

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 711 350**

51 Int. Cl.:

G01B 3/10

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.09.2009 PCT/US2009/005368**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.12.2010 WO10147571**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.09.2009 E 09846275 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2018 EP 2443415**

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

30 Prioridad:

18.06.2009 WO PCT/US2009/000369

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

03.05.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 711 350 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 posicionamiento con cordón extensible y procedimiento

Referencia cruzada con solicitudes relacionadas

5 La presente solicitud es continuación en parte y reivindica el beneficio de la solicitud estadounidense número 12/214.585 en tramitación como la presente, presentada el 20 de junio de 2008 titulada Measuring Device with Extensible Cord and Method, ahora la patente US 7.665.223 B2 expedida el 23 de febrero de 2010 y de la solicitud PCT número PCT/US2009/003690, presentada el 18 de junio de 2009 titulada Measuring Device with Extensible Cord and Method.

Campo de la invención

10 La presente invención versa, en general, acerca de dispositivos de posicionamiento y, más específicamente, implica un dispositivo de posicionamiento con un cordón extensible que tiene un extremo libre, el extremo libre del cordón para posicionar un diseño en una pieza de trabajo.

Antecedentes de la invención

15 Los dispositivos convencionales para posicionar un diseño, tal como un CAD que se guarda en un ordenador, en una pieza de trabajo incluyen dispositivos de salida de láser. El diseño que ha de ser posicionado puede ser un único punto o múltiples puntos separados, tal como el posicionamiento de uno o más agujeros de taladro, una curva continua, tal como dibujando una línea o una superficie tridimensional.

20 Sin embargo, los dispositivos láser de salida son sumamente costosos, son muy sensibles a impactos y al polvo, y tienen una precisión limitada sobre muchas superficies. Por lo tanto, hay muchas aplicaciones en las que no son adecuados para su uso.

Adicionalmente, los dispositivos láser deben estar colocados, normalmente, en una ubicación y en una orientación conocidas con respecto a la pieza de trabajo para posicionar el diseño en la pieza de trabajo. Normalmente, esto requiere que se utilice el dispositivo láser en un utillaje de sujeción con la pieza de trabajo. Sin embargo, hay muchas aplicaciones de uso único, en las que es muy deseable posicionar el diseño sin el uso de un utillaje de sujeción.

El documento DE 10 2006 040 155 A1 describe un sensor de cable para una medición de un objeto tridimensional.

Sumario de la invención

La invención proporciona un dispositivo según la reivindicación 1 y un procedimiento según la reivindicación 3.

30 La invención es un dispositivo de posicionamiento que incluye un ordenador que incluye un fichero de diseño almacenado, tal como un fichero CAD, para posicionar una porción seleccionada del diseño en una pieza de trabajo.

35 En la primera realización, el dispositivo comprende, en general, una unidad de base que tiene una base. La unidad de base aloja un cable extensible que incluye un extremo libre para ser colocado por un usuario en un punto de diseño en la pieza de trabajo. Un carro de giro, montado de forma giratoria sobre la base, de forma que gire en torno a un eje de giro, incluye un paso de referencia principal y un paso de cable entrante entre el paso de referencia principal y el extremo libre del cable que proporciona un paso restringido de la sección central del cable. El cable tiene una posición de alineamiento cuando el eje longitudinal local del cable en el paso de referencia entrante está alineado de forma radial con el paso de referencia principal.

40 Un medio de medición del carro de giro mide la posición de rotación o el cambio de la posición de rotación del carro de giro y un medio de medición del cable está acoplado con el cable para medir la longitud o el cambio de la longitud del cable. Un motor de tensión del cable regula la fuerza requerida para alejar el extremo libre del cable de la unidad de base. El medio de direccionamiento del cable indica a un usuario que mueva el extremo libre del cable hacia la porción del diseño sobre la pieza de trabajo. El dispositivo tiene un modo de salida para posicionar la porción del diseño en una pieza de trabajo en el que: el carro de giro gira libremente hasta la posición de alineamiento en respuesta a la fuerza del cable en el paso de referencia entrante; y el ordenador está programado, en respuesta al medio de medición del carro de giro, para dirigir el medio de direccionamiento del cable para indicar al usuario que mueva el extremo libre del cable hacia la porción del diseño y; en respuesta al medio de medición del cable, para indicar al motor de tensión del cable que regule la tensión en el cable suficientemente para indicar cuando el extremo libre del cable se encuentra a una distancia con respecto a la porción del diseño.

50 El paso de cable entrante puede incluir un medio de medición del cabeceo para medir el ángulo de cabeceo o el cambio del ángulo de cabeceo del cable.

Otra realización del dispositivo incluye un motor servoaccionado del carro de giro para hacer girar el carro de giro para que siga el cable. Otra realización incluye un carro de cabeceo y un motor servoaccionado del carro de cabeceo para hacer girar el carro de cabeceo para que siga el cable. De forma alternativa, los motores servoaccionados también pueden ser utilizados para posicionar el dispositivo en una posición objetivo en la que el paso de referencia entrante y el paso de referencia principal están alineados radialmente con la porción del diseño.

Para producir el diseño, el dispositivo puede colocarse en una posición y en una orientación conocidas con respecto a la pieza de trabajo, o el dispositivo puede ser utilizado como un dispositivo de entrada para medir la ubicación y la orientación respectivas de la pieza de trabajo.

Otras características y muchas ventajas relacionadas de la invención serán más evidentes tras la lectura de la siguiente descripción detallada junto con los dibujos en los que números similares de referencia hacen referencia a partes similares de principio a fin.

Breve descripción de los dibujos

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

La Figura 2 es una vista frontal lateral derecha desde arriba, parcialmente recortada, en perspectiva, de elementos selectivos de la unidad de base del dispositivo.

La Figura 3 es una vista frontal lateral izquierda desde abajo, parcialmente recortada, en perspectiva de elementos selectivos de la Figura 2.

La Figura 4A es una vista frontal lateral izquierda, desde arriba, en perspectiva, del sensor de desplazamiento angular del cable que incluye un cardán principal precargado en forma de placa cardánica.

La Figura 4B es una vista trasera lateral izquierda, desde abajo, en perspectiva, del sensor de desplazamiento angular de cable de la Figura 4A.

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

La Figura 6 es una vista frontal ampliada en alzado de la placa cardánica de la Figura 5.

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

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

La Figura 9 es un esquema en perspectiva de una segunda realización del sensor de desplazamiento angular del cable en forma de sensores de contacto.

La Figura 10 es un esquema en perspectiva de una tercera realización del sensor de desplazamiento angular del cable en forma de sensores ópticos.

La Figura 11 es un esquema en perspectiva de una cuarta realización del sensor de desplazamiento angular del cable en forma de un sensor magnético o electromagnético.

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 medir una superficie.

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

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, despiezada, parcialmente recortada en perspectiva de la abrazadera del alambre y del cardán de la Figura 15.

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 del cable.

La Figura 18 es una vista en perspectiva de una séptima realización del sensor de desplazamiento angular del cable que incluye un sensor láser fuera del cable.

La Figura 19 es una vista en perspectiva de una octava realización del sensor de desplazamiento angular del cable que incluye un sensor láser y un seguidor elastomérico de cable.

La Figura 20 es una vista ampliada desde arriba, 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 del sensor de desplazamiento angular del cable que incluye un conjunto de resorte de ménsula de dos ejes.

La Figura 22 es una vista en perspectiva de una décima realización del sensor de desplazamiento angular del cable que incluye una banda de calibración lineal magnética.

La Figura 23 es una vista frontal lateral izquierda desde abajo, parcialmente recortada, en perspectiva, similar a la Figura 3 de elementos selectivos de una realización alternativa del dispositivo de medición que incluye únicamente un carro.

La Figura 24 es una vista frontal lateral izquierda desde abajo, parcialmente recortada, en perspectiva, de una realización alterna del dispositivo de la figura 23.

La Figura 25 es un diagrama en perspectiva que muestra un dispositivo 10 midiendo para crear un diseño.

La Figura 26 es una vista en perspectiva del dispositivo 10 posicionando un diseño adquirido sobre una pieza de trabajo.

La Figura 27 es una vista ampliada en perspectiva de un asidero alternativo 18 de cable que incorpora una interfaz de usuario y un medio de visualización de la dirección del cable.

5 La Figura 28 es un diagrama de una función de posicionamiento del extremo libre del cable.

Descripción detallada de la invención

10 Con referencia ahora a los dibujos, en la **Figura 1** se muestra una vista en perspectiva de una sala 800 que muestra un uso de una primera realización 10A 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 sala 800. Al medir la ubicación de un número relativamente pequeño de puntos en la sala 800, el dispositivo 10 de medición puede definir todas las superficies deseadas 805 en tres dimensiones con fines de determinar la cantidad o el tamaño del suelo, de la pintura, de los revestimientos de paredes, de las ventanas, de las encimeras, de los armarios y otras características.

15 El dispositivo 10 puede ser utilizado en una fábrica para medir la ubicación tridimensional de tuberías, o de detalles de maquinaria, o de otros objetos generalmente difíciles de medir.

Las superficies 805 de la sala 800 incluyen un suelo 810, una pared trasera 815 y una pared lateral 820. Una alacena 830 hace contacto con la pared lateral 820. Las superficies 805 de la alacena 830 incluyen una pared lateral derecha 835, una pared lateral izquierda 840, una superficie superior 845, una pared frontal superior 850, una superficie inferior 855 y una pared frontal inferior 860.

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

25 El alojamiento 102 protege contra la suciedad y daños y define un orificio 103 para el paso del cable 12. Como se explicará con mayor detalle a continuación, el alojamiento 102 gira para seguir el cable 12 según se mueve el cable 12. La unidad 20 de base está adaptada para ser soportada firmemente por una superficie. El bastidor 25 de la unidad 20 de base está soportado firmemente por un soporte 40, tal como una placa de suelo colocada sobre el suelo o, tal como se muestra en la realización ejemplar, en un primer trípode 40F colocado sobre el suelo 810. Preferentemente, la unidad 20 de base es fijable de forma selectiva al soporte 40 con fines que se explicarán.

30 Un usuario 90, tal como un usuario 90G del asidero, sujeta un asidero 18 fijado al extremo libre 14 del cable y coloca el extremo libre 14 en un punto, tal como el punto A en la pared lateral 820, cuya ubicación ha de ser medida por el dispositivo 10. El asidero 18 está fijado al cable 12 de una forma que no se introduzca un momento al cable, de forma que se mantenga lineal el cable 12. La distancia hasta el punto A y la dirección hasta el punto A son medidas mediante dispositivos de medición en el alojamiento 102.

35 Se utilizan uno o más ordenadores 700 para una entrada, un almacenamiento y un procesamiento de datos. En la realización preferente mostrada, el usuario 90G del asidero utiliza un ordenador portátil 700, tal como un asistente personal digital (PDA) 701. El PDA 701 contiene un programa adaptada para recibir y procesar una entrada de datos. Un programa de ordenador para llevar a cabo las funciones descritas en la presente memoria está comercialmente disponible de forma inmediata o puede ser escrito por un programador razonablemente experto en la técnica o un programador razonablemente experto en la técnica puede adaptar con facilidad un programa existente a las especificaciones del dispositivo 10. De forma alternativa, un ordenador 700 puede estar ubicado en la unidad 20 de base o ser una unidad separada.

40 En la realización ejemplar, el usuario 90G del asidero introduce información en el teclado 704A de entrada del PDA 701. El PDA 701 y la unidad 20 de base tienen una conectividad inalámbrica, tal como radio, tal como Bluetooth®, y el PDA 701 recibe las mediciones del cable procedentes de la unidad 20 de base. Se podría utilizar otra conectividad inalámbrica, tal como IrDA (infrarrojos), sonido o Wi-Fi. De forma alternativa, se podrían utilizar otros procedimientos de entrada y de conectividad. Se podría utilizar un cable separado. La información podría ser transmitida mediante el cable 12 de medición. La conectividad de datos entre el ordenador 700, los dispositivos de medición y el usuario 90G del asidero permite que solo una persona pueda operar el dispositivo 10 y medir la sala 800. Un segundo usuario, no mostrado, podría comunicarse con el ordenador 700 de una de las formas descritas anteriormente o proporcionar información mediante el puerto 706 o un teclado 704B de entrada o numérico en la unidad 20 de base.

45 Con referencia momentáneamente a la **Figura 13**, se muestra un diagrama de flujo para tomar mediciones. Un usuario introduce un identificador de superficies para identificar la superficie que está siendo medida para asociar los puntos medidos con el mismo. Con el extremo libre 14 del cable en un punto que ha de ser medido sobre la superficie, el usuario pulsa un botón de "grabación". Se registran las mediciones. Si se deben introducir más puntos para reconstruir la superficie, entonces se mueve el extremo libre 14 del cable y se registran puntos adicionales en la

memoria para esa superficie. Si no, entonces se introduce un nuevo identificador de superficie y se miden puntos en esa superficie.

5 En un uso ejemplar, el usuario 90 coloca el primer trípode 40F firmemente sobre el suelo 810 y fija el bastidor 25. El programa en el PDA 701 se activa para recibir datos. El usuario 90G del asidero introduce un identificador para una superficie 805, tal como la pared lateral 820, que ha de ser medida. El usuario 90G del asidero introduce un identificador por cada tipo de superficie, por ejemplo “plana” para una superficie 820 de pared lateral, coloca el extremo libre 14 del cable en un punto, tal como el punto A, en la pared lateral 820, y pulsa un botón de grabación en el PDA 701. La ubicación del punto A se determina mediante la unidad 20 de base y es transmitida 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 es una parte la superficie 820 de la pared lateral. Se utiliza el mismo procedimiento para otras superficies 805. Se pueden medir puntos adicionales sobre cualquier superficie 805. Los datos recogidos pueden ser procesados por el ordenador 700 o ser enviados, tal como mediante el puerto 706 o por radio, tal como con Bluetooth®, a otro ordenador para su procesamiento.

15 A partir de los datos medidos, el soporte lógico de formación de imágenes, tal como el soporte lógico de diseño asistido por ordenador (CAD) reconstruye superficies 820. Tal soporte lógico es bien conocido en la técnica. Un ejemplo es Geomagic Studio de Geomagic, Inc. Otro paquete de soporte lógico para procesar datos de puntos en tres dimensiones es RapidFormXOR de INUS Technology, Inc. y Rapidform, Inc.

20 Se utilizan otros identificadores por cada tipo de superficie para superficies más complejas. Para un identificador de superficie tal como “curva uniforme”, el programa de ordenador podría “promediar” los puntos medidos asociados para llegar a la configuración de la superficie. Para cada designación de superficie, se pueden utilizar una o más sub-designaciones. Para medir superficies más complejas, se mide un gran número de puntos o se introduce una sub-designación de “barrido” y se tracciona el extremo libre 14 del cable a lo largo de la superficie y se miden reiteradamente los puntos.

25 Si una superficie 805 que ha de ser medida, tal como el extremo izquierdo de la alacena 840, no puede ser medida por el dispositivo 10 mientras está montado en el primer trípode 40F, ya que, debido a que la superficie 840 no se encuentra en la línea visual desde el primer trípode 40F o no puede ser alcanzada por el extremo 14 del cable desde el primer trípode 40F, entonces se coloca un trípode adicional, tal como un segundo trípode 40S, en una ubicación adecuada para medir la superficie 840. Cada trípode 40 incluye un punto de referencia, tal como el punto F, S o T, cuya ubicación es conocida, con respecto a una unidad base fijada 20. La ubicación del punto S de referencia en el segundo trípode 40S es medida por el dispositivo 10 para establecer la ubicación espacial del segundo trípode 40S con respecto al primer trípode 40F. La unidad 20 de base está separada del primer trípode 40F y fijada al segundo trípode 40S. El punto F de referencia en el primer trípode 40F es medido 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 con respecto al primer trípode 40F. Los puntos son medidos desde la unidad 20 de base en el segundo trípode 40S.

35 Este patrón de trípode con saltos puede ser repetido para medir cualquier superficie 805. Por ejemplo, para medir puntos adicionales que no son medibles desde el segundo trípode 40S, se mide el primer trípode 40F, u otro trípode 40T, hasta una ubicación adecuada para medir los puntos. Su punto F de referencia en la nueva ubicación es medido, se separa la unidad 20 de base del segundo trípode 40S y se fija al primer trípode movido 40F, y se mide el punto S de referencia del segundo trípode 40S para establecer la posición relativa de la nueva ubicación.

40 Si es deseable añadir posteriormente una superficie 805 a los datos o mejorarla posteriormente o corregir datos medidos desde una superficie 805, no es necesario volver a introducir todos los puntos medidos. En vez de ello, para añadir una superficie 805, se coloca una unidad 20 de base, según se ha descrito anteriormente, en una posición tanto para medir la superficie adicional 805 como para medir una pluralidad de puntos en superficies 805 ya conocidas. Una entrada de “reorientación” indica al ordenador 700 que utilice los siguientes puntos medidos desde las superficies conocidas 805 para determinar la ubicación y la orientación de la unidad 20 de base mediante triangulación. La superficie o los puntos adicionales 805 pueden ser medidos y añadidos, entonces, a los datos medidos anteriormente.

50 La **Figura 2** es una vista frontal lateral derecha desde arriba, parcialmente recortada, en perspectiva, de elementos seleccionados de la unidad 20 de base del dispositivo 10. La **Figura 3** es una vista frontal lateral izquierda desde abajo, en perspectiva, de elementos seleccionados de la Figura 2. Se utilizarán las Figuras 2 y 3 para explicar las funciones generales del dispositivo 10. A continuación se expondrán con mayor detalle elementos pertinentes. Un cable 12 incluye un extremo libre 14, un extremo 13 de suministro y una sección central 16 entre los mismos. El extremo libre 14 es para su colocación en un punto, cuya ubicación ha de ser medida, tal como el punto A en la Fig. 1. Se utiliza un asidero 18 fijado al extremo libre 14 del cable 12, tal como siendo sujetado por el usuario 90G, para posicionar el extremo libre 14 en un punto que ha de ser medido.

55 La unidad 20 de base incluye, en general, un bastidor 25 para su fijación al soporte 40 del suelo, una base 30 fijada al bastidor 25, un carro 100 de giro montado de forma giratoria en la base 30 y un carro 200 de cabeceo montado de forma giratoria en el carro 100 de giro.

ES 2 711 350 T3

El bastidor 25 incluye medios, tales como una pluralidad de conectores cooperativos 26 para cooperar con el soporte 40 para fijar de forma selectiva el bastidor 25 al soporte 40.

La base 30 incluye un anillo 31 fijado al bastidor 25, y soportado por el mismo. El anillo 31 tiene una cara interna circular 32 y una cara externa circular 33.

5 El carro 100 de giro incluye una pluralidad de componentes fijados a un bastidor 101 de carro de giro. En la Fig. 3, solo se muestra parcialmente el bastidor 101 en aras de la claridad. El carro 100 de giro incluye medios 110, tales como una pluralidad de ruedas 111, para montar el carro 100 de giro de forma giratoria en la base 30. Las ruedas 111 incluyen una rueda motriz 111D, están montadas en el bastidor 101 y montan el carro 100 de giro de forma giratoria en la cara interna 32 del anillo 31 de la base 30. El carro 100 de giro está fijado de forma giratoria a la base 30, de forma que sea giratorio en torno a un eje de guiñada, tal como el primer eje o el eje θ (theta) de giro. Normalmente, el eje θ de giro es perpendicular al suelo o a otro soporte 40 para 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 hacia la izquierda o hacia la derecha y cualquier número de grados para alinear el cable 12 en cualquier dirección.

10 La unidad 20 de base incluye un medio 190 de alimentación, tal como una batería 191 para alimentar componentes. La batería 191 está fijada a la unidad 20 de base, tal como al bastidor 101 del carro de giro. La energía es distribuida desde la batería 191 a los componentes mediante cualquier medio deseable —tal como líneas de alimentación—, no mostrado.

Se fijan medios de montaje del carro de cabeceo, tales como un par de cojinetes separados 135, al bastidor 101 para un montaje giratorio del carro 200 de cabeceo.

20 El carro 200 de cabeceo incluye una pluralidad de componentes fijados al bastidor 201 del carro de cabeceo. En la Figura 3, el bastidor 201 solo se muestra parcialmente en aras de la claridad. El carro 200 de cabeceo está fijado de forma giratoria al carro 100 de giro, tal como mediante árboles 202 fijados al bastidor 201 y con cojinetes 135 en sus extremos, de forma que sea giratorio en torno a un segundo eje ϕ (fi), o de cabeceo, definido por cojinetes 135. En la realización ejemplar, el carro 200 de cabeceo puede cabecear hacia abajo con un ángulo de aproximadamente 35° y girar hacia arriba desde ahí un ángulo de aproximadamente 92° para un movimiento total de 127°.

25 Se fija un paso 230 de referencia principal al bastidor 201 y define un paso restringido interno con respecto al bastidor 201 para la sección central 16 del cable 12. En la realización ejemplar, un dispositivo de paso de referencia principal fijado al bastidor 201 del carro de cabeceo, tal como la polea 231 fijada de forma giratoria al bastidor 201 del carro de cabeceo, proporciona un paso 230 de referencia principal. El paso 230 de referencia principal es donde hace contacto en primer lugar el cable entrante 12 con la polea 231 de referencia principal cuando es recibido de un paso restringido externo 339 de referencia entrante, como se describirá subsiguientemente. El paso 230 de referencia principal proporciona el primer punto de pivote que es fijo con respecto al bastidor 201 para el cable entrante 12. Otras realizaciones del paso 230 de referencia principal podrían incluir un orificio anular o la entrada a un tubo o abertura similar para un paso restringido del cable 12.

