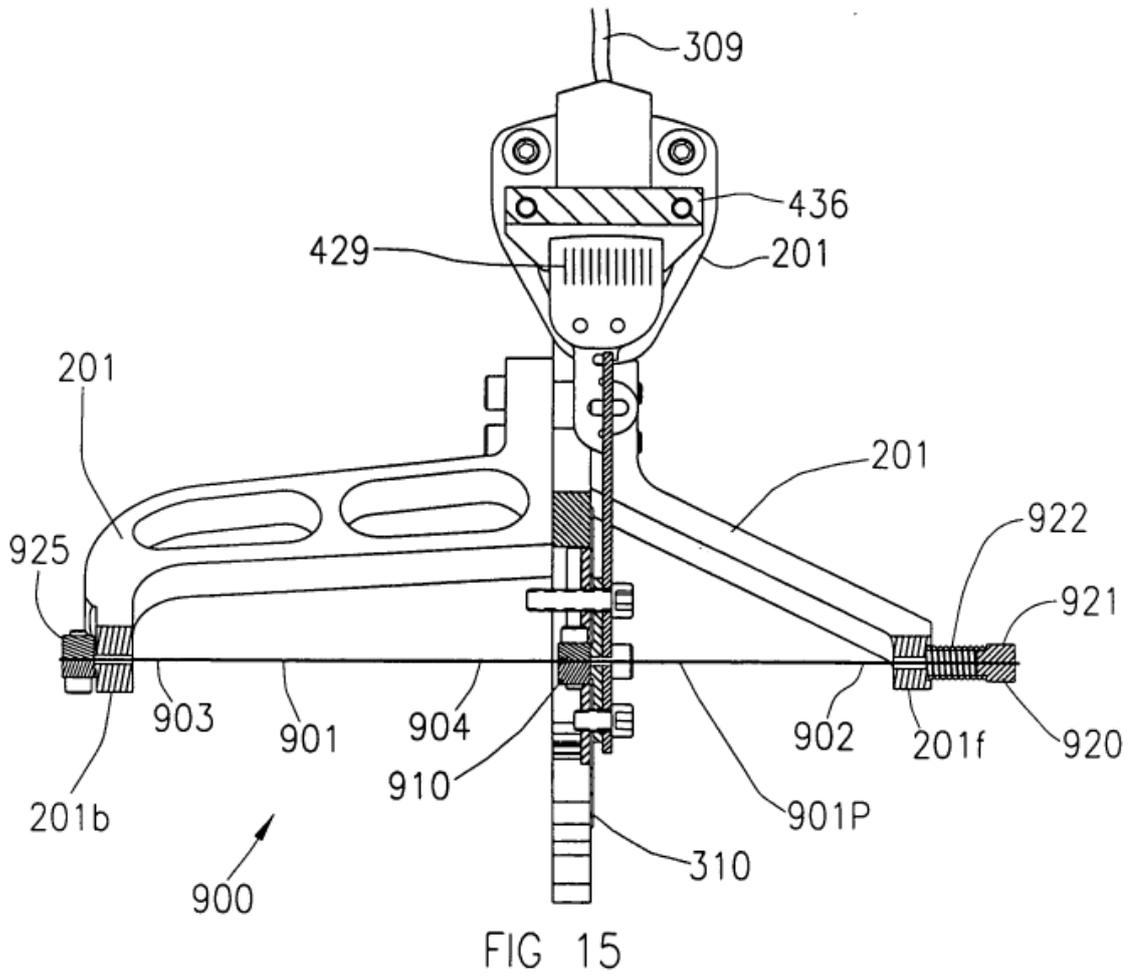