30 En la realización preferente mostrada, el segundo eje ϕ es perpendicular al eje θ de giro, y lo intersecta. El paso 230 de referencia principal está ubicado en esta intersección, o cerca de la misma. Por consiguiente, las coordenadas polares relativas ρ , θ , ϕ del extremo 14 del cable pueden producirse con gran sencillez desde el paso 230 de referencia principal. Sin embargo, se pueden utilizar otros ejes relativos y las mediciones hasta el punto pueden ser transformadas matemáticamente, entonces, como es bien sabido en la técnica, en cualquier sistema deseado de coordenadas.

35 Se fija un medio 600 de suministro de cable al bastidor 201 y suministra cable 12 desde el extremo 13 de suministro con una tensión predeterminada al paso 230 de referencia principal. En la realización ejemplar, el medio 600 de suministro de cable incluye un tambor o bobina 660, en el que se enrolla el cable 12 y un medio 605 de tensión del cable que incluye un sensor 610 de tensión del cable para detectar la tensión en el cable 12 suministrado al paso 40 45 230 de referencia principal, y un motor servoaccionado 650 de la bobina acoplado a la bobina 660, tal como mediante la correa 655 para hacer girar la bobina 660. El medio de montaje de la bobina, tal como una pluralidad de rodillos 670, está montado en el bastidor 201 de cabeceo para soportar la bobina 660, de forma que pueda girar para el almacenamiento o la liberación de cable 12. En la realización ejemplar, un sensor 610 de la tensión del cable incluye un sensor y una polea 611 de rodillo que está empujada por resorte para empujar contra el cable 12 entre otros soportes del cable. El sensor 610 detecta la ubicación de la polea 611 y produce una señal representativa de la misma. En respuesta a la señal procedente del sensor 610 de la tensión, el motor servoaccionado 650 de la bobina hace girar la bobina 660 para mantener la tensión predeterminada. De forma alternativa, el ordenador 700 recibe la señal procedente del sensor 610 de la tensión e indica al motor servoaccionado 650 de la bobina que mantenga una tensión deseada. De esta forma, la tensión deseada puede ser cambiada con facilidad en el ordenador 700 por un usuario.

Se podría utilizar otro medio de detección de la tensión del cable bien conocido en la técnica, tal como una célula de carga para medir la carga sobre la polea 611.

- 5 El medio 620 de posicionamiento del cable fijado al bastidor 201 incluye una pluralidad de poleas 622 que suministran cable 12 a la polea 623 de posicionamiento final, o reciben cable 12 de la misma. La polea 623 de posicionamiento final está montada en un árbol 630 fijado al bastidor 201, de manera que se deslice axialmente a lo largo del árbol 630 y suministre cable 12 a la bobina 660, de forma que el cable 12 no se superponga en la bobina 660.
- 10 El medio 450 de medición de la longitud del cable está fijado al bastidor 201 y está acoplado al cable 12 para medir la longitud ρ (ro) o el cambio de longitud del cable 12 según se mueve y coloca el extremo libre 14 en un punto. El medio 450 de medición de la longitud de cable produce una señal, tal como en la línea 460, indicativa de la longitud ρ (ro) o el cambio de la longitud del cable 12. En la técnica se conocen medios de medición de la longitud del cable de diversas configuraciones. En la realización ilustrativa, el cable 12 está enrollado parcialmente en torno a una polea 455, de forma que el movimiento del cable 12 haga girar la polea 455. Un sensor 457, como es bien sabido en la técnica, tal como una banda de calibración óptica, traduce la cantidad de rotación de la polea 455 en un cambio de la longitud del cable y produce una señal indicativa de la misma.
- 15 El carro 200 de cabeceo incluye un conjunto 300 de sensores de desplazamiento angular fijado al bastidor 201 que incluye un paso restringido 339 de cable entrante para el cable 12 entre el paso 230 de referencia principal y el extremo libre 14 del cable. El cable 12 se encuentra en la posición de alineamiento cuando el eje longitudinal local 17 del cable 12 en el paso restringido 339 de cable entrante está alineado con el paso 230 de referencia principal. Según se mueve el extremo libre 14 del cable desde un punto viejo hasta un punto nuevo que no se encuentra directamente hacia el exterior del punto viejo en sentido radial, la sección central 16 del cable es desplazada angularmente en un conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular. El conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular detecta este desplazamiento angular del cable 12 alejándose de la posición 305 de alineamiento y produce una o más señales indicativas del mismo, tales como en las líneas 308 y 309. A continuación, en la presente memoria se expondrá con mayor detalle el conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular.
- 20 El conjunto 120 de motor servoaccionado de giro hace girar el carro 100 de giro en torno al eje θ de giro en respuesta a la señal procedente del conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular indicativa del desplazamiento del cable en torno al eje (θ) de giro, de forma que se mueva el conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular hacia la posición 305 de alineamiento. Según se ilustra, el conjunto 120 de motor servoaccionado de giro incluye un motor servoaccionado 122 de giro montado en el carro 100 de giro y un primer mecanismo 125 de accionamiento que incluye una primera correa 126 conectada con la primera rueda motriz 127 conectada con la rueda motriz 111D que interactúa con la cara interna 32 del anillo 31 de la base 30 para hacer girar el carro 100 de giro con respecto a la base 30 y en torno al eje θ de giro. Según se utiliza en la presente memoria, la expresión "motor servoaccionado" puede aplicarse a cualquier tipo de accionador de motor aplicable, tal como un servomotor, un motor de pasos o un motor hidráulico, por ejemplo.
- 25 El conjunto 160 de motor servoaccionado de cabeceo acopla el carro 200 de cabeceo al carro 100 de giro para hacer girar el carro 200 de cabeceo sobre cojinetes 135 en torno al eje ϕ de cabeceo en respuesta a la señal procedente del conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular indicativa del movimiento del cable 12 en torno al eje ϕ de cabeceo, de forma que se mueva el conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular hacia la posición 305 de alineamiento. Según se muestra, el conjunto 160 de motor servoaccionado de cabeceo incluye un motor servoaccionado 162 de cabeceo montado en el bastidor 101 y un mecanismo 165 de accionamiento del cabeceo que incluye una correa 166 que conecta la primera rueda motriz 167 con la segunda rueda motriz 168 conectada con el árbol 202 con cojinetes del carro 200 de cabeceo para hacer girar el carro 200 de cabeceo sobre cojinetes 135.
- 30 El conjunto 160 de motor servoaccionado de cabeceo acopla el carro 200 de cabeceo al carro 100 de giro para hacer girar el carro 200 de cabeceo sobre cojinetes 135 en torno al eje ϕ de cabeceo en respuesta a la señal procedente del conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular indicativa del movimiento del cable 12 en torno al eje ϕ de cabeceo, de forma que se mueva el conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular hacia la posición 305 de alineamiento. Según se muestra, el conjunto 160 de motor servoaccionado de cabeceo incluye un motor servoaccionado 162 de cabeceo montado en el bastidor 101 y un mecanismo 165 de accionamiento del cabeceo que incluye una correa 166 que conecta la primera rueda motriz 167 con la segunda rueda motriz 168 conectada con el árbol 202 con cojinetes del carro 200 de cabeceo para hacer girar el carro 200 de cabeceo sobre cojinetes 135.
- 35 Un medio 500 de medición del carro de giro mide la posición de rotación o el cambio de la posición de rotación del carro 100 de giro con respecto a la base 30 y produce una señal, tal como en la línea 510, indicativa del mismo. Muchos tales medios de medición son bien conocidos en la técnica. En la realización ejemplar, una banda 520 de calibración óptica incluye un lector óptico 522 montado en el carro 100 de giro para leer una banda 525 de calibración en la base 30.
- 40 Un medio 550 de medición del carro de cabeceo mide la posición de rotación o el cambio de la posición de rotación del carro 200 de cabeceo con respecto al carro 100 de giro y produce una señal indicativa del mismo. Son bien conocidos en la técnica muchos medios de medición de ese tipo. En la realización ejemplar, el medio 550 de medición del carro de cabeceo incluye una banda 570 de calibración óptica que incluye un lector óptico 572 montado en el carro 200 de cabeceo para leer una banda 575 de calibración en el arco 140 del carro 100 de giro y para producir una señal indicativa del cabeceo en la línea 560 de señal.
- 45 De esta forma, los carro 100, 200 de giro y de cabeceo giran de forma que se siga el movimiento del extremo libre 14 del cable 12 hasta un nuevo punto medido o entre un punto medido viejo y un nuevo punto hasta que la sección central 16 del cable se encuentre de nuevo en la posición 305 de alineamiento en el conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular. En este momento, se puede determinar la posición del nuevo punto o el cambio en la
- 55

posición del nuevo punto con respecto al punto viejo, tal como mediante el ordenador 700 en respuesta a las señales en las líneas 460, 510, 560 procedentes de los medios 450, 500 y 550 de medición.

5 La ubicación de los puntos medidos puede determinarse a partir de las señales en las líneas 460, 510 y 560, con el fin de reconstruir la superficie medida, mediante medios matemáticos bien conocidos en la técnica. En la realización
ejemplar, el ordenador 700 interpreta que las señales en las líneas 460, 510 y 560 representan las componentes p , θ
y φ de un punto P (no mostrado) en un sistema de coordenadas polares. Debido a que la fuerza de la gravedad
10 tiende a desplazar la sección central 16 del cable hacia abajo a lo largo de una curva catenaria, la ubicación medida del extremo libre 14 del cable no coincide con el punto P, sino que contiene un desplazamiento que depende de la longitud extendida del cable, de la orientación del cable con respecto a la fuerza de la gravedad, de la densidad del cable por longitud unitaria y de la tensión del cable. El ordenador 700 determina el desplazamiento a partir de estos parámetros conocidos utilizando medios matemáticos bien conocidos en la técnica para determinar la ubicación
15 medida del extremo libre 14 del cable con respecto al punto P. Para una mayor precisión, se puede montar un acelerómetro u otro sensor (no mostrado) de nivel en la unidad 20 de base, tal como en el carro 200 de cabeceo, con el fin de determinar la orientación precisa del cable con respecto a la fuerza de la gravedad.

15 Las señales de ubicación en la línea 460 de señal de distancia, en la línea 510 de señal de rotación y en la línea 560 de señal de cabeceo son almacenadas en conexión con el punto medido. Esto puede hacerse de cualquier forma deseable, tal como en un ordenador local en la unidad 20 de base, no mostrado, o, como en el ejemplo ilustrativo, transmitidas, tales como por Bluetooth®, al PDA 701.

20 La comunicación de señales en la unidad base 30 puede llevarse a cabo de cualquier forma deseable. La configuración ejemplar utiliza hilos. Los hilos son utilizados con facilidad para una conectividad debido a que el único movimiento relativo entre los elementos de envío y los elementos de recepción es el cambio en el ángulo φ de cabeceo.

25 Las **Figuras 4-8** son vistas de una realización ilustrativa de un conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular, tal como un conjunto cardánico 300G de sensores del desplazamiento angular, que incluye un cardán principal precargado 310 en forma de una placa cardánica. Se muestran otras nueve realizaciones del conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular en figuras posteriores y son descritas con las mismas. El conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular está fijado al segundo bastidor 201 e incluye un paso restringido de referencia
30 entrante entre el paso 230 de referencia principal y el extremo libre 14 del cable en el que el cable 12 se encuentra en la posición 305 de alineamiento cuando el eje longitudinal local 17 del cable 12 está alineado con el paso 230 de referencia. El conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular detecta el desplazamiento angular del cable 12 alejándose de la posición 305 de alineamiento y produce una señal de desplazamiento, tal como en las líneas 308, 309, indicativa del mismo. La señal de desplazamiento indica al servomotor 122 de giro y/o al servomotor 162 de cabeceo que muevan el carro 100 de giro y/o el carro 200 de cabeceo, de forma que se devuelva el cable 12 a la posición 305 de alineamiento del cable.

35 La **Figura 4A** es una vista frontal lateral derecha, desde arriba, en perspectiva del conjunto 300G de sensores del desplazamiento angular del cable que incluye un cardán principal precargado 310 en forma de placa cardánica fijada a una porción del bastidor 201 del carro de cabeceo. La **Figura 4B** es una vista trasera lateral izquierda, desde abajo, en perspectiva del conjunto 300G de sensores del desplazamiento angular del cable de la Figura 4A. La **Figura 5** es una vista frontal en alzado del conjunto 300G de sensores del desplazamiento angular de la Figura 4A. La **Figura 6** es una vista frontal ampliada en alzado del cardán principal 310 de las Figuras 4A y 4B. La **Figura 7** es una vista frontal lateral derecha ampliada, desde arriba, en perspectiva del conjunto 330 de pasos de cable de las Figuras 4A, 4B y 5. La **Figura 8** es una vista ampliada en sección transversal del conjunto 370 de soporte de empuje del cardán principal y del conjunto 375 de empuje de la Figura 5.

45 Con referencia un momento a la **Figura 6**, se muestra una vista frontal ampliada en alzado del cardán principal 310 de las Figuras 4 y 5. El cardán principal 310 es un cardán precargado plano de dos ejes que comprende un cardán externo 312 y un cardán interno 320. El cardán externo 312 incluye un anillo cardánico externo 313 soportado por los extremos internos 316 de un par de miembros externos 315 de torsión en un primer eje cardánico 314. Se debe hacer notar que se utiliza "anillo" debido a la tradición cardánica, pero este elemento puede tener cualquier forma funcional. Los orificios 318 reciben fijaciones 319, tales como tornillos, según se ve en las Figuras 4A y 5, que fijan los extremos externos 317 de miembros externos 315 de torsión al carro 200 de cabeceo. El cardán interno 320 incluye un anillo cardánico interno 321 soportado por los extremos internos 326 de un par de miembros internos 325 de torsión en un segundo eje 324 del cardán. Los miembros internos 325 de torsión están soportados en sus extremos externos 327 por el anillo cardánico externo 313. El anillo cardánico externo 313 es libre para girar en torno al primer eje 314 del cardán. El anillo cardánico interno 321 es libre de girar en torno al segundo eje 324 del cardán con respecto al anillo cardánico externo 313 y, por lo tanto, puede girar en cualquier dirección. El cardán principal 310 es un cardán precargado, porque los anillos cardánicos 313, 321 están precargados para girar hasta una posición neutra cuando se eliminan las fuerzas de rotación. En el cardán principal 310, se proporciona la precarga neutra por medio de miembros emparejados 315, 325 de torsión.

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

5 La **Figura 7** es una vista frontal lateral derecha ampliada, desde arriba, en perspectiva, del conjunto 330 de pasos de cable de las Figuras 4 y 5. El conjunto 330 de pasos del cable está montado en la placa 321S de brazo del sensor del anillo interno 321 (no visto) del cardán principal 310 y hace girar el anillo interno 321 en respuesta al desplazamiento angular del cable 12 desde la posición 305 de alineamiento del cable. Un brazo 360, tal como el tubo delgado 361, tiene un extremo interno 362 conectado con el anillo cardánico interno 321 y un extremo externo 10 363 que incluye un soporte 364, visto de forma óptima en la Figura 4B.

Un cardán antimomento 340, tal como una placa cardánica, está montado en el soporte 364. El cardán antimomento 340 es un cardán precargado plano dedos ejes similar al cardán principal 310 y comprende un cardán externo 342 y un cardán interno 350. Como puede verse de forma óptima en la Figura 5, el cardán externo 342 incluye un anillo cardánico externo 343 soportado por los extremos internos 346 de un par de miembros externos 345 de torsión en un primer eje 344 del cardán. Los miembros externos 345 de torsión están soportados en sus extremos externos 347 por el soporte 364. El cardán interno 350 incluye un anillo cardánico interno 352 soportado por los extremos internos 356 de un par de miembros internos 355 de torsión en un segundo eje 354 del cardán. Se debe hacer notar que se utiliza "anillo" debido a la tradición cardánica, pero este elemento puede tener cualquier forma funcional. Los miembros internos 355 de torsión están soportados en sus extremos externos 357 por el anillo cardánico externo 343. El anillo cardánico externo 343 puede girar en torno al primer eje 344 del cardán. El anillo cardánico interno 352 puede girar en torno al segundo eje 354 del cardán con respecto al anillo cardánico externo 343 y, por lo tanto, puede girar en cualquier dirección.

Los miembros 331 del paso de cable entrante, incluyendo bloques diédricos 332 y una polea precargada 333, definen un paso restringido de referencia entrante, tal como el paso restringido 339, para el paso restringido de la sección central 16 del cable 12. Los miembros 331 de paso están montados en el anillo interno 352 del cardán antimomento 340. La polea 333 está montada en un yugo basculante 334 y precargada hacia la posición de restricción del cable mediante un resorte 335. Este empuje permite que la polea 333 se mueva ligeramente para permitir el paso de proyecciones en el cable 12. Por supuesto, existen muchas otras formas de lograr este paso restringido 339 de cable. Por ejemplo, en vez de bloques diédricos 332, se podría utilizar una segunda polea, o se podría utilizar una pluralidad de rodillos.

El cardán antimomento 340 desacopla el conjunto 300G de sensores para que no apliquen momento alguno al cable 12 en el paso restringido 339 de cable. El cardán antimomento 340 puede no ser necesario para todo tipo de cable 12.

Como puede verse en la Figura 7, se puede fijar un contrapeso 368 al lado trasero del anillo cardánico interno 321 para contrarrestar la masa del brazo 360 y el conjunto 330 de pasos de cable, de forma que se equilibre el cardán principal 310 en una posición neutra más plana.

Como puede verse de forma óptima en las Figuras 3 y 4A, el cable 12 se encuentra en la posición 305 de alineamiento cuando el eje longitudinal local 17 del cable 12 en el paso restringido 339 está alineado con el paso 230 de referencia principal y el cardán principal 310 y el cardán antimomento 340 se encuentran en la posición neutra. Con el cable 12 en la posición 305 de alineamiento, se puede tomar la medición de un punto. Entonces, se mueve el extremo libre 14 del cable hasta un nuevo punto para su medición. Si se desplaza angularmente la sección central 16 del cable durante el movimiento hasta el nuevo punto, la sección central 16 ejerce una fuerza lateral contra los miembros externos 331 de paso del cable que, por medio del brazo 360, ejercen un momento sobre el anillo cardánico interno 321 del cardán principal 310, de forma que hagan que gire.

45 La **Figura 8** es una vista ampliada en sección transversal del conjunto 370 de soporte de empuje del cardán. El conjunto 370 de soporte de empuje proporciona un punto de pivote de delante atrás para el anillo cardánico interno 321 y también puede empujar o precargar el anillo cardánico interno 321 hasta una posición fuera de la posición plana. Una varilla 371 de pivote incluye un extremo frontal 372 y un extremo trasero 373. El anillo cardánico interno 321 incluye una placa 321B de soporte fijada a la parte delantera del anillo cardánico interno 321. La placa 321B de soporte incluye un asiento 322 de pivote orientado hacia atrás y un asiento 323 de pivote orientado hacia delante. El extremo frontal 372 de la varilla 371 de pivote y el asiento 322 de pivote orientado hacia atrás están adaptados de forma que la placa 321B de soporte y, por lo tanto, el anillo cardánico interno 321, pivoten sobre el extremo frontal 372. Preferentemente, además, el extremo trasero 373 de la varilla de pivote y el bastidor 201 de cabeceo están adaptados de forma que el extremo trasero 373 de la varilla de pivote pivote sobre el carro 200 de cabeceo. Estas funciones pueden implementarse de muchas formas. En la realización ejemplar, el extremo frontal 372 de la varilla de pivote está curvado, siendo, por ejemplo, hemisférico. Hay una placa 321B de soporte y una placa 321S de brazo del sensor montadas en el anillo cardánico interno 321, o integrales con el mismo, y moviéndose con el mismo. La placa 321B de soporte incluye un asiento cónico cóncavo 322 de pivote para recibir el extremo frontal 372 en una relación de pivote. El bastidor 201 de cabeceo incluye un tornillo 203 de ajuste acoplado de forma roscada de

manera regulable en el orificio roscado 209. El tornillo 203 de ajuste incluye un asiento cónico cóncavo 203a de pivote orientado hacia delante para recibir el extremo trasero 373 de la varilla de pivote. El extremo trasero 373 de la varilla de pivote está curvado, siendo, por ejemplo, hemisférico, para pivotar en el asiento 203a. Se debe hacer notar que la varilla 371 de pivote pivota sobre ambos extremos 372, 373, de forma que solo pueda aplicar una fuerza axial y, salvo su propio peso, la varilla 371 de pivote no puede aplicar un momento o carga lateral sobre el cardán principal 310. La varilla 371 de pivote no puede soportar nada del peso del cardán principal 310 o sus fijaciones, incluyendo el cardán antimomento 340.

Debido a que el cardán principal 310 puede exhibir discontinuidades de tensión en la posición plana, se regula el tornillo 203 de ajuste de forma que el anillo cardánico interno 321 no se encuentre en el mismo plano que el resto del cardán principal 310.

Se pueden utilizar medios, tales como un conjunto 375 de empuje, para garantizar adicionalmente que el anillo cardánico interno 321 esté posicionado en una posición particular de delante atrás contra la varilla 371 de pivote. Con este fin, un miembro de compresión, tal como el resorte 376, se apoya en el bastidor 201 de cabeceo y el anillo cardánico interno 321 para empujar al anillo cardánico interno 321 contra la varilla 371 de pivote. El resorte 376 incluye un extremo frontal 377 y un extremo trasero 378. El bastidor 201 de cabeceo incluye medios, tales como un tornillo 205 de ajuste acoplado de forma roscada de manera regulable en el orificio roscado 204, para empujar sobre el extremo frontal 377 del resorte para regular el empuje por compresión del resorte 376. El extremo trasero 378 del resorte se apoya sobre el anillo cardánico interno 321, tal como sobre la placa 321B de soporte, tal como sobre el asiento frontal 323 en la misma. El resorte 376 y el anillo cardánico interno 321 pueden estar adaptados (no mostrado), tales como con un tapón hemisférico en el resorte 376 y un asiento cónico cóncavo en el anillo cardánico interno 321 para recibir el tapón, de forma que el resorte 376 se apoya contra el anillo cardánico interno 321 de forma pivotante, de manera que no se imparta momento al anillo cardánico interno 321.

Aunque se utilizan los términos “frontal” y “trasero” para adaptarse a la ilustración, el conjunto 370 de soporte de empuje puede ser modificado fácilmente para que opere de la forma inversa con la varilla 371 de pivote delante del anillo cardánico interno 321.

Con referencia de nuevo a las Figuras 4 y 5 que muestran el conjunto cardánico 300G de sensores del desplazamiento angular, como puede verse de forma óptima en la Figura 5, el movimiento en torno a un primer eje 401 del sensor del anillo cardánico interno 321 provocado por el desplazamiento angular del cable 12 es detectado por el primer sensor 400 del desplazamiento angular. El movimiento del anillo cardánico interno 321 en torno a un segundo eje 421 del sensor provocado por el desplazamiento angular del cable 12 es detectado por el segundo sensor 420 del desplazamiento angular. En la realización ejemplar, los sensores primero y segundo 400, 420 del desplazamiento angular con bandas de calibración óptica, bien conocidas en la técnica.

El primer sensor 400 incluye una porción móvil 405, que gira con el anillo cardánico interno 321, y una porción fija 415 fijada al carro 200 de cabeceo. La porción móvil 405 incluye un brazo radial 406 que tiene un extremo interno 407 conectado con la placa 321S de brazo del sensor del anillo cardánico interno 321 y un extremo externo 408 que tiene una banda 409 de calibración en el mismo. El brazo 406 gira con el anillo cardánico interno 321 en torno al primer eje 401 del sensor. La porción fija 415 incluye una cabeza 416 de lectura de la banda de calibración fijada al carro 200 de cabeceo para leer la banda 409 de calibración. La cabeza 416 de lectura emite una señal, tal como en la línea 308, indicativa de la rotación del anillo cardánico interno 321 en torno al primer eje 401 del sensor.

El segundo sensor 420 incluye una porción móvil 425, que gira con el anillo cardánico interno 321, y una porción fija 435 fijada al carro 200 de cabeceo. La porción móvil 425 incluye un brazo radial 426 que tiene un extremo interno 427 conectado con la placa 321S de brazo del sensor del anillo cardánico interno 321 y un extremo externo 428 que tiene una banda 429 de calibración en el mismo. El brazo 426 gira con el anillo cardánico interno 321 en torno al segundo eje 421 del sensor. La porción fija 435 incluye una cabeza 436 de lectura de la banda de calibración fijada al carro 200 de cabeceo para leer la banda 429 de calibración. La cabeza 436 de lectura emite una señal, tal como en la línea 309, indicativa de la rotación del anillo cardánico interno 321 en torno al segundo eje 421 del sensor.

En la realización ejemplar, el primer eje 401 del sensor se corresponde con el eje θ de giro y el segundo eje 421 del sensor se corresponde con el segundo eje ϕ , de forma que la señal procedente del primer sensor pueda ser utilizada directamente para controlar el motor servoaccionado 122 de giro para que haga girar el carro 100 de giro hacia la posición 305 de alineamiento del cable y la señal procedente del segundo sensor 420 pueda ser utilizada directamente para controlar el motor servoaccionado 162 de cabeceo para que haga girar el carro 200 de cabeceo hacia la posición 305 de alineamiento del cable.

Si los ejes 401, 421 de los sensores primero y segundo no se corresponden con el eje θ de giro y con el segundo eje ϕ , entonces las señales de salida procedentes de los sensores 400, 420 son transpuestas por medios bien conocidos en la técnica en rotaciones del eje θ de giro y del segundo eje ϕ antes de ser utilizadas para dar instrucciones a los motores servoaccionados 122, 162 para la rotación de los carro 100, 200 de giro y de cabeceo hacia la posición 305 de alineamiento del cable en la que se puede tomar una medición de un punto.

Como puede verse en la Figura 5, se puede utilizar una bolsa flexible antipolvo, tal como la bolsa flexible antipolvo 419, mostrada en sección transversal, que cobre el primer sensor 400 de desplazamiento, para rodear los sensores para protegerlos contra el polvo y la suciedad.

5 La **Figura 9** es un esquema en perspectiva de una segunda realización del conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular del cable que incluye sensores de proximidad o de contacto, tales como los sensores 380 de contacto montados en el bastidor 201. La sección central entrante 16 del cable 12 se muestra en la posición 305 de alineamiento en la que el eje longitudinal local 17 del cable 12 en el paso restringido 339 de referencia entrante está alineado con el paso 230 de referencia principal.

10 Un primer par 380A de sensores 381A, 381B de contacto, fijados al bastidor 201, están separados uniformemente en lados opuestos del cable 12 para detectar el desplazamiento angular del cable 12 en torno a un primer eje de sensores de contacto perpendicular a una línea central entre los primeros sensores 380A. Un segundo par 380B de sensores 381C, 381D de contacto, fijados al bastidor 201, están separados uniformemente en lados opuestos del cable 12 para detectar el desplazamiento angular del cable 12 en torno a un segundo eje de sensores de contacto perpendicular a una línea central entre los segundos sensores 380B. Si el cable 12 es desplazado angularmente de forma que haga contacto con el sensor 381A, el sensor 381A produce una señal en la línea 308C1 que indica que se requiere una rotación en torno al eje del primer sensor de contacto en una primera dirección. Si el cable 12 toca el sensor 381B, el sensor 381B produce una señal en la línea 308C2 que indica que se requiere una rotación en torno al eje del primer sensor de contacto en la dirección contraria. Si el cable 12 es desplazado angularmente de forma que haga contacto con el sensor 381C, el sensor 381C produce una señal en la línea 309C1 que indica que se requiere una rotación en torno al eje del segundo sensor de contacto en una primera dirección. Si el cable 12 toca el sensor 381D, el sensor 381D produce una señal en la línea 309C2 que indica que se requiere una rotación en torno al eje del segundo sensor de contacto en la dirección contraria. Dependiendo de la relación entre los ejes de los sensores primero y segundo de contacto con θ y φ , las señales en las líneas 308C1, 308C2, 309C1 y 309C2 pueden controlar directamente el motor servoaccionado 122 de giro o el motor servoaccionado 162 de cabeceo o pueden ser transpuestas por medios bien conocidos en la técnica en rotaciones correspondientes del eje θ de giro y del segundo eje φ antes de ser utilizadas para dar instrucciones a los motores servoaccionados 122, 162 para la rotación del carro 100 de giro y del carro 200 de cabeceo hacia la posición 305 de alineamiento del cable en la que puede tomarse una medición de un punto.

30 Debido a que las ligeras separaciones entre el cable 12 y los sensores 381A-381D introducen un ligero error, los sensores 380 de contacto son movidos en torno a los ejes de los sensores de forma que se centre el cable 12 en la posición 305 de alineamiento antes de tomar una medición. Los motores servoaccionados 122, 162 son controlados para mover los sensores 380 de contacto.

35 La **Figura 10** es un esquema en perspectiva de una tercera realización del conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular del cable, que incluye sensores ópticos 385 montados en el bastidor 201 para detectar el movimiento del cable 12 desde la posición 305 de alineamiento. Se muestra el cable 12 en la posición 305 de alineamiento en la que el eje longitudinal local 17 del cable 12 en el paso restringido 339 de referencia entrante está alineado con el paso 230 de referencia principal.

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

40 Un sensor óptico 385A del cabeceo incluye una fuente 386A de luz que emite luz y está dispuesta en un lado del cable 12 y un sensor 388A de luz para recibir la luz emitida está dispuesto en el otro lado del cable 12. El sensor 388A de luz puede incluir una agrupación 389A de CCD u otro detector de luz, como se bien sabido. Se pueden utilizar una o más lentes, tales como las lentes 387A y 387B, para concentrar o amplificar la luz para una lectura precisa. El sensor 388A detecta cuándo la sombra del cable 12 se mueve hacia arriba o hacia abajo y produce una señal, tal como en la línea 309D, indicativa de ello para indicar al motor servoaccionado 162 de cabeceo que mueva el carro 200 de cabeceo de forma que se devuelva el cable 12 hasta la posición 305 de alineamiento.

50 Un sensor óptico 385B de giro incluye una fuente 386B de luz que emite luz y está dispuesto en un lado del cable 12 y un sensor 388B de luz para recibir la luz está dispuesto en el otro lado del cable 12. El sensor 388B de luz puede incluir una agrupación 389B de CCD u otro detector de luz, como es bien sabido. Se pueden utilizar una o más lentes, tales como las lentes 387A, montadas en el bastidor 201, para concentrar o amplificar la luz para una lectura precisa. El sensor 388B detecta cuándo la sombra del cable 12 se mueve hacia la izquierda o hacia la derecha y produce una señal, tal como en la línea 308D, indicativa de ello para indicar al motor servoaccionado 122 de giro que mueva el carro 100 de giro de forma que se devuelva el cable 12 hasta la posición 305 de alineamiento.

55 En la realización ejemplar, la salida de los sensores ópticos 385 se corresponde directamente con el movimiento en θ y φ . Sin embargo, se pueden utilizar otros ejes y ello puede ser traducido en el movimiento en θ y φ .

Se podrían utilizar otros tipos de sensores ópticos, tal como reflejando luz del cable 12 a un detector de luz.

La **Figura 11** es un esquema en perspectiva de una cuarta realización del conjunto 300 de sensores de desplazamiento angular del cable que incluye un sensor magnético o electromagnético 390. Un sensor electromagnético 390A del cabeceo detecta la proximidad del cable 12 y, cuando el cable 12 se mueve hacia arriba o hacia abajo, produce una señal, tal como en la línea 309E, indicativa de ello para indicar al motor servoaccionado 162 de cabeceo que mueva el carro 200 de cabeceo de forma que se devuelva el cable 12 hasta la posición 305 de alineamiento. Un sensor óptico 390B de giro detecta la proximidad del cable 12 y, cuando se mueve el cable 12 hacia la izquierda o hacia la derecha, y produce una señal, tal como en la línea 308E, indicativa de ello para indicar al motor servoaccionado 122 de giro que mueva el carro 100 de giro, de forma que se devuelva el cable 12 hasta la posición 305 de alineamiento en la que el eje longitudinal local 17 del cable 12 en el paso restringido 339 de referencia entrante está alineado con el paso 230 de referencia principal.

También se podría utilizar sensores magnéticos para detectar la proximidad del cable. En la realización ejemplar, la salida de los sensores 390 se corresponde directamente con el movimiento en θ y φ . Sin embargo, se pueden utilizar otros ejes y ello puede ser traducido en el movimiento en θ y φ .

La **Figura 12** es una vista en perspectiva de una quinta realización del conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular del cable que incluye un sensor 395 del momento. El tubo 360 del cardán antimomento procedente del paso restringido 339 de cable está fijado sólidamente al bastidor 201. Como se ha expuesto en otra parte, son posibles otros medios para producir un paso restringido 339 de cable tal como en la Figura 12. Por ejemplo, el paso restringido 339 podría ser un tubo con un agujero ajustado en torno al diámetro externo del cable 12 a través del cual pasa el cable 12, o podría ser rodillos opuestos entre los que pasa el cable.

Cuando se mueve el cable 12 hacia arriba o hacia abajo, o hacia la derecha o hacia la izquierda a través del conjunto 330 de pasos restringidos de cable, se transmite una fuerza lateral a través del paso restringido 339 de cable, como un momento sobre el brazo 360, tal como el tubo delgado 361. El brazo 360 produce una deformación detectable sobre las células de carga, tales como medidores 396 y 397 de deformación montados en el brazo 360. Los medidores 396 y 397 de deformación producen señales de deformación que son procesadas de una forma bien conocida en la técnica. Se pueden utilizar otros tipos de células de carga conocidos en la técnica, tales como otras disposiciones de medidor de deformación, de células de carga de elementos piezorresistivos, de células hidráulicas de carga, de células neumáticas de carga y de células ópticas de carga. La deformación inducida sobre 360 en el eje vertical es detectado por el medidor 396 de deformación y produce una señal, tal como en la línea 309F, indicativa de la misma para indicar al servomotor 162 de giro que mueva el carro 200 de cabeceo de forma que se devuelva el cable 12 hasta la posición 305 de alineamiento. La deformación inducida sobre 360 en el eje horizontal es detectada por el medidor 397 de deformación y produce una señal, tal como en las líneas 308F, indicativa de la misma para indicar al servomotor 122 de giro que mueva el carro 200, de forma que se devuelva el cable 12 hasta la posición 305 de alineamiento en la que el eje longitudinal local 17 del cable 12 en el paso restringido 339 de referencia entrante está alineado con el paso 230 de referencia principal.

Se pueden aplicar otras disposiciones de la célula de momento-carga conocidas en la técnica al extremo de montaje del tubo delgado 360 en la superficie de contacto con 201.

La **Figura 14** es una vista frontal lateral derecha, desde arriba, 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 miembro flexible delgado de tensión, tal como una línea o alambre 901, tal como 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 para el cardán principal. La **Figura 16** es una vista ampliada, despiezada, parcialmente recortada, en perspectiva, 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 sustituye el conjunto 370 de soporte de empuje de la Figura 8.

El alambre 901P de piano incluye un extremo frontal 902, un extremo trasero 903 y una sección central 904. El alambre 901P de piano tiene un diámetro de aproximadamente 0,229 mm.

Como puede verse de forma óptima en la **Figura 16**, el medio de fijación, tal como la abrazadera 910, fija la sección central 904 del alambre 901P de piano al cardán principal 310, tal como al anillo cardánico interno 321 del cardán interno 320. El anillo cardánico interno 321 incluye un orificio o paso central 321P a través del mismo. Preferentemente, el paso 321P se encuentra en el centro del cardán 310. La base 911 de la abrazadera está fijada, tal como mediante tornillos 912, al anillo cardánico interno 321, de forma que se soporte el alambre 901P en el centro del paso 321P. La base 911 puede incluir un surco 913 para retener el alambre 901P. El miembro móvil 915 de la abrazadera se fija a la base 911, tal como con tornillos 919 en los orificios roscados 914, de forma que se fije el alambre 901P.

Con referencia de nuevo a las Figuras 14 y 15, el bastidor 201 del carro de cabeceo incluye un soporte frontal 201f y un soporte trasero 201b para soportar el extremo frontal 902 y el extremo trasero 903, respectivamente, de alambre 901P de piano. Los soportes 201f, 201b están separados suficientemente, tal como aproximadamente diez centímetros para un alambre 901P de piano de 0,229 mm, para minimizar el momento que el alambre 901P puede ejercer sobre el cardán 310.

En la realización ejemplar, el alambre 901P de piano está fijado como sigue. Se enhebra el alambre 901P a través del orificio 321P en el cardán principal 310. Se hace pasar el extremo delantero 902 a través de una ranura o un orificio en el soporte frontal 201f, a través del resorte 922 de compresión y es engarzado en el manguito 921 de empalme. Se hace pasar el extremo trasero 903 del alambre a través de una ranura o un orificio en el soporte trasero 201b. El alambre 901 es tensado, tal como traccionando sobre el extremo trasero 903 para comprimir parcialmente el resorte 922 y es mantenido en tensión, tal como mediante la aplicación de la abrazadera posterior 925. Entonces, se fija la abrazadera 910 al alambre 901 según se ha descrito anteriormente, de forma que mantenga el cardán principal 310 en la posición neutra de delante atrás y para resistir un movimiento de delante atrás del cardán principal 310 procedente de cualquier fuerza de empuje aplicada y devolver el cardán 310 a la posición neutra.

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

Se muestra la sección central 16 del cable entrante 12 en la posición 305 de alineamiento en la que el eje longitudinal local 17 del cable 12 en el paso restringido 339 de referencia entrante está alineado con el paso 230 de referencia principal. El conjunto 330A de paso de cable incluye un miembro 331 del paso de cable entrante montado en el bastidor 201 en uno o más miembros flexibles resilientes de soporte, tales como en varillas flexibles 336. Las varillas flexibles 336 tienen un extremo fijo fijado al bastidor 201 y un extremo libre fijado al miembro 331 del paso de cable. El extremo libre se mueve lateralmente en cualquier dirección en respuesta a una fuerza lateral. Las varillas flexibles 336 se encuentran en una posición neutra cuando no hay fuerza lateral procedente del cable 12 sobre el miembro 331 del paso de cable. Después de que una fuerza lateral del cable 12 mueve el miembro 331 del paso de cable y las varillas flexibles 336 hacia el lado, las varillas flexibles 336 vuelven a la posición neutra cuando se elimina la fuerza lateral procedente del cable. El miembro 331 del paso de cable incluye un paso restringido 339 de referencia entrante, tal como el orificio 339a, a través del cual pasa el cable 12. Los extremos libres de las varillas flexibles 336 son paralelos al eje longitudinal local 17 del cable 12. El conjunto 330A de pasos de cable puede incluir una prolongación, tal como una prolongación hacia fuera 337, que es paralela al eje longitudinal local 17 del cable 12. El paso restringido 339 de cable se alinea con el eje longitudinal local 17 del cable 12 con el movimiento del cable 12 fuera de la posición 305 de alineamiento y mueve el miembro 331 del paso de cable en la dirección del movimiento del cable mediante la flexión de varillas flexibles 336. Los sensores ópticos 385a funcionan de la misma forma que los sensores 385 de la Figura 10 excepto, en vez de detectar el movimiento del cable 12 con respecto al bastidor 201, detectan el movimiento del conjunto 330A de pasos de cable, tal como el movimiento de la prolongación 337, con respecto al bastidor 201.

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

Un sensor óptico 385A de giro, montado en el bastidor 201, incluye una fuente 386A de luz que emite luz y está dispuesta en un lado del cable 12 y un sensor 388A de luz para recibir la luz emitida está dispuesto en el otro lado del cable 12. El sensor 388A de luz puede incluir una agrupación CCD 389A u otro detector de luz, como es bien sabido. Se pueden utilizar una o más lentes, tales como las lentes 387A y 387B, para concentrar o amplificar la luz para una lectura precisa. El sensor 388A detecta cuándo se mueve hacia la izquierda o hacia la derecha la sombra de la prolongación 337 y produce una señal, tal como en la línea 308, indicativa de ello para indicar al motor servoaccionado 122 de giro que mueva el carro 100 de giro de forma que devuelva el cable 12 hasta la posición 305 de alineamiento.

Un sensor óptico 385B del cabeceo, montado en el bastidor 201, incluye una fuente 386B de luz que emite luz y está dispuesta en un lado del cable 12 y un sensor 388B de luz para recibir la luz está dispuesto en el otro lado del cable 12. El sensor 388B de luz puede incluir una agrupación CCD 389B u otro detector de luz, como es bien sabido. Se pueden utilizar una o más lentes, tales como las lentes 387A, 387B, montadas en el bastidor 201, para concentrar o amplificar la luz para el cabeceo y el giro para una lectura precisa. El sensor 388B detecta cuándo se mueve hacia arriba o hacia abajo la sombra de la prolongación 337 y produce una señal, tal como en la línea 309, indicativa de ello para indicar al motor servoaccionado 162 de cabeceo que mueva el carro 200 de cabeceo de forma que devuelva el cable 12 hasta la posición 305 de alineamiento.

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

Los sensores ópticos 385a fuera del cable tienen varias ventajas sobre los sensores 385 en el cable de la Figura 10. En primer lugar, la longitud de la prolongación 337 de los sensores 385a amplifica el desplazamiento del cable 12 en el paso restringido 339, de forma que se tomen más fácilmente las lecturas. En segundo lugar, los sensores ópticos 385a, a diferencia de los sensores ópticos 385, no están expuestos directamente al cable 12, que puede tener suciedad y otros contaminantes que podrían evitar las lecturas. Además, los sensores ópticos 385a fuera del cable

pueden ser rodeados y protegidos con más facilidad contra el polvo y la suciedad en una bolsa flexible, tal como la bolsa flexible antipolvo 999, mostrada en una representación esquemática.

La **Figura 18** es una vista en perspectiva de una séptima realización del conjunto 300A de sensores del desplazamiento angular del cable que incluye un sensor láser 930 fuera del cable.

5 El conjunto 330A de pasos de cable funciona como se ha descrito con respecto a la Figura 17, supra.

Un láser 931, u otra fuente de luz, está montado en una porción del conjunto 330A de pasos de cable, tal como en una prolongación 337, de forma que el haz 932 de rayos láser emitido por el láser 931 sea paralelo al eje longitudinal local 17 del cable 12 en el paso restringido 339. Un sensor de haz de rayos láser, tal como una agrupación 935 de CCD, está montado en el bastidor 201. La agrupación 935 recibe un haz 932 de rayos láser, detecta el movimiento del haz 932 de rayos láser alejándose de la posición 305 de alineamiento del cable y produce una o más señales, tales como en las líneas 308 y 309 de señales, indicativas del mismo para indicar al motor servoaccionado 122 de giro que mueva el carro 100 de giro de forma que devuelva el cable 12 hasta la posición 305 de alineamiento y para indicar al motor servoaccionado 162 de cabeceo que mueva el carro 200 de cabeceo de forma que se devuelva el cable 12 hasta la posición 305 de alineamiento. Una lente o máscara 936, fijada a la prolongación 337 o al láser 931, incluye una lente o un orificio pequeño 397, para el paso, a través del mismo, de un haz 932 de rayos láser para producir un haz 933 más estrecho, de forma que el haz estrecho 933 produzca un punto más pequeño en la agrupación 935 de CCD, como es bien conocido en la técnica. El sensor 930 de rayos láser está rodeado y protegido contra el polvo y la suciedad en una bolsa flexible, tal como una bolsa antipolvo 999, mostrada en una representación esquemática.