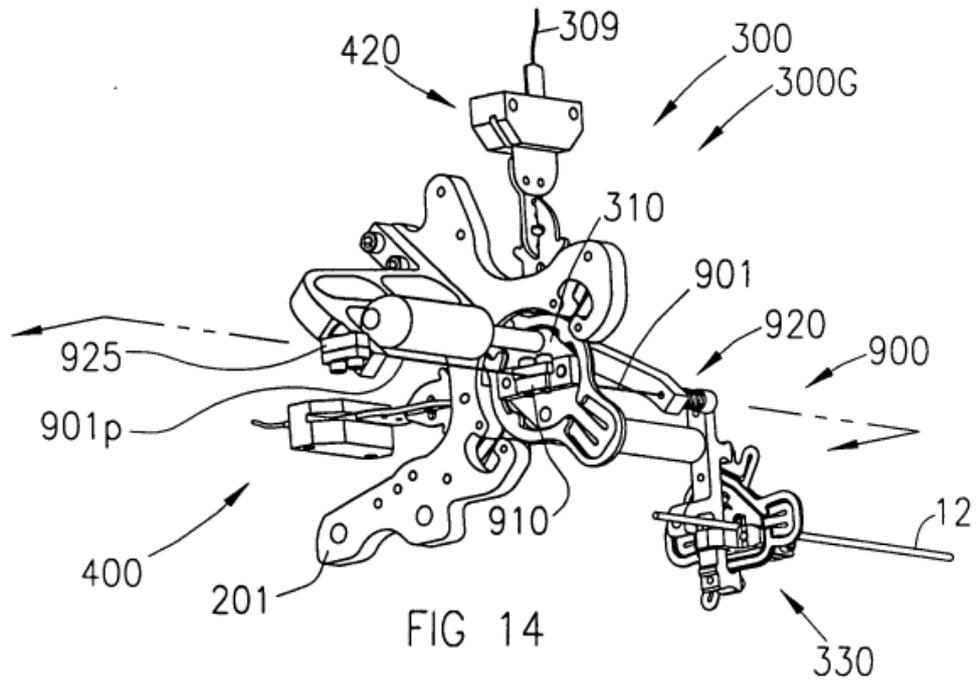
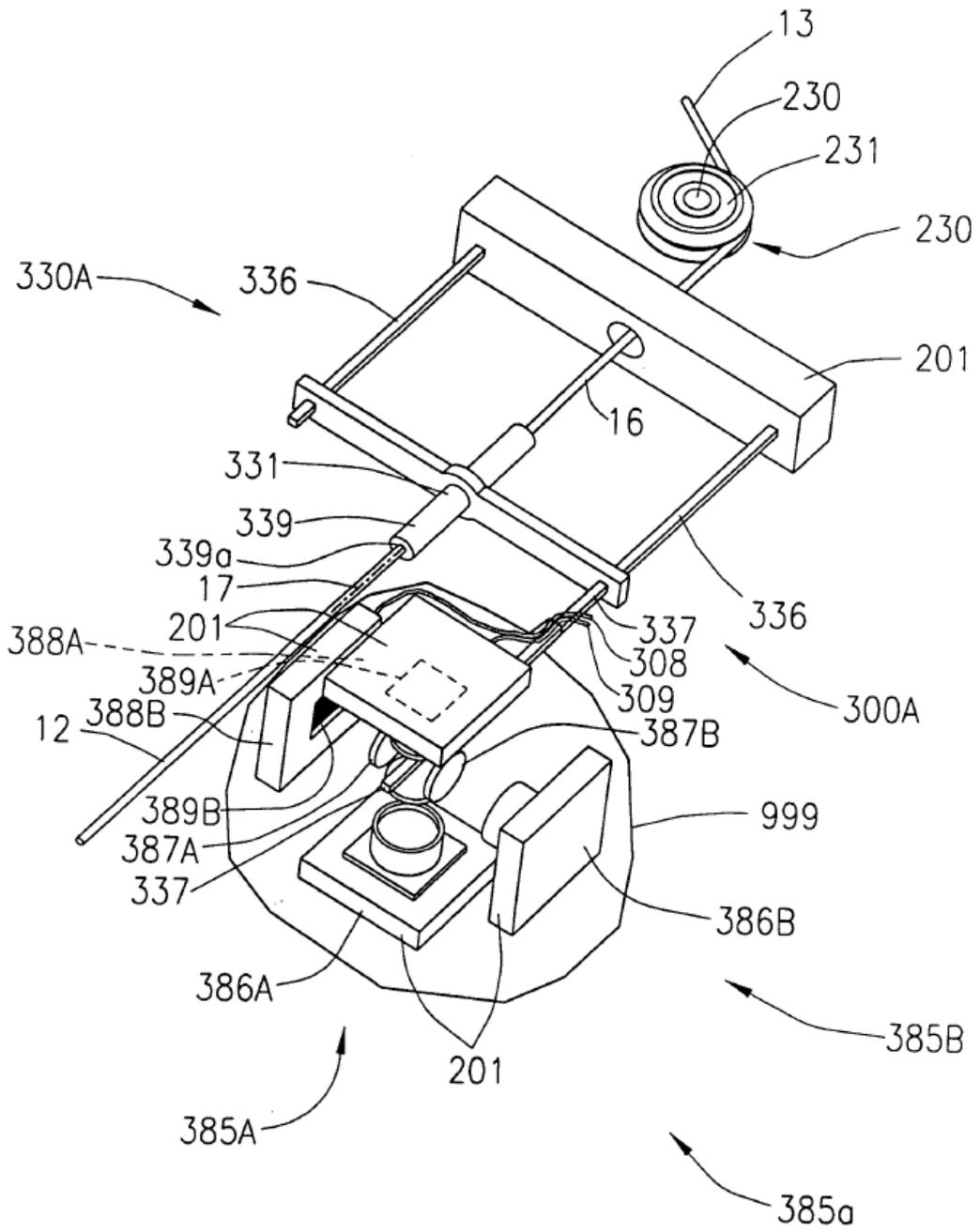