20 La **Figura 19** es una vista en perspectiva de una octava realización del conjunto 300A de sensores del desplazamiento angular del cable en el que el conjunto 330A de pasos de cable incluye un miembro 331 del paso de cable montado en el bastidor 201 en un miembro flexible resiliente de soporte, tal como en un tubo elastomérico 338 de soporte. A veces, se denomina al tubo elastomérico 338 de soporte diafragma rodante. La **Figura 20** es una vista parcial, ampliada, desde arriba, parcialmente en sección transversal, del conjunto 300A de sensores del desplazamiento angular del cable de la Figura 18. Un diafragma rodante, tal como el tubo elastomérico 338 de soporte, permite un movimiento radial, y, no obstante, resiste un giro en torno a su eje central. También se podrían utilizar otras realizaciones elastoméricas, tales como un bloque de caucho.

El tubo elastomérico 338 de soporte incluye un primer extremo 338a conectado al bastidor 201, un segundo extremo 338b que se monta en el miembro 331 de paso de cable y una pared flexible 338c entre los mismos. El miembro 331 del paso de cable está montado en el segundo extremo 338b del tubo elastomérico 338 de soporte, de forma que el cable 12 pase a través del tubo 338. La pared 338c del tubo soporte el segundo extremo 338b del tubo, de forma que pueda moverse con respecto al primer extremo 338a y de forma que el segundo extremo 338b soporte de forma amovible el miembro 331 del paso de cable de manera que, cuando el paso restringido 339 del cable se alinea con el eje longitudinal local 17 del cable 12 con el movimiento del cable 12 fuera de la posición 305 de alineamiento, el miembro 331 del paso de cable se mueva en la dirección de movimiento del cable.

Una fuente de luz, tal como un láser 940, está montada en el miembro 331 del paso de cable, de forma que el haz 942 de rayos láser emitido por el láser 940 sea paralelo al eje longitudinal local 17 del cable 12 en el paso restringido 339. Un sensor de haz de rayos láser, tal como una agrupación 945 de CCD, está montado en el bastidor 201. La agrupación 945 recibe un haz 942 de rayos láser, detecta el movimiento del haz 942 de rayos láser alejándose de la posición 305 de alineamiento del cable y produce una o más señales, tales como en las líneas 308 y 309 de señales, indicativas del mismo para indicar al motor servoaccionado 122 de giro que mueva el carro 100 de giro de forma que devuelva el cable 12 hasta la posición 305 de alineamiento y para indicar al motor servoaccionado 162 de cabeceo que mueva el carro 200 de cabeceo de forma que devuelva el cable 12 hasta la posición 305 de alineamiento.

De forma alternativa, el movimiento de una prolongación (no mostrada) del miembro 331 del paso de cable y en paralelo al eje longitudinal local 17 del cable 12 podría ser detectado por los sensores, tales como los sensores ópticos 385a 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 del sensor 300A de desplazamiento angular del cable que incluye el montaje de un conjunto 950 de resorte de ménsula de dos ejes para el conjunto 330 de pasos de cable.

50 El conjunto 950 de resorte de ménsula incluye un conjunto 952 de primer eje conectado con el bastidor 201 que permite el movimiento del conjunto 330 de pasos de cable en un primer eje; e incluye, además, un conjunto 972 de segundo eje conectado con el conjunto 952 de primer eje que permite el movimiento del conjunto 330 de pasos de cable en un segundo eje.

El conjunto 952 de primer eje incluye un extremo estacionario 953 del bastidor montado en el bastidor 201, medios de resorte de ménsula de un único eje con un movimiento relativo en un primer eje, tales como un primer par de resortes planos paralelos 954, teniendo cada uno un primer extremo 955 conectado con el extremo estacionario 953 del bastidor y un segundo extremo 956 conectado con el primer bastidor móvil 957, de forma que, según se

flexionan los primeros resortes 954, el primer bastidor móvil 957 pueda moverse perpendicularmente al plano de los resortes planos 954 con respecto al bastidor 201.

5 Un conjunto 972 de segundo eje incluye medios de resorte de ménsula de un único eje con un movimiento relativo en un segundo eje, tales como un segundo par de resortes planos paralelos 974, teniendo cada uno un primer extremo 975 conectado con el primer bastidor móvil 957 y un segundo extremo 976 conectado con el segundo bastidor móvil 977, de forma que, según se flexionan los segundos resortes 974, el segundo bastidor móvil 977 pueda moverse perpendicular al plano de los resortes planos 974 con respecto al primer bastidor móvil 957. Por lo tanto, el segundo bastidor móvil 977 puede moverse en ambos ejes.

10 El conjunto 330 de pasos de cable está fijado, tal como mediante el soporte 364, al segundo bastidor móvil 977. El conjunto 330 de pasos de cable mostrado es como el mostrado y descrito en las Figuras 4, 5 y 7 e incluye un paso restringido 339 de cable para el paso del cable entrante 12. Sin embargo, se podrían utilizar otras configuraciones del conjunto 330 de pasos de cable, tales como las mostradas en la presente memoria.

15 Se muestra la sección central 16 del cable entrante en la posición 305 de alineamiento en la que el eje longitudinal local 17 del cable 12 está alineado con el paso 230 de referencia principal. Con el movimiento del cable 12 fuera de la posición 305 de alineamiento, el paso restringido 339 del cable se alinea con el eje longitudinal local 17 del cable 12 y mueve el miembro 331 del paso de cable en la dirección de movimiento del cable mediante la deflexión de los resortes 954, 974.

20 Un sensor 960 de desplazamiento angular del primer eje detecta el movimiento relativo del primer bastidor móvil 957 y del extremo estacionario 953 del bastidor 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 móvil 977 y el primer bastidor móvil 957 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 servoaccionado 122 mueve el carro 100 de giro, de forma que se devuelva el cable 12 hacia la posición 305 de alineamiento y el motor servoaccionado 162 de cabeceo mueve el carro 200 de cabeceo de forma que se devuelva el cable 12 hacia la posición 305 de alineamiento.

25 En la realización ejemplar, los sensores 960, 980 de desplazamiento son de tipo brazo y lector según se utilizan en la primera realización de las Figuras 2-8 y cada uno comprende un brazo fijado a uno de los miembros de movimiento relativo y se extiende hacia el otro miembro de movimiento relativo y un desplazamiento de lectura de la banda de calibración óptica entre el extremo del brazo y el otro miembro.

30 El sensor 960 de desplazamiento del primer eje incluye un brazo 961 que se prolonga desde el primer bastidor móvil 957 hacia el extremo estacionario 953 del bastidor. Se lee una banda 962 de calibración en el extremo del brazo 961 mediante la cabeza 963 de lectura de la banda de calibración en el extremo estacionario 953 del bastidor o el bastidor 201 y en la línea 309 se emite una señal indicativa del movimiento relativo.

35 Como opción, un primer amortiguador, tal como el primer amortiguador 965 de aire, está conectado entre el extremo libre del brazo 961 y el soporte 968 montado en el bastidor 201 y amortigua un movimiento relativo del extremo estacionario 953 del bastidor y el primer bastidor móvil 957. El primer amortiguador 965 de aire incluye un pistón 966 que se mueve en un cilindro 967 de aire, como se conoce en la técnica. Se podrían utilizar otros tipos de amortiguador, tales como el hidráulico.

40 El sensor 980 de desplazamiento del segundo eje incluye un brazo 981 que se prolonga desde el segundo bastidor móvil 977 hacia el primer bastidor móvil 957. Se lee una banda 982 de calibración en el extremo del brazo 981 por la cabeza 983 de lectura de la banda de calibración en el primer bastidor móvil 957 y en la línea 308 se emite una señal indicativa del movimiento relativo.

45 Como opción, un segundo amortiguador, tal como el segundo amortiguador 985 de aire, está conectado entre el extremo libre del brazo 981 y el soporte 988 montado en el primer bastidor móvil 957 y amortigua un movimiento relativo del primer bastidor móvil 957 y del segundo bastidor móvil 977. El segundo amortiguador 985 de aire es similar al primer amortiguador 965 de aire e incluye un pistón, no visto, que se mueve en un cilindro 987 de aire, como se conoce en esa técnica. Se podrían utilizar otros tipos de amortiguador, tales como el hidráulico.

50 Los sensores 960, 980 de desplazamiento pueden ser de cualquier tipo deseable del sensor de desplazamiento, tal como se muestra en la presente memoria. Además, son posibles otras configuraciones de conjunto 950 de resorte de ménsula. Un conjunto 952, 972 de ejes podría tener un único resorte. Además, los conjuntos 952, 957 de ejes pueden doblarse mutuamente uno sobre otro de forma que se acorte el conjunto 950 de resorte.

55 La **Figura 22** es una vista en perspectiva de una décima realización del sensor de desplazamiento angular del cable del brazo y de un tipo de sensor que incluye una banda de calibración magnética, tal como una banda de calibración lineal magnética 990. La banda de calibración lineal magnética 990 puede ser sustituida por una banda de calibración óptica, tal como para una banda 409, 416 de calibración de la primera realización mostrada en la Figura 4A de la presente memoria. El sensor lineal magnético 990 incluye una banda magnética 992 de múltiples polos en el brazo 991 de desplazamiento angular y una cabeza 993 de la banda de calibración, que incluye un *chip* 994 de

circuito integrado de detección del efecto Hall para detectar el movimiento de la banda magnética 992 en un eje y producir una señal en la línea 308 indicativa del mismo.

Una banda de calibración adecuada 990 es la banda de calibración lineal magnética AS5311 de alta resolución fabricada por AustriaMicroSystems de Schloss Premstaetten, Austria. Esta banda de calibración tiene una resolución de solo 1,95 μm de forma que pueda detectar movimientos minúsculos del brazo 991.

La **Figura 23** es una vista frontal lateral izquierda, desde abajo, parcialmente recortada, en perspectiva, de elementos selectivos de una realización 10B de un único carro del dispositivo 10, según se ha mostrado y descrito fundamentalmente con respecto a las Figuras 2 y 3. El dispositivo 10B de medición es similar al dispositivo 10 en la mayoría de los aspectos, pero difiere, según se describe a continuación, del dispositivo 10 porque solo hay un carro, tal como un carro 200 de giro. Muchos elementos que están montados en el carro 200 de cabeceo en el dispositivo 10 están montados, en vez de ello, 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 cabeceo. Una versión simplificada del dispositivo 10B puede omitir un sensor 420 de cabeceo. Un puntero de luz, tal como el puntero 270 del láser de medición que produce un haz 271 de rayos láser, está fijado al bastidor 201 de giro.

El dispositivo 10B puede medir puntos en un plano que está cercano al 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 cabeceo o, de lo contrario, con suficiente precisión para muchas aplicaciones. Por ejemplo, se puede utilizar el dispositivo 10B para medir un suelo, tal como baldosas.

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 sensores de desplazamiento angular están fijados al bastidor 101. Aunque se muestra un conjunto cardánico 300G de sensores del desplazamiento angular, se podrían utilizar otros sensores de desplazamiento angular, tales como los mostrados y descritos en la presente memoria.

El cable 12 es una posición 305 de alineamiento cuando el eje longitudinal local 17 del cable 12 en el paso restringido externo 339 del cable está alineado con el eje (θ) de giro. Según se mueve el extremo libre 14 del cable desde un punto viejo hasta un nuevo punto que no se encuentra directamente en el exterior del punto viejo de forma radial, la sección central 16 del cable es desplazada angularmente en el conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular. El conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular detecta este desplazamiento angular del cable 12 alejándose de la posición 305 de alineamiento y produce una o más señales indicativas del mismo, tales como en las líneas 308 y 309. El conjunto motor servoaccionado 120 de giro hace girar el carro 100 de giro en torno al eje θ de giro en respuesta a las señales procedentes del conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular indicativo del desplazamiento del cable en torno al eje (θ) de giro, de forma que se mueva el conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular hasta la posición 305 de alineamiento.

Según se expone con respecto al dispositivo 10; en el dispositivo 10B, la ubicación del punto medido se determina desde el medio 500 de medición del carro de giro, el medio 450 de medición de la longitud del cable y el ángulo de cabeceo a partir de las señales procedente del conjunto 300 de sensores del desplazamiento angular indicativo del ángulo de cabeceo, tal como en la línea 309.

La **Figura 24** es una vista frontal lateral izquierda, desde abajo, parcialmente recortada, en perspectiva, de una realización alternativa 10C del dispositivo 10B de la Figura 23. El dispositivo 10C tiene un único carro, que es el primer carro 100C, o de giro, que incluye un bastidor 101 montado de forma giratoria, tal como mediante ruedas 111, en la base 30 de la unidad 20 de base de forma que gire en torno al eje θ (theta) de giro. La mayoría del bastidor 101 no se muestra en la Figura 24 en aras de la claridad, pero puede verse en la Figura 3.

Según se ha descrito anteriormente, el paso 230 de referencia principal está fijado al carro 100 de giro para un paso restringido de la sección central 16 del cable 12. El conjunto 330C de pasos de cable entrante está fijado al carro 100 de giro e incluye un par de miembros 331C del paso de cable entrante que definen un paso restringido 339C de cable entrante entre el paso 230 de referencia principal y el extremo libre 14 del cable que proporciona un paso de la sección central 16 del cable 12 restringida tangencialmente a las partes radiales, es decir ortogonal a los mismos, del eje θ de giro con respecto a la posición de alineamiento en respuesta a la fuerza tangencial del cable 12 sobre los miembros 331C del paso 339C de cable entrante.

Desde la polea 231 de paso de referencia principal, el cable entrante 12 pasa sobre una pluralidad de poleas 455, 611, 622, 623 montados en el bastidor 101 antes de ser suministrados a la bobina 660 de almacenamiento del cable montada de forma giratoria en el bastidor 101 como puede verse en la Fig. 2. El medio 605 de tensión del cable fijado a la unidad 20 de base, tal como el servomotor 650 de la bobina fijado al bastidor 101, regula la fuerza requerida para alejar el extremo libre 14 del cable de la unidad 20 de base. En la realización ejemplar, el motor servoaccionado 650 de la bobina aplica una tensión al cable 12 utilizando una correa 655 para hacer girar la bobina 660. La cantidad de corriente eléctrica en la línea 651 hasta el motor servoaccionado 650 de la bobina determina el par del motor servoaccionado 650 de la bobina y, por lo tanto, la tensión en el cable 12.

- En la realización ejemplar, el conjunto 330C de pasos de cable entrante incluye un medio de medición del ángulo del cable, tal como el medio 580 de medición del cabeceo, para medir el ángulo o el cambio del ángulo del cable 12 en el paso 339C de cable entrante en un plano paralelo al eje θ de giro y para producir una señal de cabeceo, tal como en la línea 560C, indicativa del mismo. En la realización ejemplar, una fuente 582 de luz dispuesta en un lado del cable 12 emite luz, y un sensor 584 de luz para recibir la luz emitida está dispuesto en el otro lado del cable 12. El sensor 584 de luz puede incluir una agrupación de CCD u otro detector de luz, como es bien conocido. Se pueden utilizar una o más lentes, no mostradas, para concentrar o amplificar la luz para una lectura precisa. El sensor 584 de luz detecta cuándo se mueve hacia arriba o hacia abajo la sombra del cable 12 y produce una señal, tal como en la línea 560C de señal, indicativa de ello.
- Aunque se muestra el medio óptico 580 de medición del cabeceo con referencia al dispositivo 10C de posicionamiento del único carro, se podrían utilizar dispositivos alternativos, tales como se muestra en las Figuras 4a, 10, 11, 14 y 17-21 adaptados para un único eje.
- Cada uno de los dispositivos descritos anteriormente 10A, 10B y 10C tiene un modo de entrada en el que puede ser utilizado como un dispositivo de entrada/medición y tiene un modo de salida en el que puede ser utilizado como un dispositivo de salida/posicionamiento. La **Figura 25** es un diagrama en perspectiva que muestra un dispositivo 10 que mide el suelo 810 de la sala 800 para crear un diseño 760 (Fig. 26) del suelo 810, y la **Figura 26** es una vista en perspectiva del dispositivo 10 que posiciona una imagen especular del diseño adquirido 760 del suelo 810 en la parte trasera de una pieza 750 de trabajo, tal como un capa de material 751 de alfombra, de manera que se pueda cortar la alfombra para que se ajuste exactamente el suelo 810.
- En la Figura 25, la unidad 20 de base está colocada en el primer soporte 40F. El usuario coloca la unidad 20 de base en el modo de entrada, coloca el extremo libre 14 del cable a lo largo del borde del suelo 810 y mide puntos según se ha descrito con respecto a la Figura 1 a lo largo del borde del suelo 810 para definir el diseño 760 del contorno del suelo 810. Se puede utilizar un asidero alargado 18E de extensión para colocar el extremo 14 del cable a lo largo del contorno del suelo, de forma que el usuario no necesite agacharse o gatear. Si una porción del suelo 810, tal como el nicho 811, no está en la línea visual del dispositivo 10 en el primer soporte 40F, entonces se mueve el dispositivo 10 hasta el segundo soporte 40S que está en la línea visual del nicho 811 para medir el nicho 811, según se describe con respecto a la Figura 1. El diseño medido 760 del suelo 810 está ahora en el ordenador 700 y puede ser utilizado y manipulado como cualquier diseño CAD. Por ejemplo, el diseño medido puede ser regulado para la contracción o el alargamiento del material antes de colocarse en el material 751.
- En la Figura 26, la unidad 20 de base está colocada en la línea visual de la pieza 750 de trabajo en cualquier posición y orientación con respecto a la pieza 750 de trabajo. La posición y la orientación pueden establecerse utilizando el dispositivo 10 para medir los puntos conocidos en la pieza 750 de trabajo o utilizando posiciones fijas preestablecidas para una pieza 750 de trabajo y una unidad 20 de base.
- El uso del dispositivo 10C de la Figura 24 como dispositivo de posicionamiento, en el modo de salida con el cable 12 en tensión, el ordenador 700 siempre conoce la posición del extremo 14 del cable en la pieza 750 de trabajo por la señal del carro de giro y la señal de la longitud del cable y bien la señal de cabeceo o bien la altura conocida de la unidad 20 de base con respecto a la pieza 750 de trabajo. El usuario utiliza un dispositivo de entrada, tal como un PDA para seleccionar una porción 762 del diseño 760 para ubicarla, tal como mediante marcas, en la pieza 750 de trabajo.
- Se indica al usuario que mueva el extremo libre 14 del cable ortogonalmente con respecto al cable 12 hacia la porción seleccionada 762 del diseño 760 mediante un medio de direccionamiento del cable, tal como señales de audio o una indicación 720 de la dirección en el medio de visualización del PDA 701 (Fig. 1) o en el asidero 18 del cable, según se muestra en la Figura 27. La **Figura 27** es una vista ampliada en perspectiva de un asidero alternativo 18C del cable que incorpora una interfaz 704C de usuario y una indicación 720 de la dirección del cable en comunicación con el ordenador 700, tal como mediante Bluetooth. La indicación 720 de la dirección del cable, tal como LED 721, indica al usuario que mueva el extremo libre 14 del cable hacia la derecha o hacia la izquierda, o hacia arriba o hacia abajo o adentro y afuera. La porción seleccionada 762 del diseño puede ser un único punto o puede ser un elemento más grande de diseño, tal como un arco 764 o una línea 765.
- El carro 100C de giro pivota libremente hasta la posición de alineamiento en respuesta a la fuerza del cable 12 sobre el paso 339C de referencia entrante.
- El ordenador 700 indica al usuario que mueva radialmente hacia dentro o hacia fuera hasta que el extremo libre 14 se encuentra a la distancia hasta el punto seleccionado. El procedimiento preferente para hacer esto es cambiando la tensión en el cable 12, de manera que sea discernible para el usuario. El ordenador 700 indica al motor servoaccionado 650 de la bobina que aplique una primera tensión, tal como 2,22 N, al cable 12 cuando el extremo libre 14 está ubicado a menos de la distancia hasta la porción seleccionada 762 de diseño y una segunda tensión, tal como una mayor tensión, tal como 8,90 N, cuando el extremo libre 14 del cable se encuentra a la distancia seleccionada y más allá. El usuario aplica una tensión entre estos dos niveles, tal como 4,45 N. Si el cable es demasiado largo, la segunda tensión desde el motor superará la fuerza de la mano del usuario y traccionará el extremo 14 hacia dentro. Si el cable es demasiado corto, la fuerza de la mano del usuario superará la primera

tensión y traccionará el extremo 14 hacia fuera. Por lo tanto, el motor 650 servoacciona un extremo 14 del cable hasta una longitud específica correspondiente a un diseño 760 de puntos.

La **Figura 28** es una representación esquemática de esta porción de la operación del sistema. El bloque marcado sensores 730 de ángulo representa cualquier combinación de sensores para determinar el cabeceo y la guiñada de los carro 100, 200 y, por lo tanto, del cable 12, en dos dimensiones, tales como el medio 580 de medición del cabeceo y el primer medio 500 de medición del carro de la Figura 24. Un ordenador 700, tal como el PDA 701 de la Figura 1, recibe señales procedentes de los sensores de ángulo. El ordenador 700 también almacena un diseño 760 y una porción seleccionada 762 del diseño 760 que ha de posicionarse. La porción del programa de ordenador marcada Comprobación 732 del intervalo de diseño produce una señal para indicar al usuario que mueva el extremo libre 14 del cable al intervalo de ángulos abarcados por la porción 762 del diseño que ha de posicionarse. El bloque marcado Medio 734 de direccionamiento del cable representa cualquier medio de indicación utilizado para comunicar esta señal de dirección al usuario, tal como LED 721 de la Figura 27. La porción del programa de ordenador marcada Calculadora 736 de la distancia de diseño determina la longitud de cable necesaria para colocar el extremo libre 14 del cable en el diseño 760 con el ángulo actual. Este subprograma produce una señal 737 de longitud. Un bloque comparador 738 produce una señal 739 de tensión del cable comparando esta señal de longitud objetivo con la señal de longitud actual del cable. Un motor 650 de tensión del cable responde a la señal 739 de tensión del cable poniendo la tensión correspondiente sobre el cable. Finalmente, el sensor 450 de la longitud del cable determina la señal 460 de la longitud actual del cable para completar el bucle de retroalimentación.

Cuando los indicadores 704,721 muestran que el extremo libre 14 del cable se encuentra en la posición de diseño, se puede indicar la posición del extremo libre 14 del cable, tal como haciendo marcas en la pieza 750 de trabajo. Con referencia de nuevo a la Figura 27, se fija un dispositivo 50 de marcado en el cable 12 para marcar el extremo del cable 14 en superficies planas. El dispositivo 50 de marcado incluye una superficie 52 de deslizamiento para deslizarse sobre la pieza 750 de trabajo y un marcador 55 para marcar la pieza 750 de trabajo en el extremo del cable 14. Según se muestra, el dispositivo 50 de marcado incluye un orificio a través del mismo en la posición del extremo del cable 14 para recibir un marcador 55 en forma de rotulador 56. Se pueden utilizar, según se desee, otros marcadores 55. Por ejemplo, se puede utilizar un punzón central cargado por resorte para marcar puntos para taladrar en el metal.

El usuario puede utilizar la interfaz 704C, tal como pulsando el botón 705, para indicar al ordenador 700 que entre en un modo de posicionamiento continuo en el que el ordenador 700 dirige continuamente al usuario hasta puntos adyacentes en el diseño seleccionado 760. Como puede verse en la Figura 27, en el modo de posicionamiento continuo, el usuario mantiene la tensión en la intersección baja/alta y se mueve hacia la izquierda o hacia la derecha según se le indica, de forma que se pueda dibujar una línea marcada continua 766 del diseño 760.

Como puede verse en las figuras 25 y 26, un dispositivo 10 puede medir la sala 800 y el diseño medido puede ser enviado electrónicamente a un vendedor de alfombras, posicionando un segundo dispositivo 10 el diseño en la alfombra, con el que puede ser cortada y enrollada para su suministro a la sala 800.

El uso del dispositivo 10B de la Figura 23 como el dispositivo de posicionamiento en el modo de salida con la porción de diseño seleccionada y el cable 12 en tensión; el ordenador 700, en respuesta a la señal de medición del carro de giro en la línea 510, es programado para indicar al medio de direccionamiento del cable que indique al usuario del asidero que mueva el extremo libre 14 del cable hasta la porción seleccionada 762 de diseño para su marcado. Según mueve el usuario el cable 12, el motor servoaccionado 650 del carro de giro gira el carro 100 de giro para seguir el movimiento del cable 12 en respuesta a la señal de giro procedente del sensor 300 del desplazamiento angular. El medio de direccionamiento del cable también puede indicar cuándo se encuentra el extremo libre 14 del cable en un punto seleccionado o dentro de una distancia predeterminada desde el mismo. El ordenador 700 indica al motor servoaccionado 650 de la bobina que regule la tensión del cable, según se ha descrito anteriormente.

En un procedimiento alternativo de uso del dispositivo 10B de la Figura 23 como el dispositivo de posicionamiento en el modo de salida con una porción de diseño seleccionada y el cable 12 en tensión; el ordenador 700 está programado para indicar al motor 122 de giro que haga girar el carro 100 de giro hasta una posición objetivo en la que el paso 339 de cable entrante y el paso 230 de referencia principal están alineados radialmente con la porción seleccionada 762 de diseño 760, para indicar al motor servoaccionado de la bobina que regule la tensión del cable según se ha descrito anteriormente; y, en respuesta a la señal de desplazamiento procedente del sensor 400 de desplazamiento angular, para indicar al medio de direccionamiento del cable que indique al usuario del asidero que mueva el extremo libre 14 del cable hasta la porción seleccionada 762 de diseño para su marcado.

El uso del dispositivo 10A de las Figuras 2 y 3 como el dispositivo de posicionamiento en el modo de salida con la porción de diseño seleccionada y el cable 12 en tensión, el ordenador 700 está programado, en respuesta a la señal de medición del carro de giro en la línea 510 y a la señal de medición del carro de cabeceo en la línea 560, para indicar al medio de direccionamiento del cable que indique al usuario del asidero que mueva el extremo libre 14 del cable hasta la porción seleccionada 762 de diseño para su marcado. Según mueve el usuario el cable 12, el motor servoaccionado 650 del carro de giro gira el carro 100 de giro y el motor servoaccionado 162 del carro de cabeceo

- 5 gira el carro 200 de cabeceo para seguir el movimiento del cable 12 en respuesta a las señales de giro y de cabeceo procedentes del sensor 300 de desplazamiento angular. El medio de direccionamiento del cable también puede indicar cuándo se encuentra el extremo libre 14 del cable en un punto seleccionado o dentro de una distancia predeterminada desde el mismo. El ordenador 700 indica al motor servoaccionado 650 de la bobina que regule la tensión del cable según se ha descrito anteriormente.
- 10 En un procedimiento alternativo de uso del dispositivo 10A de las Figuras 2 y 3 como el dispositivo de posicionamiento en el modo de salida con la porción de diseño seleccionada y el cable 12 en tensión, el ordenador 700 está programado para indicar al motor servoaccionado 122 de giro que haga girar el carro 100 de giro y al motor servoaccionado 162 de cabeceo que haga girar el carro 200 de cabeceo hasta una posición objetivo en la que el paso 339 de cable entrante y el paso 230 de referencia principal están alineados con la porción seleccionada 762 de diseño 760, para indicar al motor servoaccionado de la bobina que regule la tensión del cable según se ha descrito anteriormente; y, en respuesta a la señal de desplazamiento procedente del sensor 400 de desplazamiento angular, para indicar al medio de direccionamiento del cable que indique al usuario del asidero que mueva el extremo libre 14 del cable hasta la porción seleccionada 762 de diseño para su marcado.
- 15 Las distancias más largas que la longitud del cable 12 pueden ser medidas conectando un micrómetro láser al extremo del cable 12 y sujetarlo, tal como mediante el asidero 18, de forma que el haz emitido de rayos láser sea paralelo al cable 12 y el haz cae sobre el punto que está siendo medido. La distancia indicada por el micrómetro láser se añade a la distancia del cable para lograr una distancia total.
- 20 Otro procedimiento para medir puntos a mayores distancias es fijar un láser de medición de distancias a la unidad 20 de base. El usuario 90 puede estar situado cerca del punto que ha de ser medido y utilizar medios, tales como un PDA con Bluetooth® para accionar los servomotores de giro y de cabeceo para situar la luz láser en el punto y tomar una medición.
- Se puede utilizar el dispositivo 10 para medir el croquis o los planos y luego cambiar la escala al alza o a la baja o incluso proyectar los puntos medidos sobre una superficie, tal como una pared.
- 25 Preferentemente, el cable 12 tiene una deformación baja y conocida. Se ha utilizado un cable de alambre con un diámetro de 0,15 mm y que tiene una resistencia a la rotura de aproximadamente 1.334 N. Se pueden incluir sensores de temperatura, de humedad y de nivel para mejorar la precisión. Aunque se muestra y se describe el cable 12 como un cable tradicional que tiene una sección transversal circular, el cable 12 podría tener una sección transversal distinta, tal como una cinta rectangular o una forma poligonal.
- 30 Por la anterior descripción, puede verse que la presente invención proporciona un dispositivo sumamente conveniente y precisa de posicionamiento que puede ser operado por un único usuario.
- En las siguientes reivindicaciones, se utiliza la palabra “cabeceo” en un sentido relativo y no en un sentido absoluto de referencia terrestre.
- 35 En las siguientes reivindicaciones, se utiliza “carro del cable” para denotar el carro que recibe el cable, de forma que, en la realización de un único carro, el carro del cable sea el primer carro o el carro de giro y, en la realización de dos carros, el carro del cable sea el segundo carro o el carro de cabeceo.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (10) de posicionamiento para posicionar una porción (762) de un diseño (760) en una pieza (750) de trabajo que comprende:

un cable (12) que incluye:

- 5 un extremo (13) de suministro;
una sección central (16); y
un extremo libre (14) para su colocación por un usuario;

una unidad (20) de base que tiene, cuando se encuentra en uso, una posición y una orientación conocidas con respecto a la pieza (750) de trabajo que incluye:

- 10 una base (30);
un carro (100, 200) fijado de forma giratoria a dicha base (30) de forma que sea giratorio en torno a un eje (θ , ϕ) del carro que incluye:

- un paso (230) de referencia principal fijado a dicho carro (100,200) para el paso restringido de dicha sección central (16) de dicho cable (12); y
15 un conjunto (330) de pasos de cable entrante fijado a dicho carro (100, 200) que incluye:
un paso (339) de cable entrante entre dicho paso (230) de referencia principal y dicho extremo libre (14) del cable que proporciona un paso restringido de dicha sección central (16) de dicho cable (12); encontrándose dicho cable (12) en una posición de alineamiento cuando el eje longitudinal local de dicho cable (12) en dicho paso (339) de cable entrante está alineado con dicho paso (230) de referencia principal; en el que dicho carro (100, 200) gira en torno al eje (θ , ϕ) del carro hasta la posición de alineamiento en respuesta al alineamiento del eje longitudinal local de dicho cable (12) en dicho paso (339) de cable entrante;

- un medio (500, 550) de medición del carro para medir la posición de rotación o el cambio de la posición de rotación de dicho carro (100, 200) con respecto a dicha base (30) y para producir una señal del carro indicativa de ello;

- 25 un medio (450) de medición del cable acoplado con dicho cable (12) para medir una longitud o un cambio de longitud de dicho cable (12) y para producir una señal del cable indicativa de ello; y

- un motor (650) de tensión del cable acoplado con dicho cable (12) para aplicar una tensión a dicho cable (12) y para regular la fuerza requerida para alejar dicho extremo libre (14) del cable de dicha unidad (20) de base; y

- 30 un ordenador (700) que incluye un programa y memoria que incluyen el diseño (760); teniendo dicho dispositivo (10) un modo de salida para posicionar una porción seleccionada (762) del diseño (760) sobre la pieza (750) de trabajo en el que:

- 35 dicho ordenador (700) está programado para ser sensible a la señal del carro procedente de dicho medio (500, 550) de medición del carro y sensible a la señal del cable procedente de dicho medio (450) de medición del cable, para indicar a dicho motor (650) de tensión del cable que regule la tensión en dicho cable (12) suficientemente para indicar cuándo el extremo libre (14) del cable está colocado a una distancia predeterminada, o dentro de la misma, desde la porción seleccionada (762) del diseño (760) en la pieza (750) de trabajo.

- 40 2. El dispositivo de posicionamiento de la reivindicación 1, en el que:

dicho paso (339) de cable entrante incluye:

- un medio (580) de medición del cabeceo para medir un ángulo o un cambio de ángulo de dicho cable (12) en un plano paralelo al eje (θ , ϕ) del carro y para producir una señal de cabeceo indicativa del mismo; y en el modo de salida, dicho ordenador (700) está programado adicionalmente, en respuesta a la señal del cabeceo, para indicar al medio (703, 720, 734) de dirección del cable que indique al usuario que mueva dicho extremo libre (14) del cable en el plano hacia la porción seleccionada (762) del diseño (760).

3. Un procedimiento para posicionar una porción (762) de un diseño (760) sobre una pieza (750) de trabajo con un dispositivo (10) de posicionamiento que comprende: un cable (12) que incluye: un extremo (13) de suministro; una sección central (16) y un extremo libre (14) para su colocación por un usuario; una unidad (20) de base, que cuando se encuentra en uso, tiene una posición y una orientación conocidas con respecto a la pieza (750) de trabajo que incluye: una base (30); un carro (100, 200) fijado de forma giratoria a la base (30) de forma que sea giratorio en torno a un eje (θ , ϕ) del carro que incluye: un paso (230) de referencia principal fijado al carro (100, 200) para el paso restringido de la sección central (16) del cable (12); un conjunto (330) de paso de cable entrante fijado al carro (100, 200) que incluye: un paso (339) de cable entrante entre el paso (230) de referencia principal y el extremo libre (14) del cable que proporciona un paso restringido de la sección central (16) del cable (12); encontrándose el cable (12) en una posición de alineamiento cuando el eje longitudinal local del cable (12) en el paso (339) de cable entrante está alineado con el paso (230) de

- referencia principal; un medio (500, 550) de medición del carro para medir la posición de rotación o el cambio de la posición de rotación del carro (100, 200) con respecto a la base (30) y para producir una señal del carro indicativa de ello; un medio (450) de medición del cable acoplado al cable (12) para medir una longitud o un cambio de la longitud del cable (12) y para producir una señal del cable indicativa de ello; y un motor (650) de tensión del cable acoplado al cable (12) para aplicar una tensión al cable (12) y para regular la fuerza requerida para alejar el extremo libre (14) del cable de la unidad (20) de base; y un ordenador (700) que incluye un programa y memoria que incluyen el diseño (760); teniendo el dispositivo (10) un modo de salida para posicionar la porción seleccionada (762) del diseño (760) en una pieza (750) de trabajo, estando programado el ordenador (700) para ser sensible a la señal del carro procedente del medio (500, 550) de medición del carro, y en respuesta a la señal del cable procedente del medio (450) de medición del cable, para indicar al motor (650) de tensión del cable que regule la tensión en el cable (12) suficientemente para indicar cuándo el extremo libre (14) del cable está posicionado a una distancia predeterminada, o dentro de la misma, desde la porción seleccionada (762) del diseño (760) en la pieza (750) de trabajo;
- que comprende la etapa de:
- 15 mover el extremo libre (14) del cable radialmente con respecto al eje (θ , φ) del carro hasta un punto de la regulación de la tensión del cable indicativo de que el extremo libre (14) está posicionado a una distancia predeterminada, o dentro de la misma, desde la porción seleccionada (762) del diseño (760) en la pieza (750) de trabajo.
4. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que el paso (339) de cable entrante incluye: un medio (580) de medición del cabeceo para medir un ángulo o un cambio de ángulo del cable (12) en un plano paralelo al eje (θ , φ) del carro y para producir una señal del cabeceo indicativa del mismo; y, en el modo de salida, dicho ordenador (700) está programado adicionalmente, en respuesta a la señal de cabeceo, para indicar al medio (703, 720, 734) de direccionamiento del cable que indique al usuario que mueva dicho extremo libre (14) del cable en el plano hacia la porción seleccionada (762) del diseño (760); que comprende, además, la etapa de: en respuesta a la indicación del medio (703, 720, 734) de direccionamiento del cable, mover el extremo libre (14) del cable radialmente en el plano hacia la porción seleccionada (762) del diseño (760).
5. El dispositivo (10) de posicionamiento de la reivindicación 1, en el que dicha unidad (20) de base incluye, además:
- 30 un conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular fijado a dicho carro (100, 200) que incluye: dicho conjunto (300) de paso de cable entrante; encontrándose dicho dispositivo (10) en una posición objetivo cuando dicho paso (339) de cable entrante y dicho paso (230) de referencia principal están alineados radialmente con la porción seleccionada (762) del diseño (760); dicho conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular para detectar el desplazamiento angular de dicho cable (12) alejándose de la posición de alineamiento y para producir una señal de desplazamiento indicativa del mismo;
- 35 un motor (122, 162) del carro acoplado con dicho carro (100, 200) para hacer girar dicho carro (100, 200) en torno al eje (θ , φ) del carro;
- un medio (703, 720, 734) de direccionamiento del cable para indicar a un usuario que mueva dicho extremo libre (14) del cable hacia la porción seleccionada (762) del diseño (760) en la pieza (750) de trabajo; y en el que:
- 40 dicho ordenador (700) está programado: en respuesta a la señal del carro procedente de dicho medio (500, 550) de medición del carro, para indicar a dicho motor (122, 162) del carro que haga girar dicho carro (100, 200) hasta la posición objetivo; y, en respuesta a la señal de desplazamiento procedente de dicho conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular, para indicar a dicho medio (703, 720, 734) de direccionamiento del cable que indique al usuario que mueva dicho extremo libre (14) del cable hacia la porción seleccionada (762) del diseño (760).
- 45
6. El dispositivo (10) de posicionamiento de la reivindicación 5:
- Incluyendo dicho ordenador (700) un patrón de la pieza (750) de trabajo;
- teniendo dicho dispositivo (10) un modo de entrada para determinar la posición y la orientación relativas de dicha unidad (20) de base con respecto a la pieza (750) de trabajo midiendo la ubicación relativa en la pieza (750) de trabajo de uno o más puntos del patrón de la pieza (750) de trabajo, en el que, para cada punto del diseño que está siendo medido sobre el que el usuario coloca dicho extremo libre (14) del cable:
- 50 dicho motor (122, 162) del carro hace girar dicho carro (100, 200) en torno al eje (θ , φ) del carro en respuesta a la señal de desplazamiento procedente de dicho conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular indicativa del desplazamiento del cable, de forma que se mueva dicho conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular hasta la posición de alineamiento; y
- 55 dicho ordenador (700) recibe la señal del cable y la primera señal del carro para determinar la posición relativa del punto que está siendo medido sobre la pieza (750) de trabajo.
7. El dispositivo de posicionamiento de la reivindicación 6, en el que:
- dicho conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular incluye:

un medio (580) de medición del cabeceo para medir el cabeceo o un cambio de cabeceo de dicho cable (12) y para producir una señal de cabeceo indicativa del mismo; y en el modo de entrada, dicho ordenador (700) está programado adicionalmente para incluir la señal de cabeceo para determinar la posición relativa del punto que está siendo medido sobre la pieza (750) de trabajo.

- 5
8. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que la unidad de base incluye, además un conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular fijado al carro (100, 200) que incluye:

10 un conjunto (330) de pasos de cable entrante, encontrándose el dispositivo (10) en la posición objetivo cuando el paso (339) de cable entrante y el paso (230) de referencia principal están alineados radialmente con el punto seleccionado; el conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular para detectar el desplazamiento angular del cable (12) alejándose de la posición de alineamiento y para producir una señal de desplazamiento indicativa del mismo;

15 un motor (122, 162) del carro acoplado con el carro (100,200) para hacer girar el carro (100, 200) en torno al eje (θ , φ) del carro;

20 un medio (703, 720, 734) de direccionamiento del cable para indicar a un usuario que mueva dicho extremo libre (14) del cable hacia la porción seleccionada (762) del diseño (760) sobre la pieza (750) de trabajo; y en el que: el ordenador (700) está programado: en respuesta a la señal del carro procedente del medio (500, 550) de medición del carro, para indicar al motor (122, 162) del carro que haga girar el carro (100, 200) hasta la posición objetivo; y, en respuesta a la señal de desplazamiento procedente del conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular, para indicar al medio (703, 720, 734) de direccionamiento del cable que indique al usuario que mueva el extremo libre (14) del cable hacia el punto seleccionado; comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:

25 colocar la unidad (20) de base y la pieza (750) de trabajo en una posición y una orientación relativas conocidas;

30 mover el extremo libre (14) del cable radialmente con respecto al eje (θ , φ) del carro hasta un punto de regulación de la tensión del cable indicativo de que el extremo libre (14) del cable se encuentra a una distancia desde la porción seleccionada (762) del diseño (760);

en respuesta al medio (703, 720, 734) de direccionamiento del cable, mover el extremo libre del cable hasta que el medio de direccionamiento del cable indica que el extremo libre (14) del cable se encuentra en el punto seleccionado.

9. El procedimiento de la reivindicación 8, incluyendo el ordenador (700) un patrón de elementos de la pieza (750) de trabajo; incluyendo el dispositivo (10), además: un medio (704) de entrada del usuario en comunicación con dicho ordenador (700); en el que la etapa de colocar la unidad (20) de base y la pieza (750) de trabajo en una posición y una orientación relativas conocidas comprende las etapas de:

35 posicionar la unidad (20) de base en la línea visual de la pieza (750) de trabajo; escoger un número suficiente de elementos del patrón de la pieza (750) de trabajo para determinar la posición y la orientación relativas de la unidad (20) de base con respecto a la pieza (750) de trabajo; y medir cada elemento escogido mediante:

40 en el medio (704) de entrada del usuario, indicando el elemento escogido del patrón al ordenador;

posicionando el extremo libre (14) del cable en el elemento escogido; y

en el medio (704) de entrada del usuario, indicando al ordenador (700) que asocie la señal del cable y la primera señal del carro con la ubicación del elemento escogido.

10. El procedimiento de la reivindicación 9, incluyendo el paso (339) de cable entrante: un medio (580) de medición del cabeceo para medir un ángulo o un cambio del ángulo de dicho cable (12) en un plano paralelo al eje (θ , φ) del carro y para producir una señal del cabeceo indicativa del mismo; que comprende, además, las etapas de: en el medio (704) de entrada del usuario, indicar, adicionalmente, al ordenador (700) que asocie la señal del cabeceo con la ubicación del punto escogido.