FIG. 12







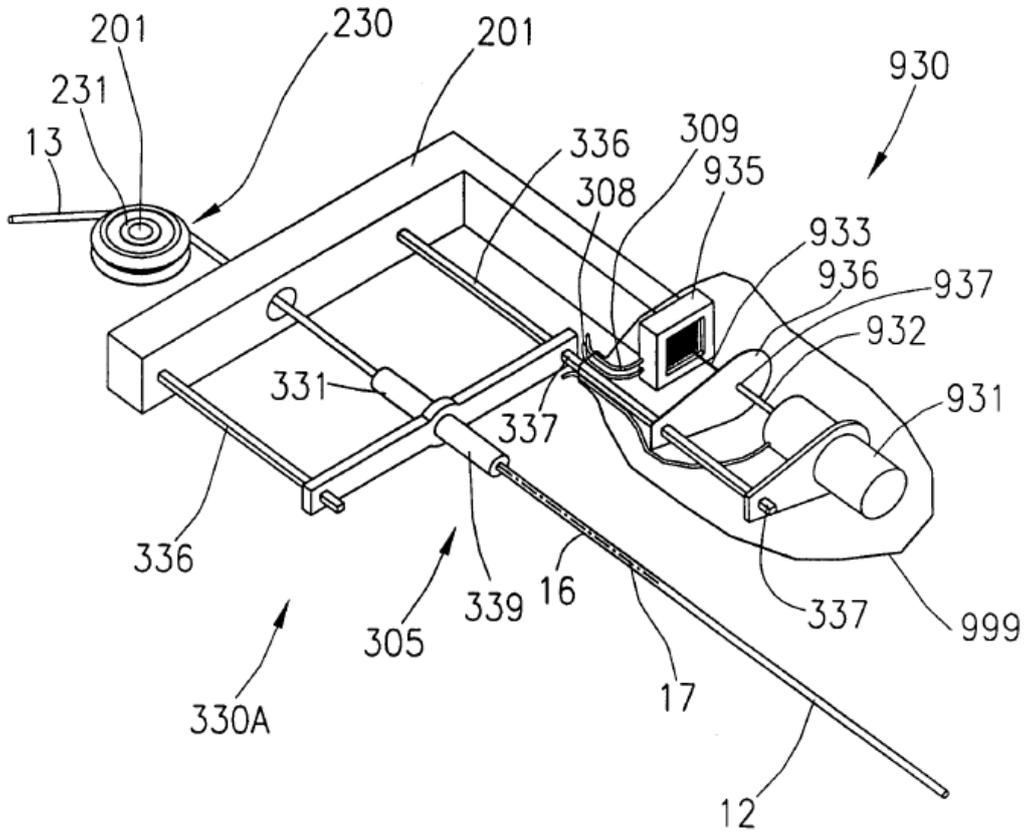