11. El dispositivo (10) de posicionamiento de la reivindicación 1, en el que:

dicha unidad (20) de base incluye:

50 un primer carro (100) fijado de forma giratoria a dicha base (30) de forma que sea giratorio en torno a un primer eje (θ); y en el que: dicho carro (200) está fijado de forma giratoria a dicho primer carro (100) de forma que sea giratorio en torno al eje (φ) del carro;

un conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular fijado a dicho carro (200) que incluye:

55 dicho conjunto (330) de pasos de cable entrante; encontrándose dicho dispositivo (10) en la posición objetivo cuando dicho paso (339) de cable entrante y dicho paso (230) de referencia principal están alineados con la porción seleccionada (762) del diseño (760); dicho conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular para detectar un desplazamiento angular de dicho cable (12) alejándose de la

posición de alineamiento y para producir una señal de desplazamiento indicativa del mismo; un primer motor (122) acoplado a dicho primer carro (100) para hacer girar dicho primer carro (100) en torno al primer eje (θ);

5 un motor (162) del carro acoplado con dicho carro (200) para hacer girar dicho carro (200) en torno al eje (φ) del carro; y

un primer medio (500) de medición del carro para medir la posición de rotación o el cambio de la posición de rotación de dicho primer carro (100) con respecto a dicha base (30) y para producir una señal del primer carro indicativa de ello; comprendiendo dicho dispositivo (10), además:

10 un medio (703, 720, 734) de direccionamiento del cable para indicar a un usuario que mueva dicho extremo libre (14) del cable hacia la porción seleccionada (762) del diseño (760) sobre la pieza (750) de trabajo; y en el que:

15 dicho ordenador (700) está programado: en respuesta a la señal del primer carro y a la señal del carro, para indicar a dicho primer motor (122) y dicho motor (162) del carro que haga girar dicho primer carro (100) y dicho carro (200) hasta la posición objetivo; y, en respuesta a la señal de desplazamiento procedente de dicho sensor (300) de desplazamiento angular, para indicar a dicho medio (703, 720, 734) de direccionamiento del cable que indique al usuario que mueva dicho extremo libre (14) del cable hacia la porción seleccionada (762) del diseño (760).

12. El dispositivo (10) de la reivindicación 1, 5 u 11 que incluye, además:
20 un medio (704) de entrada del usuario en comunicación con dicho ordenador (700) para seleccionar la porción (762) del diseño (760) que ha de posicionarse sobre la pieza (750) de trabajo.

13. El dispositivo de posicionamiento de la reivindicación 11:

25 incluyendo dicho ordenador (700) un patrón de la pieza (750) de trabajo; teniendo dicho dispositivo (10) un modo de entrada para determinar la posición y la orientación relativas de dicha unidad (20) de base con respecto a la pieza (750) de trabajo midiendo la ubicación relativa sobre la pieza (750) de trabajo de uno o más puntos del patrón de la pieza (750) de trabajo, en el que, para cada punto del diseño que está siendo medido en el que el usuario coloca dicho extremo libre (14) del cable:

30 dicho primer motor (122) hace girar dicho primer carro (100) en torno al primer eje (θ) en respuesta a la señal de desplazamiento procedente de dicho conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular indicativa del desplazamiento del cable en torno al primer eje (θ) y dicho motor (162) del carro hace girar dicho carro (200) en torno al eje (φ) del carro en respuesta a la señal de desplazamiento procedente de dicho conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular del desplazamiento del cable en torno al eje (φ) del carro, de forma que se alineen dicho paso (339) de cable entrante y dicho paso (230) de referencia principal con el punto; y

35 dicho ordenador (700) recibe la señal del cable, la señal del primer carro y la señal del carro para determinar la posición relativa del punto que está siendo medido sobre la pieza (750) de trabajo.

14. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que la unidad de base incluye, además: un primer carro (100) fijado de forma giratoria a la base (30) de forma que sea giratorio en torno a un primer eje (θ); el carro (200) fijado de forma giratoria al primer carro (100) de forma que sea giratorio en torno al eje (φ) del carro; un conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular fijado al carro (200) que incluye: el conjunto (330) de pasos de cable entrante; encontrándose el dispositivo (10) en la posición objetivo cuando el paso (339) de cable entrante y el paso (230) de referencia principal están alineados con la porción seleccionada (762) del diseño (760); el conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular para detectar el desplazamiento angular del cable (12) alejándose de la posición de alineamiento y para producir una señal de desplazamiento indicativa del mismo; un primer motor (122) acoplado con dicho primer carro (100) para hacer girar dicho primer carro (100) en torno al primer eje (θ); un motor (162) del carro acoplado con dicho carro (200) para hacer girar dicho carro (200) en torno al eje (φ) del carro; un primer medio (500) de medición del carro para medir la posición de rotación o el cambio de la posición de rotación de dicho primer carro (100) con respecto a dicha base (30) y para producir una señal del primer carro indicativa de ello; un medio (703, 720, 734) de direccionamiento del cable para indicar a un usuario que mueva el extremo libre (14) del cable hacia la posición de la porción seleccionada (762) del diseño (760) sobre la pieza (750) de trabajo; y el ordenador está programado: en respuesta a la señal del primer carro y a la señal del carro, para indicar al primer motor (122) y al motor (162) del carro que haga girar el primer carro y el carro hasta la posición objetivo en respuesta a la señal de desplazamiento procedente del sensor (300) de desplazamiento angular, para indicar al medio (703, 720, 734) de direccionamiento del cable que indique al usuario que mueva el extremo libre (14) del cable hacia la porción seleccionada (762) del diseño (760); comprendiendo el procedimiento las etapas de:

colocar la unidad (20) de base y la pieza (750) de trabajo en una posición y una orientación relativas conocidas;

en respuesta al medio (703, 720, 734) de direccionamiento del cable, mover el extremo libre (14) del cable hasta que el medio (703, 720, 734) de direccionamiento del cable indique que el cable (12) se encuentra en la posición de alineamiento; y

5 mover el extremo libre (14) del cable radialmente hasta un punto de la regulación de la tensión del cable indicativo de que el extremo libre (14) del cable se encuentra a una distancia con respecto a la porción seleccionada (762) del diseño (760).

15. El procedimiento de la reivindicación 3, 8 o 14, en el que el dispositivo (10) incluye, además, un medio (704) de entrada del usuario en comunicación con dicho ordenador (700); incluyendo, además, la etapa de:

10 seleccionar la porción (762) del diseño (760) que ha de colocarse en la pieza (750) de trabajo utilizando el medio (704) de entrada del usuario.

16. El procedimiento de la reivindicación 14, en el que:

15 el ordenador (700) incluye un patrón que comprende elementos de la pieza (750) de trabajo; y el dispositivo (10) incluye: un medio (704) de entrada del usuario en comunicación con el ordenador (700); teniendo el dispositivo (10) un modo de entrada para determinar la posición y la orientación relativas de la unidad (20) de base con respecto a la pieza (750) de trabajo midiendo la ubicación relativa en la pieza (750) de trabajo de un elemento del patrón de la pieza (750) de trabajo, en el que, para cada punto del diseño que está siendo medido en el que el usuario coloca el extremo libre (14) del cable: el primer motor (122) hace girar el primer carro (100) en torno al primer eje (θ) en respuesta a la señal de desplazamiento procedente del conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular indicativa del desplazamiento del cable en torno al primer eje (θ) y el motor (162) del carro hace girar el carro (200) en torno al eje (φ) del carro en respuesta a la señal de desplazamiento procedente del conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular indicativa del desplazamiento del cable en torno al eje (φ) del carro, de forma que se alinee el paso (339) de cable entrante y el paso (230) de referencia principal con el punto; y el ordenador (700) recibe la señal del cable, la señal del primercarro y la señal del carro para determinar la posición relativa del punto que está siendo medido; en el que la etapa de colocar la unidad (20) de base y la pieza (750) de trabajo en una posición y una orientación relativas conocidas comprende las etapas de:

20 posicionar la unidad (20) de base y la pieza (750) de trabajo en la línea visual;
colocar el dispositivo (10) en modo de entrada;
con el medio (704) de entrada del usuario, escoger un número suficiente de elementos del patrón de la
30 pieza de trabajo para determinar la posición y la orientación relativas de la unidad (20) de base respecto a la pieza (750) de trabajo; y
medir cada elemento escogido mediante:

35 en el medio (704) de entrada del usuario, indicando el elemento escogido del patrón al ordenador;
posicionar el extremo libre (14) del cable en el elemento escogido; y
en el medio (704) de entrada del usuario, indicando al ordenador (700) que asocie las mediciones procedentes del medio (450) de medición del cable, del primer medio (500) de medición del carro y del medio (550) de medición del carro con el elemento escogido.

17. El dispositivo (10) de posicionamiento de la reivindicación 1, en el que dicha unidad (20) de base incluye, además

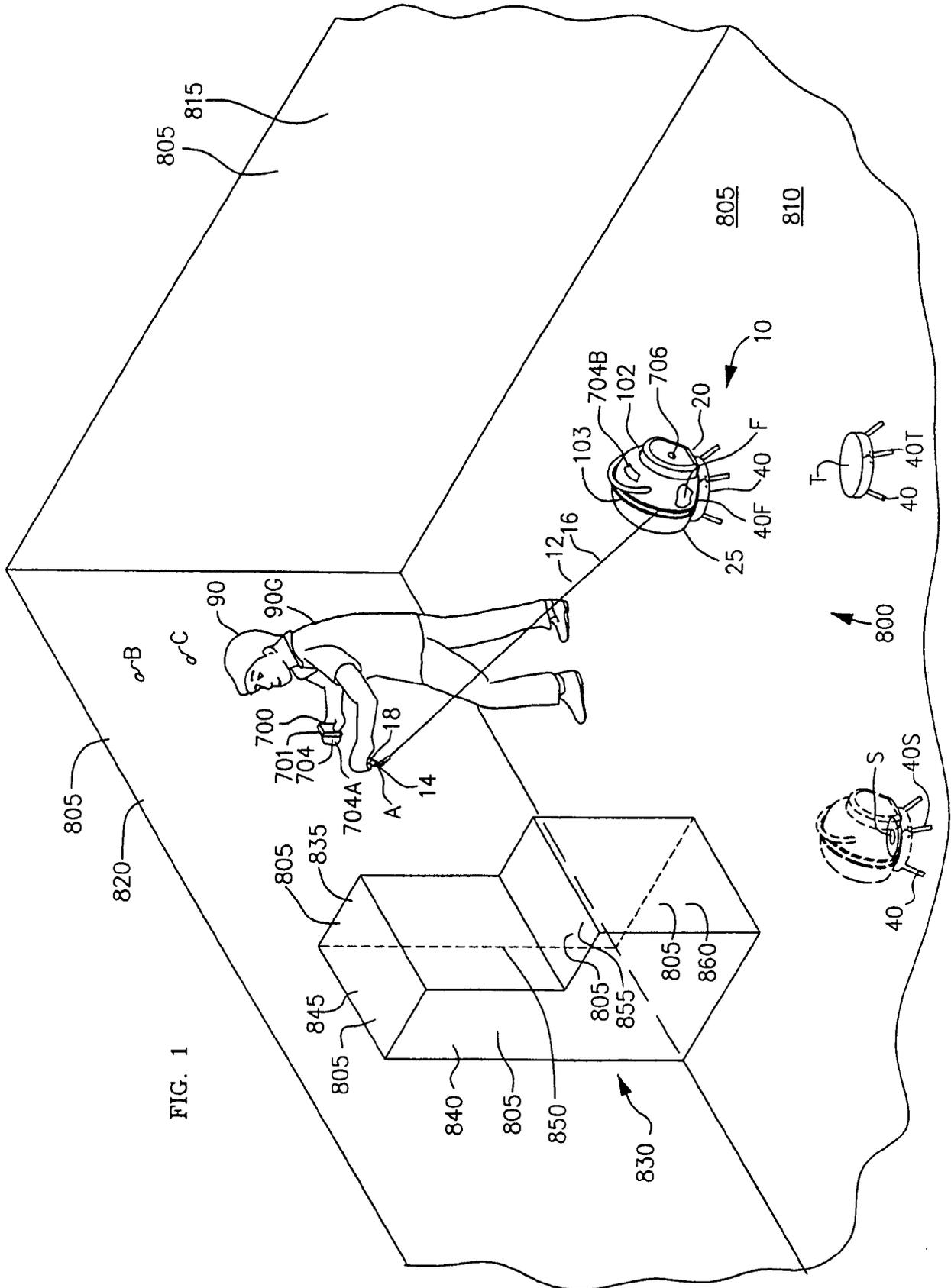
40 un conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular fijado a dicho carro (100, 200) que incluye: dicho conjunto (330) de pasos de cable entrante; dicho conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular para detectar un desplazamiento angular de dicho cable (12) alejándose de la posición de alineamiento y para producir una señal de desplazamiento indicativa del mismo;
un motor (122, 162) del carro acoplado con dicho carro (100, 200) para hacer girar dicho carro (100, 200)
45 en torno al eje (θ , φ) del carro; comprendiendo dicho dispositivo (10), además:

un medio (703, 720, 734) de direccionamiento del cable para indicar a un usuario que mueva dicho extremo libre (14) del cable hacia la porción seleccionada (762) del diseño (760) en la pieza (750) de trabajo; y en el que:
50 dicho ordenador (700) está programado, en respuesta a la señal del carro procedente de dicho medio (500, 550) de medición del carro, para indicar a dicho medio (703, 720, 734) de direccionamiento del cable que indique al usuario que mueva dicho extremo libre (14) del cable hacia la porción seleccionada (762) del diseño y dicho motor (122, 162) del carro hace girar dicho carro (100, 200) en respuesta a la señal de desplazamiento procedente del sensor (300) de desplazamiento angular, para seguir el movimiento del usuario de dicho extremo libre (14) del cable.

55 18. El dispositivo (10) de posicionamiento de la reivindicación 1, en el que:

dicha unidad (20) de base incluye:

- un primer carro (100) fijado de forma giratoria a dicha base (30) de forma que sea giratorio en torno a un primer eje (θ); y en el que: dicho carro (200) está fijado de forma giratoria a dicho primer carro (100), de forma que sea giratorio en torno al eje (φ) del carro;
- 5 un conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular fijado a dicho carro (200) que incluye:
dicho conjunto (330) de pasos de cable entrante; encontrándose dicho dispositivo (10) en la posición objetivo cuando dicho paso (339) de cable entrante y dicho paso (230) de referencia principal están alineados con la porción seleccionada (762) del diseño (760); dicho conjunto (300) de sensores de desplazamiento angular para detectar el desplazamiento angular de dicho cable (12) alejándose de la posición de alineamiento y para producir una señal de desplazamiento indicativa del mismo;
- 10 un primer motor (122) acoplado con dicho primer carro (100) para hacer girar dicho primer carro (100) en torno al primer eje (θ);
un motor (162) del carro acoplado con dicho carro (200) para hacer girar dicho carro (200) en torno al eje (φ) del carro; y
15 un medio (500) de medición del primer carro para medir la posición de rotación o el cambio de la posición de rotación del primer carro (100) con respecto a dicha base (30) y para producir una señal del primer carro indicativa de ello; y dicho dispositivo (10) comprende, además:
- un medio (703, 720, 734) de direccionamiento del cable para indicar a un usuario que mueva dicho extremo libre (14) del cable hacia la porción seleccionada (762) del diseño (760) sobre la pieza (750) de trabajo; y en el que:
- 20 dicho ordenador (700) está programado, en respuesta a la señal del primer carro y la señal del carro procedentes de dicho medio (500) de medición del primer carro y de dicho medio (550) de medición del carro, para indicar a dicho medio (703, 720, 734) de direccionamiento del cable que indique al usuario que mueva dicho extremo libre (14) del cable hacia la porción seleccionada (762) del diseño y, en respuesta a la señal de desplazamiento procedente de dicho sensor (300) de desplazamiento angular, dicho primer motor (122) hace girar dicho primer carro (100) y dicho motor (162) del carro hace girar dicho carro (200) para seguir el movimiento del usuario de dicho extremo libre (14) del cable.
- 25
19. El dispositivo (10) de posicionamiento de la reivindicación 1, en el que:
dicho carro (100, 200) pivota libremente hasta la posición de alineamiento en respuesta a la fuerza de dicho cable (12) sobre dicho paso (339) de cable entrante.
- 30 20. El dispositivo (10) de posicionamiento de la reivindicación 1 o 19, que incluye, además:
un medio (703, 720, 734) de direccionamiento del cable para indicar a un usuario que mueva dicho extremo libre (14) del cable hacia la porción seleccionada (762) del diseño (760) en la pieza (750) de trabajo; y en el que:
35 dicho ordenador (700) está programado, en respuesta a la señal del carro procedente de dicho medio (500, 550) de medición del carro, para indicar a dicho medio (703, 720,734) de direccionamiento del cable que indique al usuario que mueva dicho extremo libre (14) del cable hacia la porción seleccionada (762) del diseño (760).
21. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que:
40 el carro (100, 200) pivota libremente hasta la posición de alineamiento en respuesta a la fuerza del cable (12) sobre el paso (399) de cable entrante.
22. El procedimiento de la reivindicación 3 o 21, que incluye, además:
un medio (703, 720, 734) de direccionamiento del cable para indicar a un usuario que mueva el extremo libre (14) del cable hacia la porción seleccionada (762) del diseño (760) en la pieza (750) de trabajo; y la etapa de:
45 en respuesta a la indicación del medio (703, 720, 734) de direccionamiento del cable, mover el extremo libre (14) del cable tangencialmente hacia la porción seleccionada (762) del diseño (760).