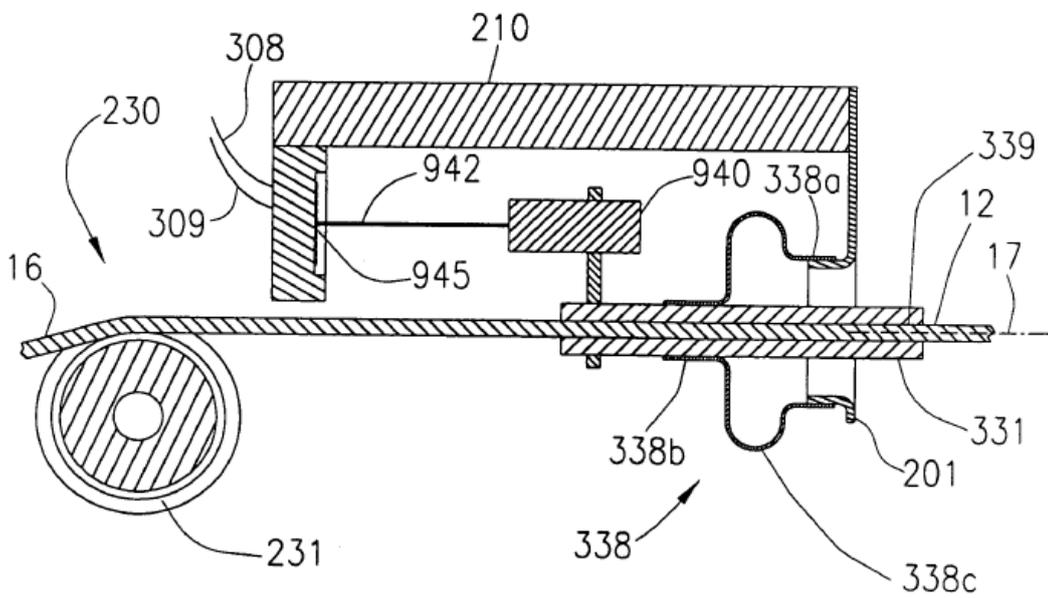
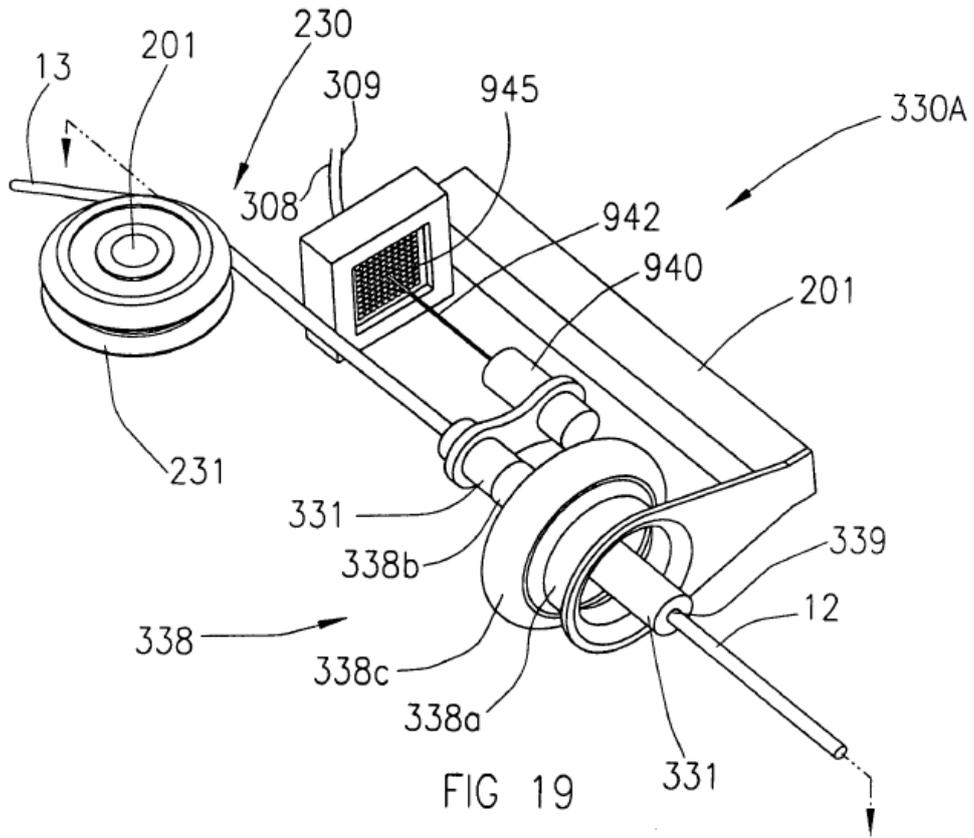


FIG 18



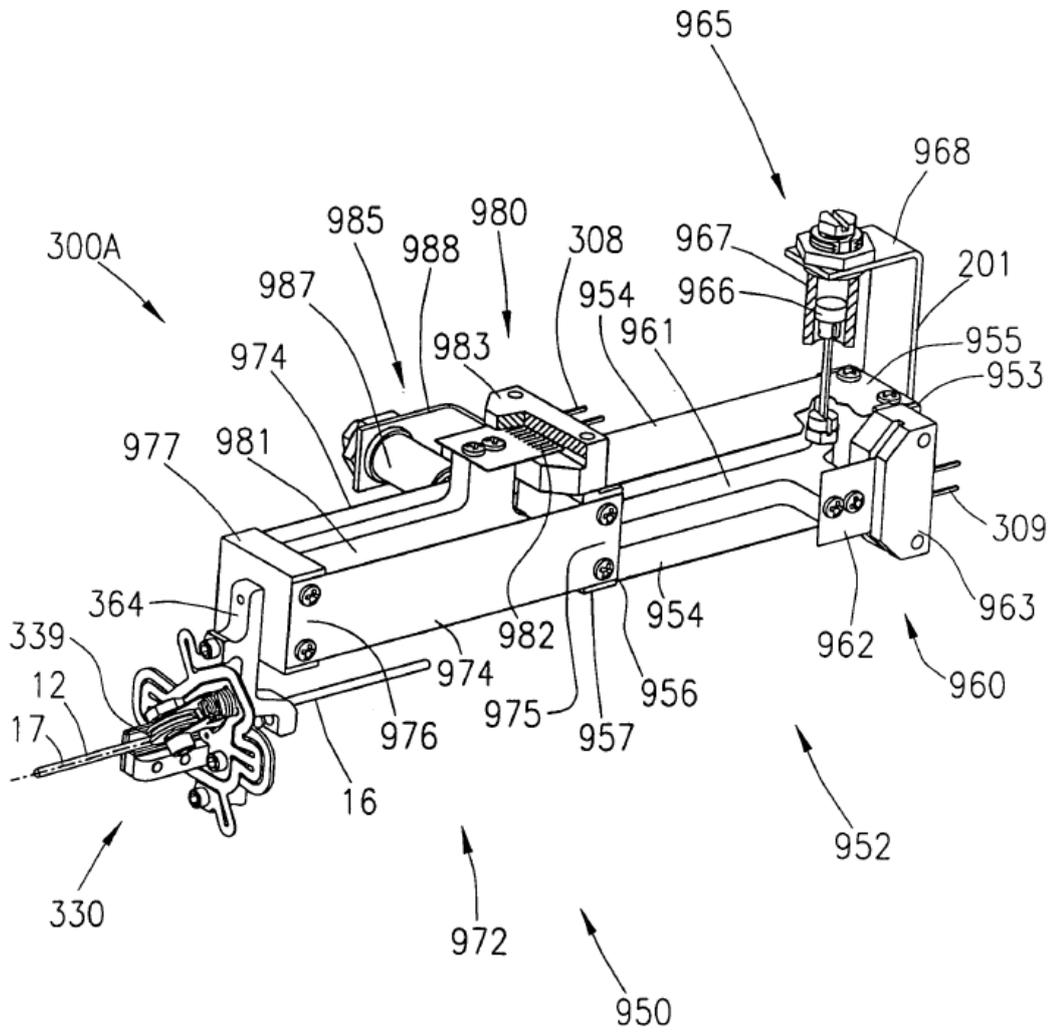