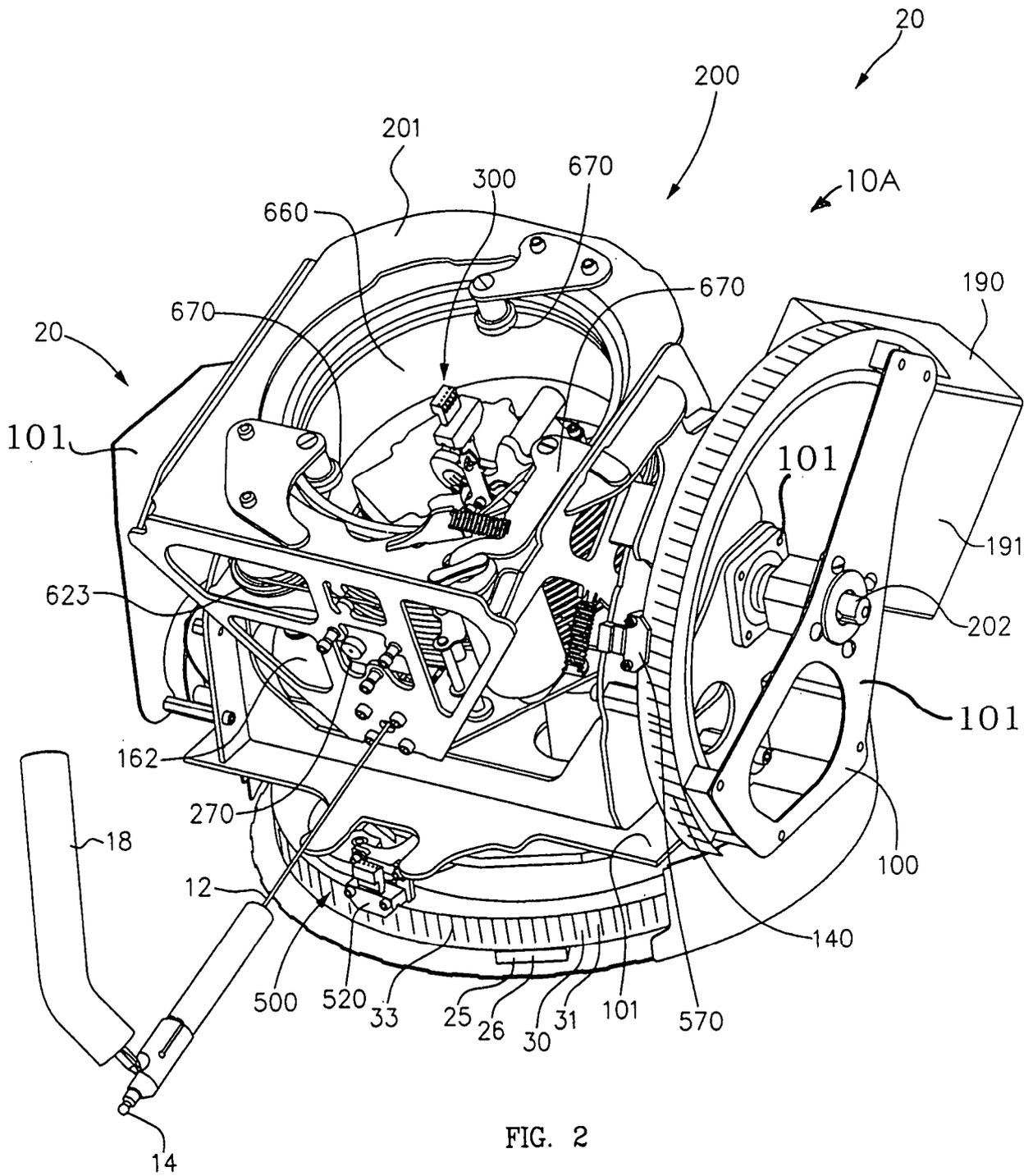


FIG. 2

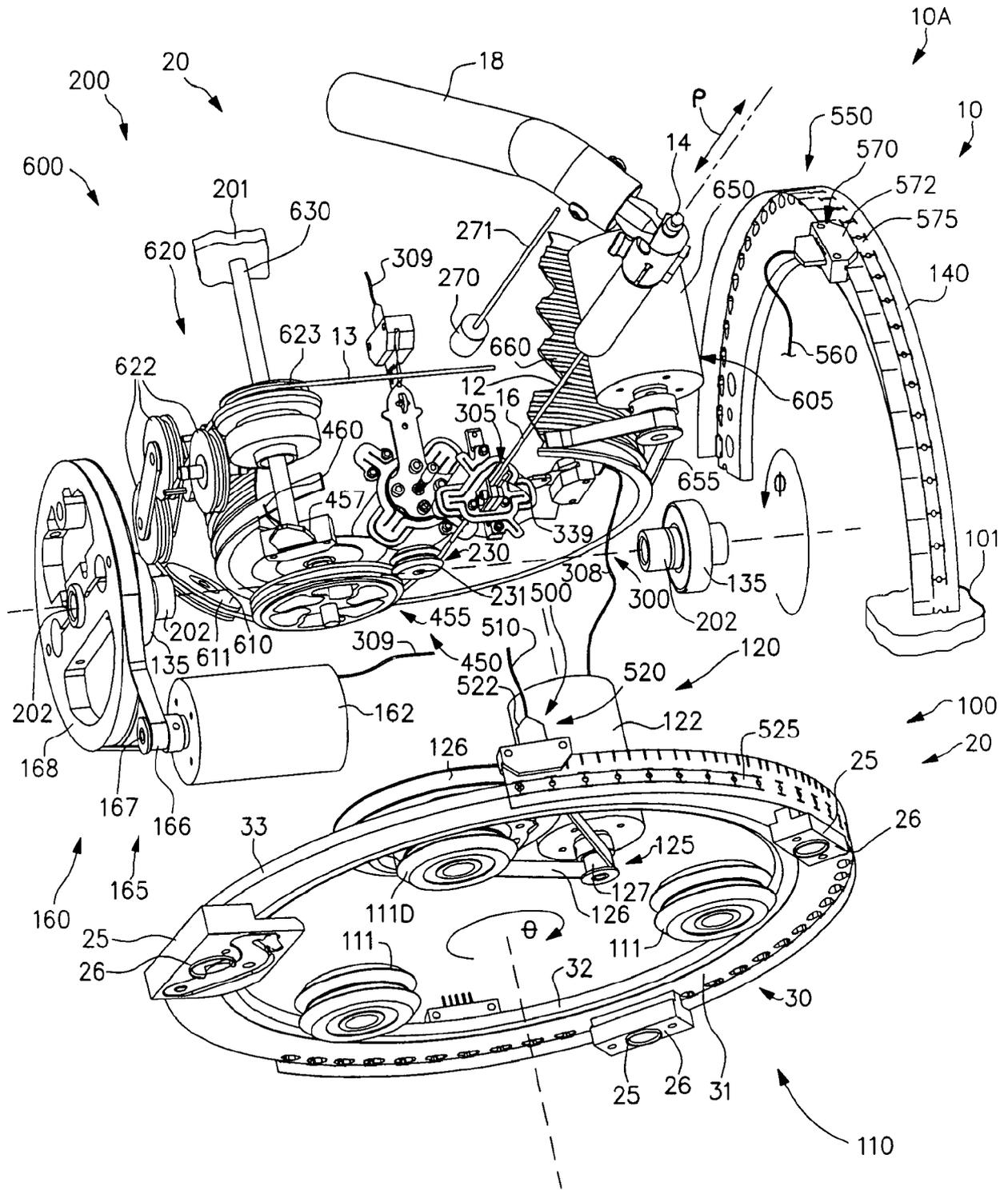


FIG. 3

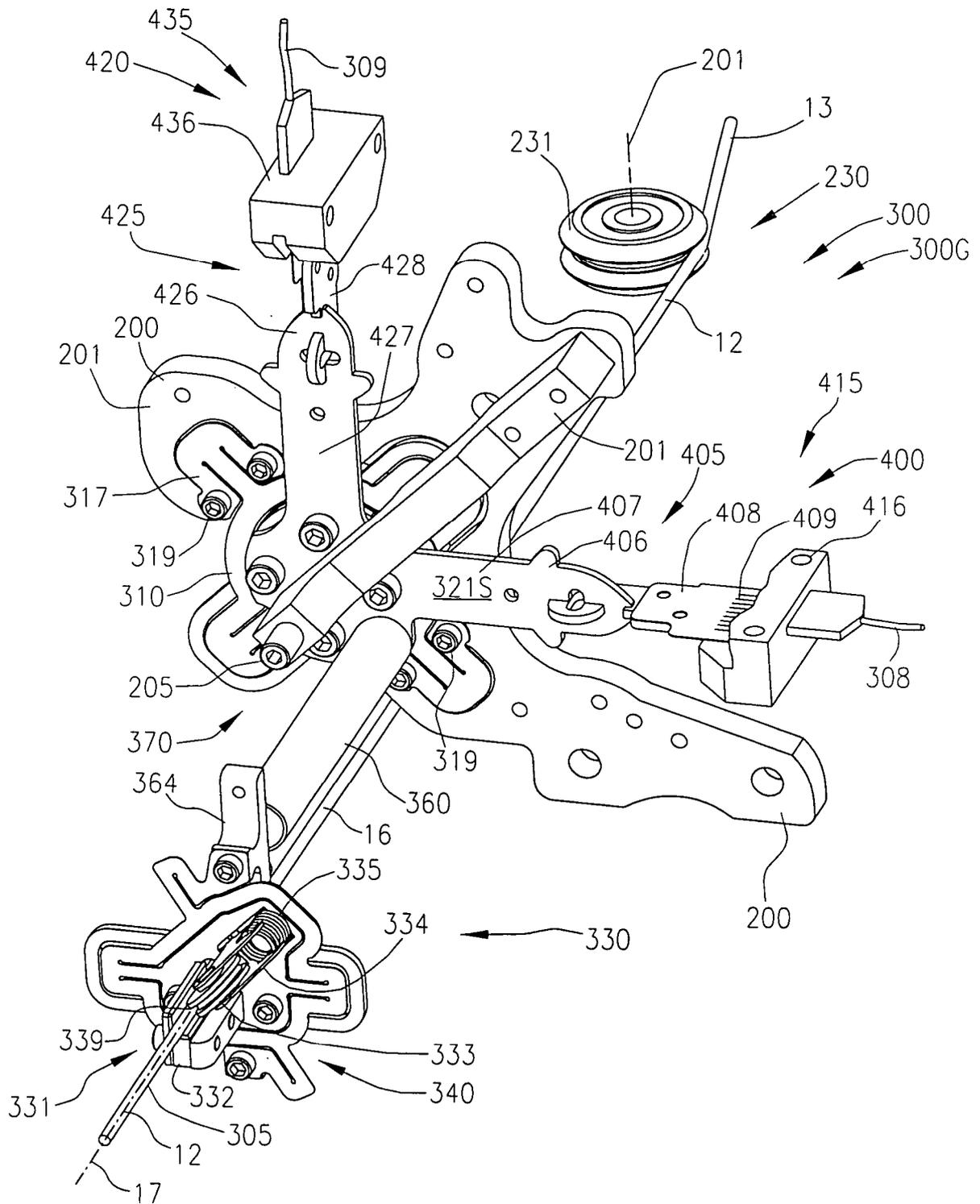


FIG. 4A

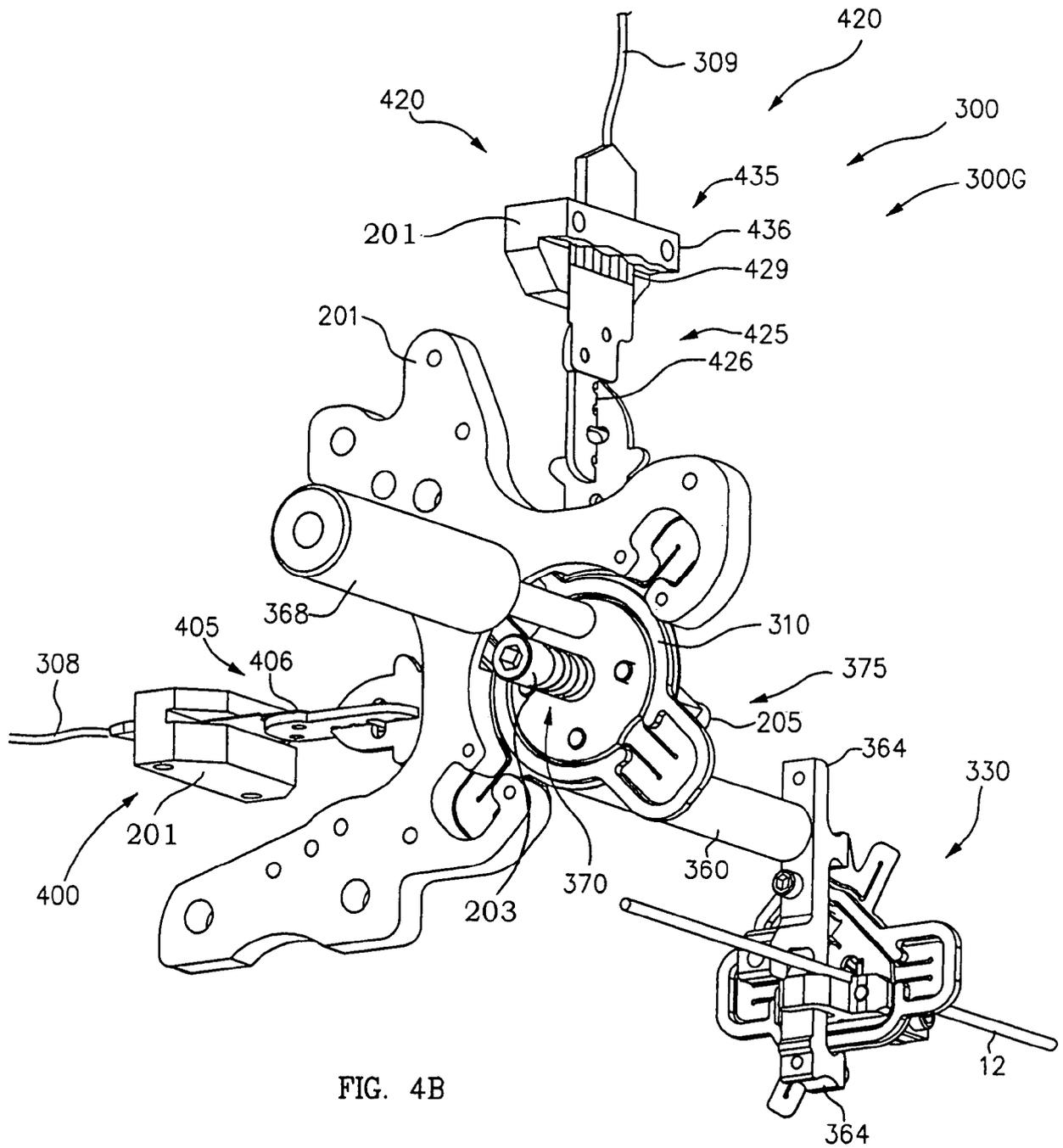


FIG. 4B

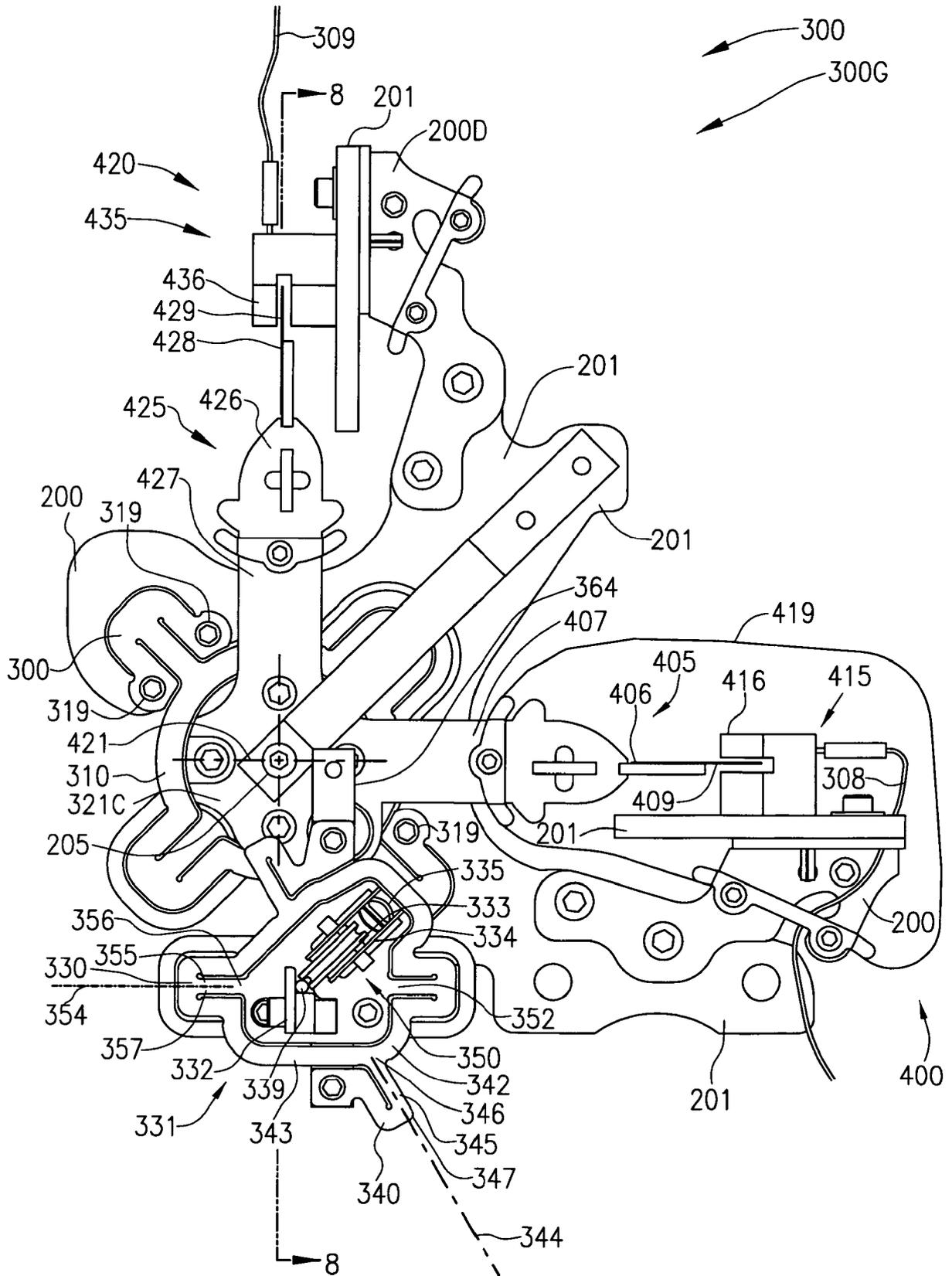


FIG. 5

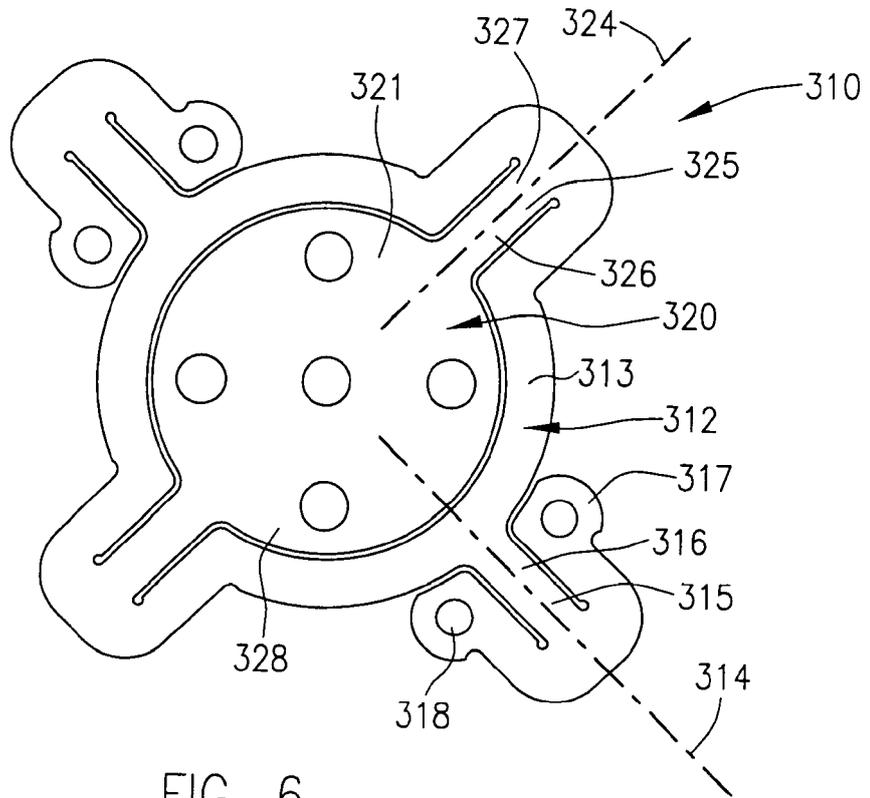


FIG. 6

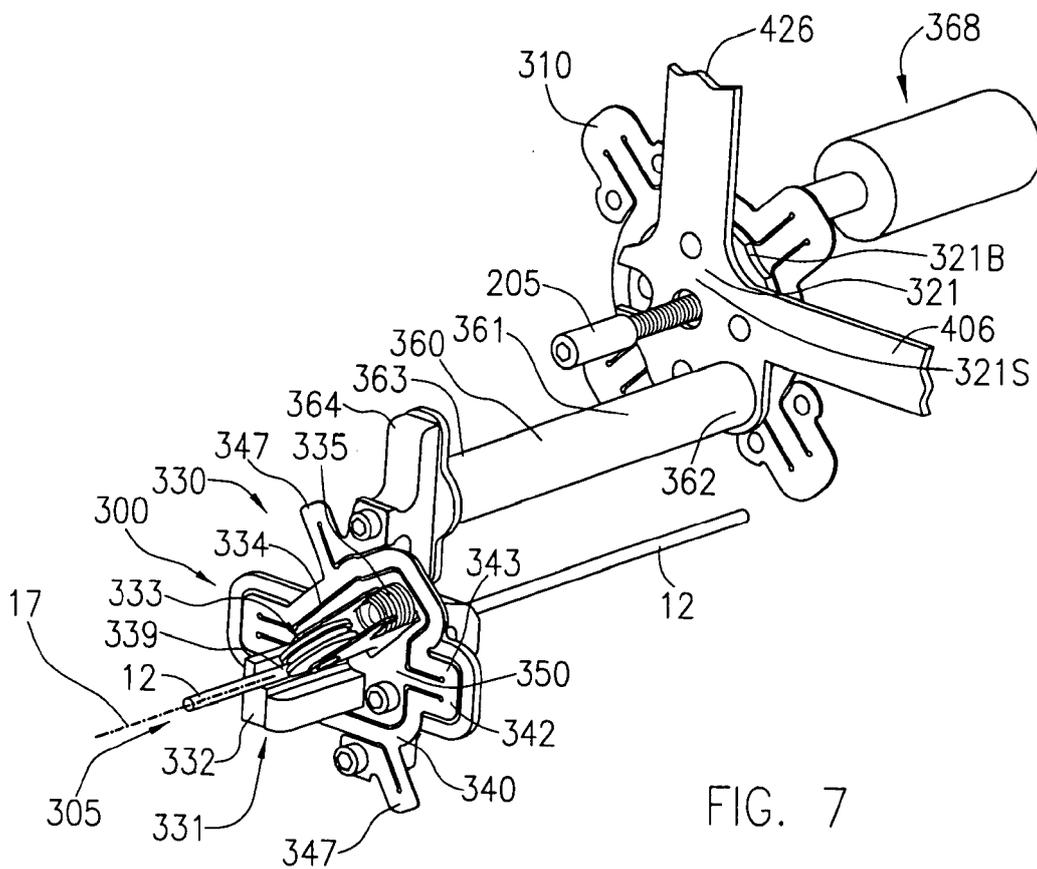


FIG. 7