FIG 21

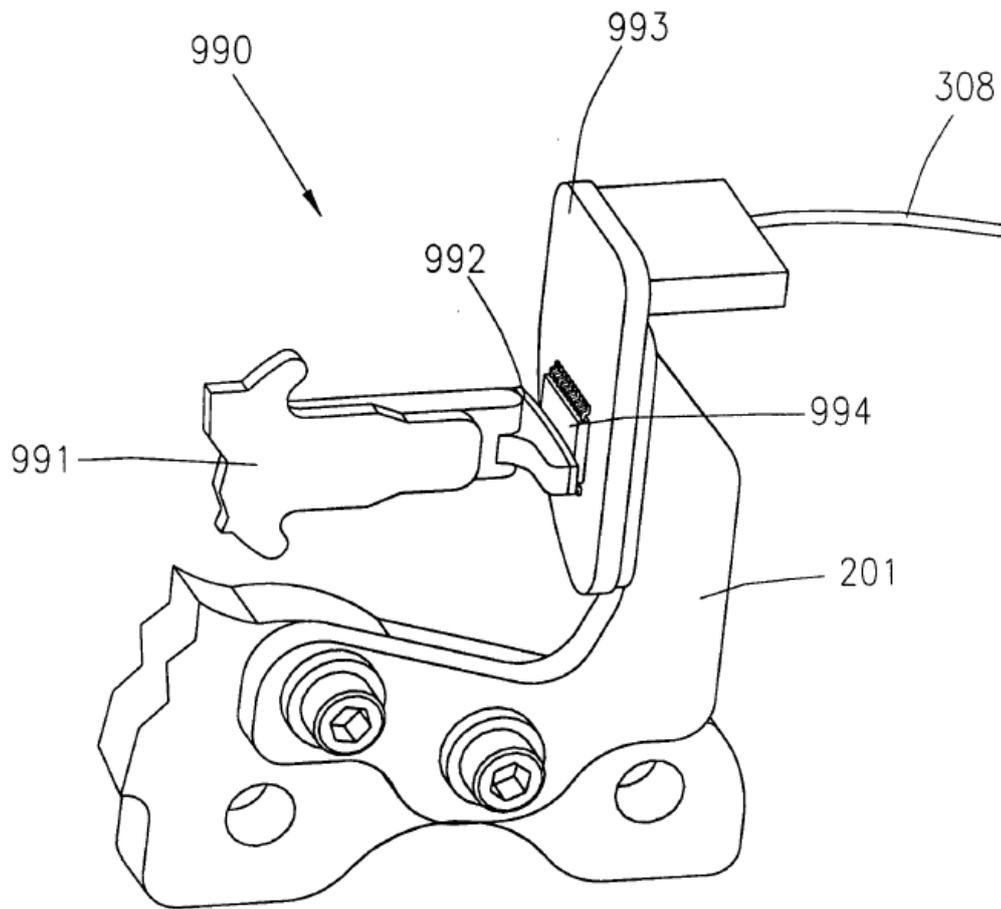


FIG 22

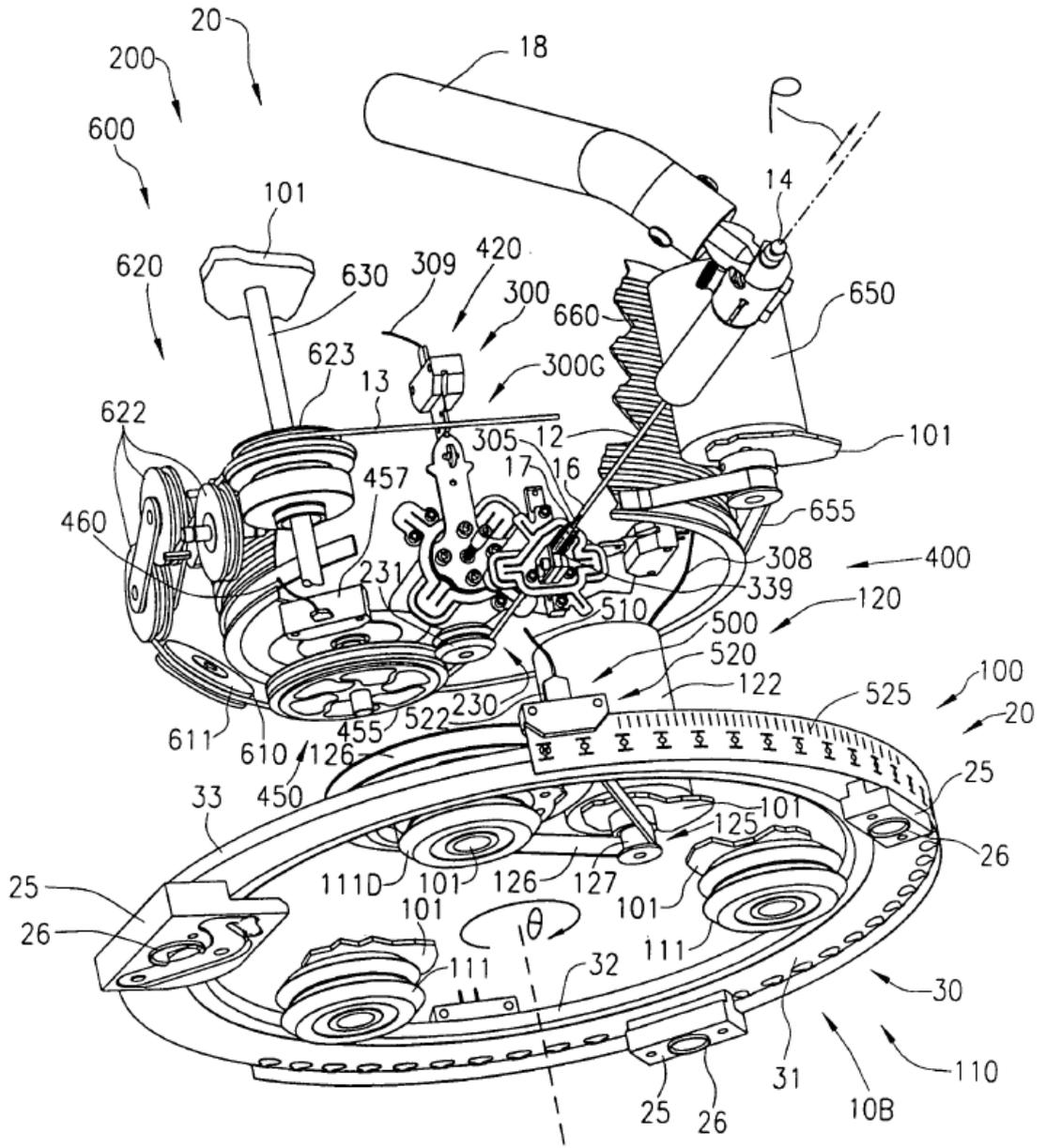


FIG 23