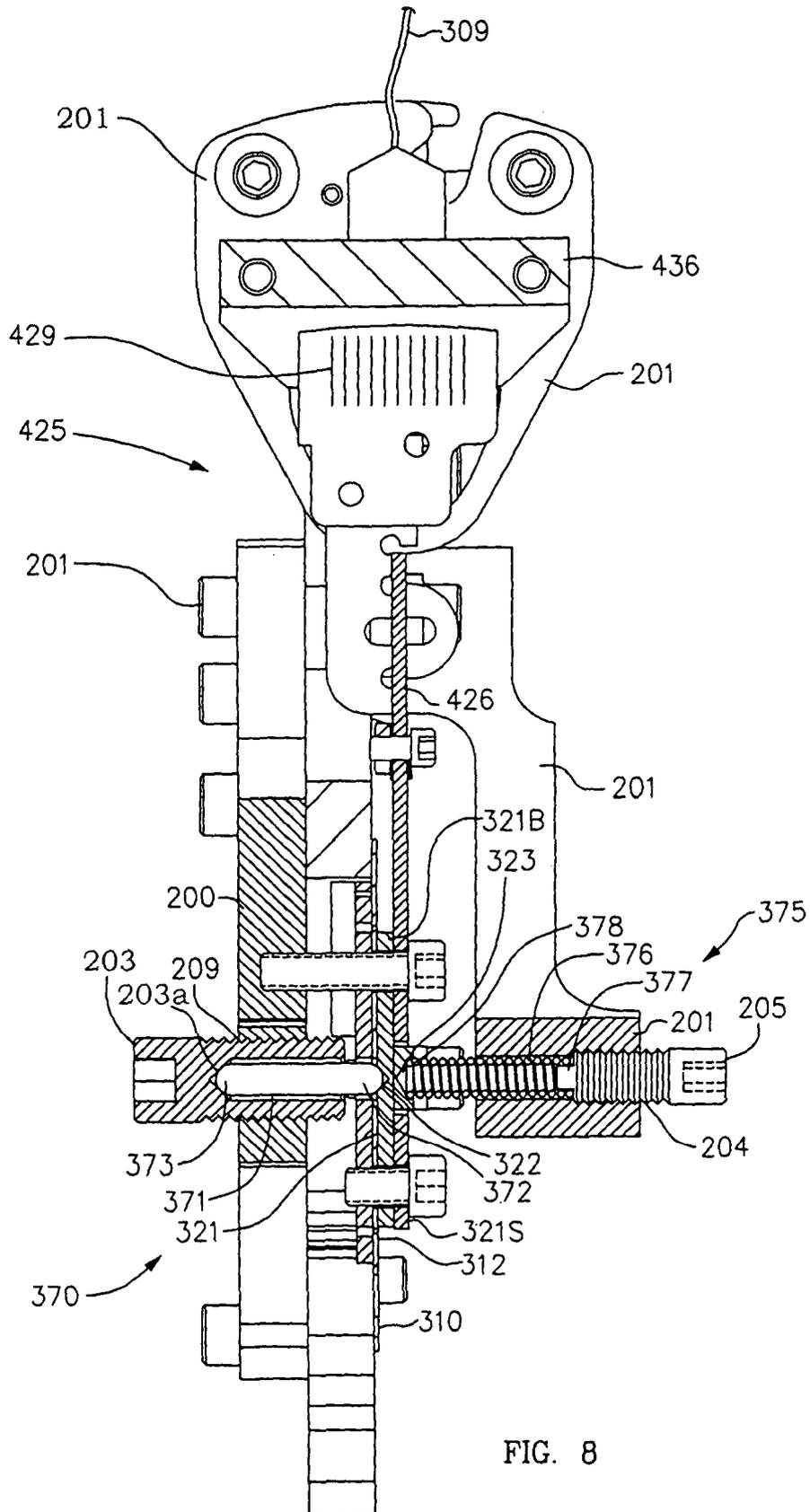


FIG. 8

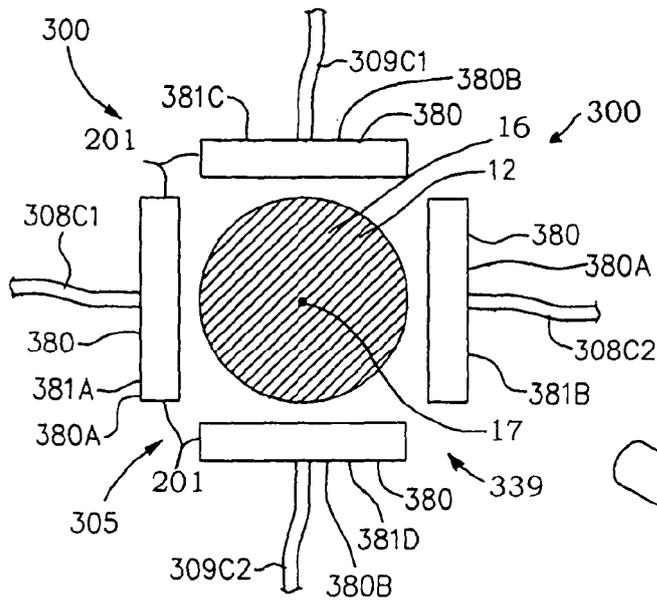


FIG. 9

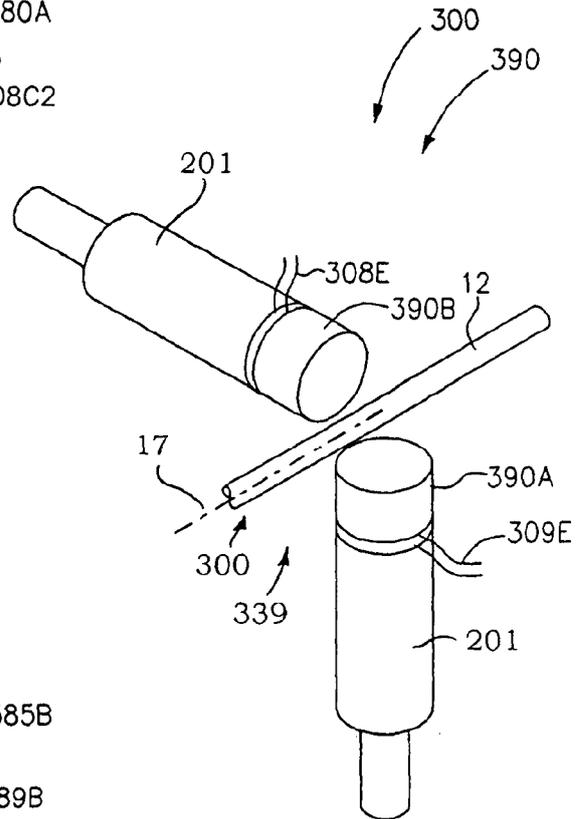


FIG. 11

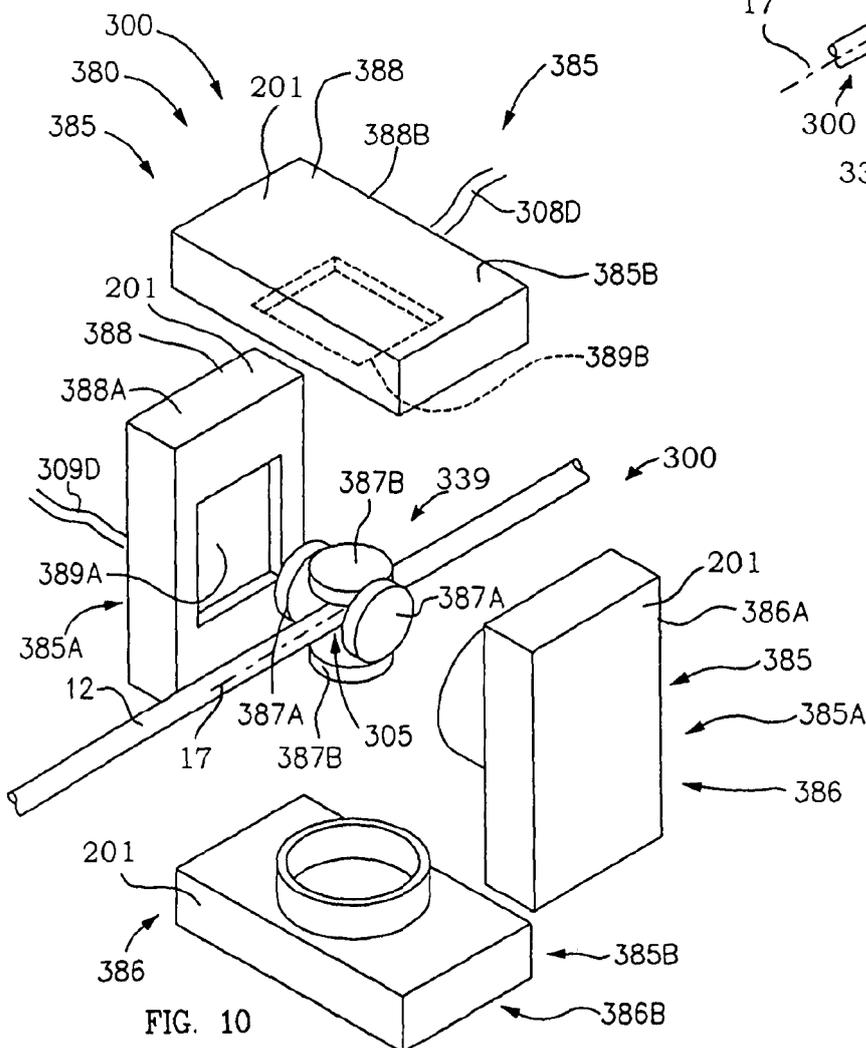


FIG. 10

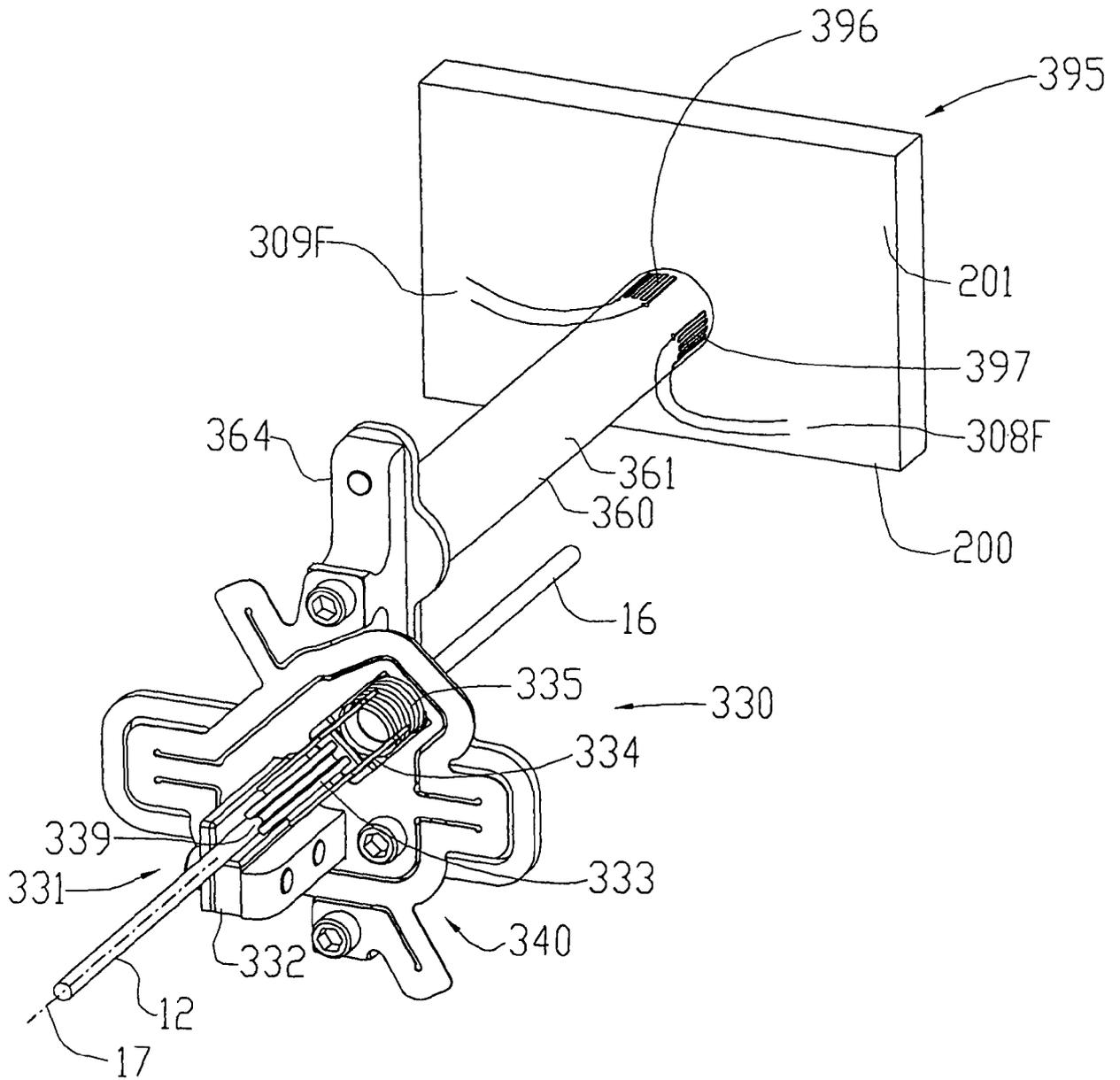


FIG. 12

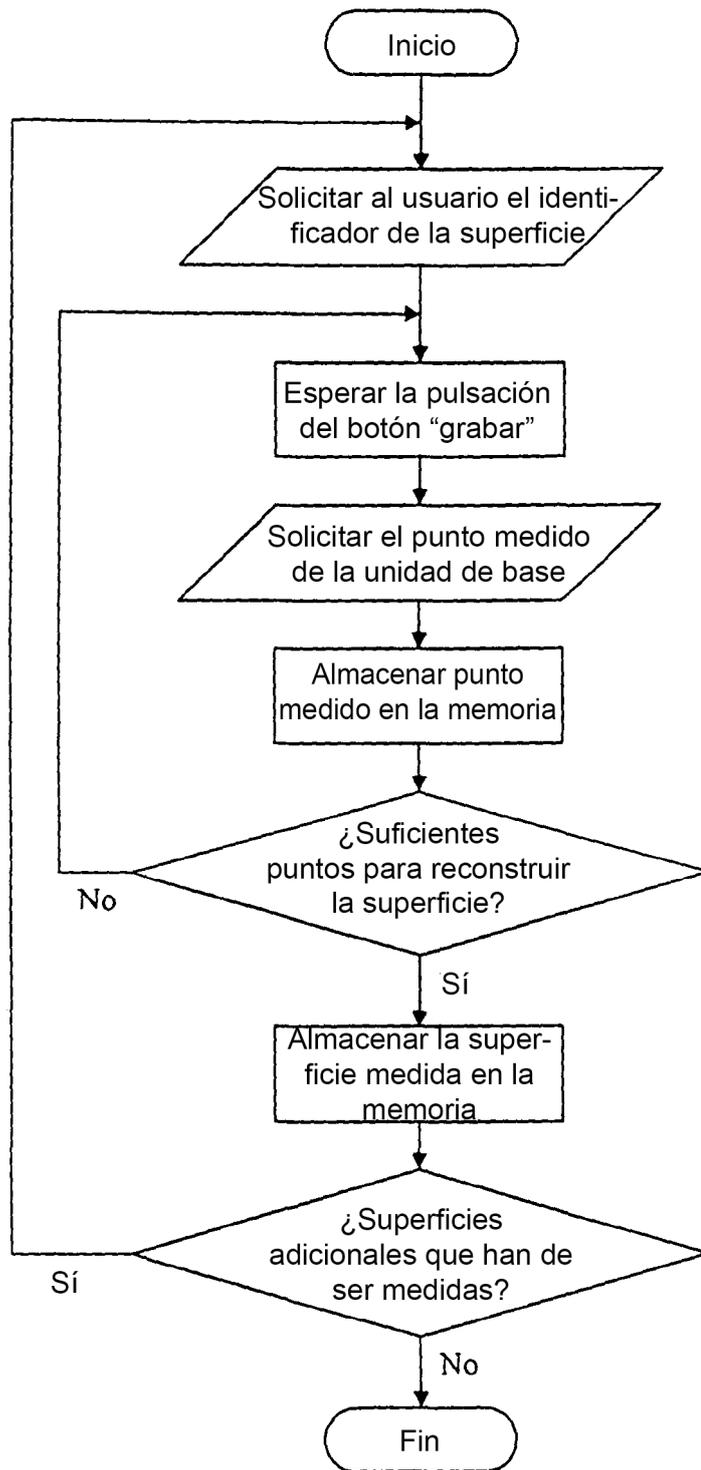
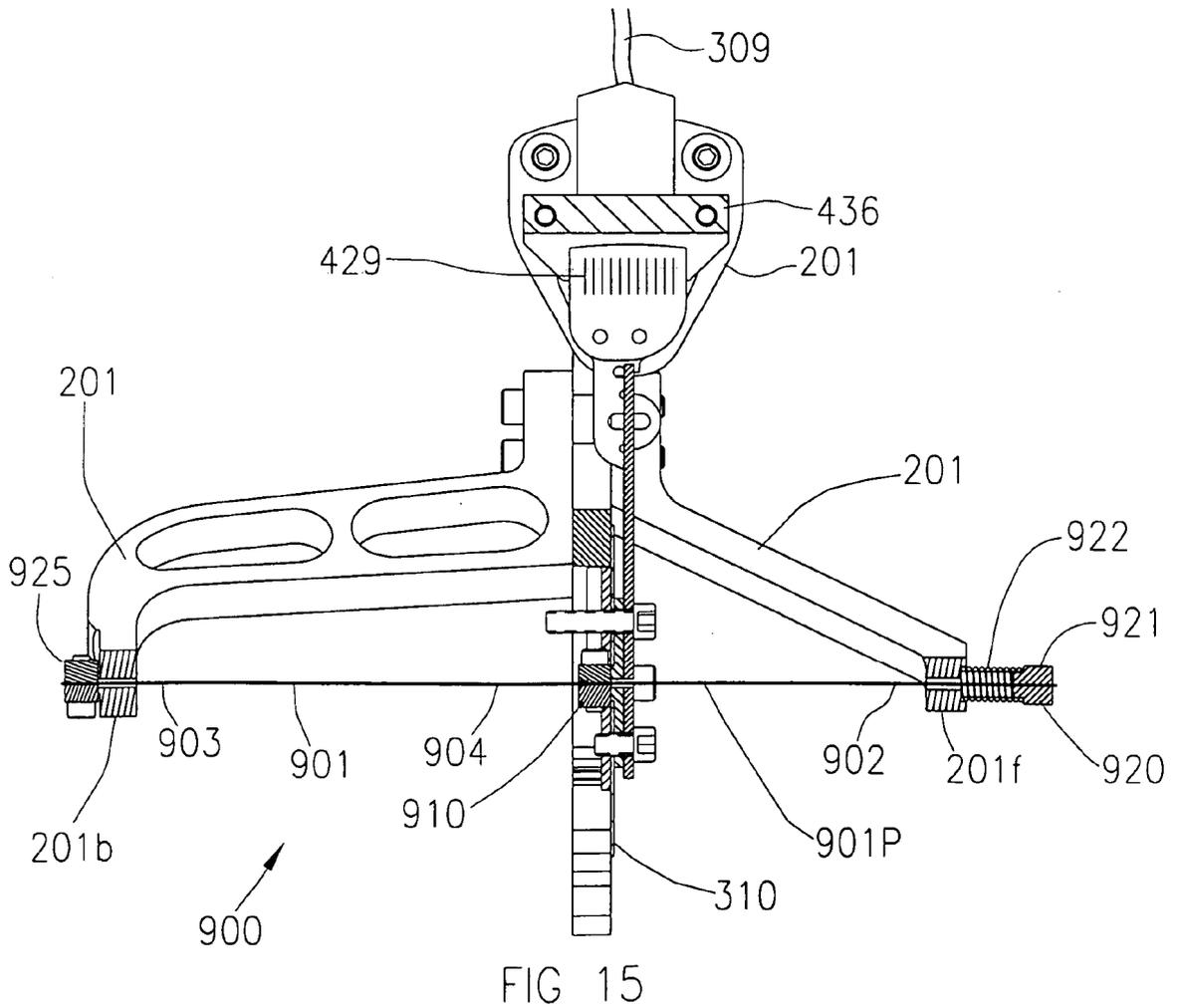
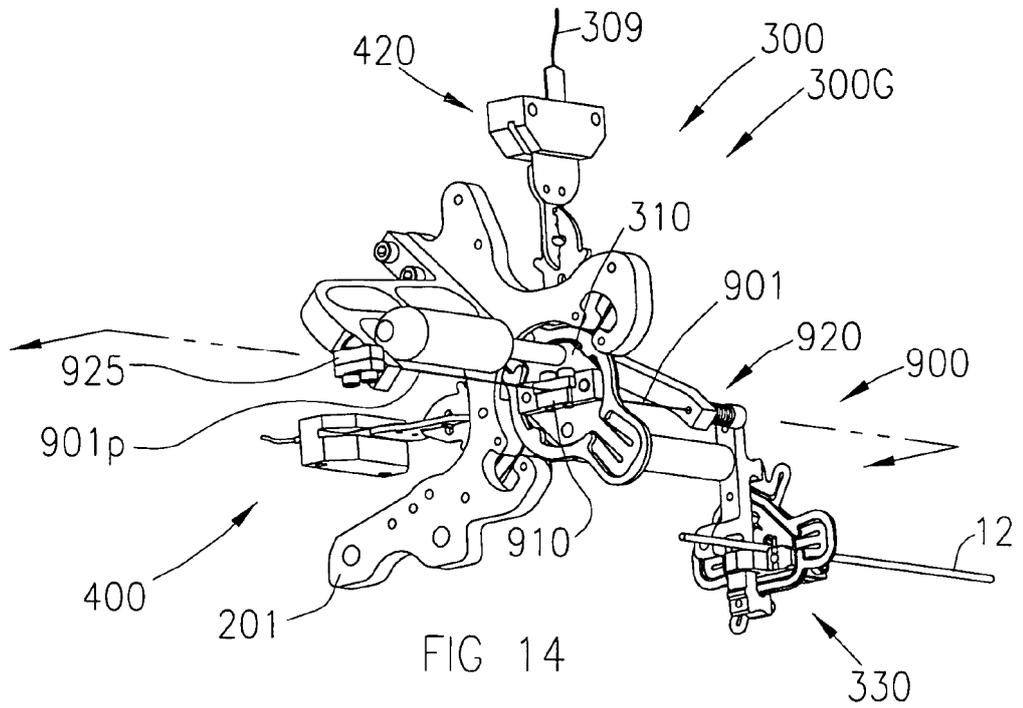


FIG. 13



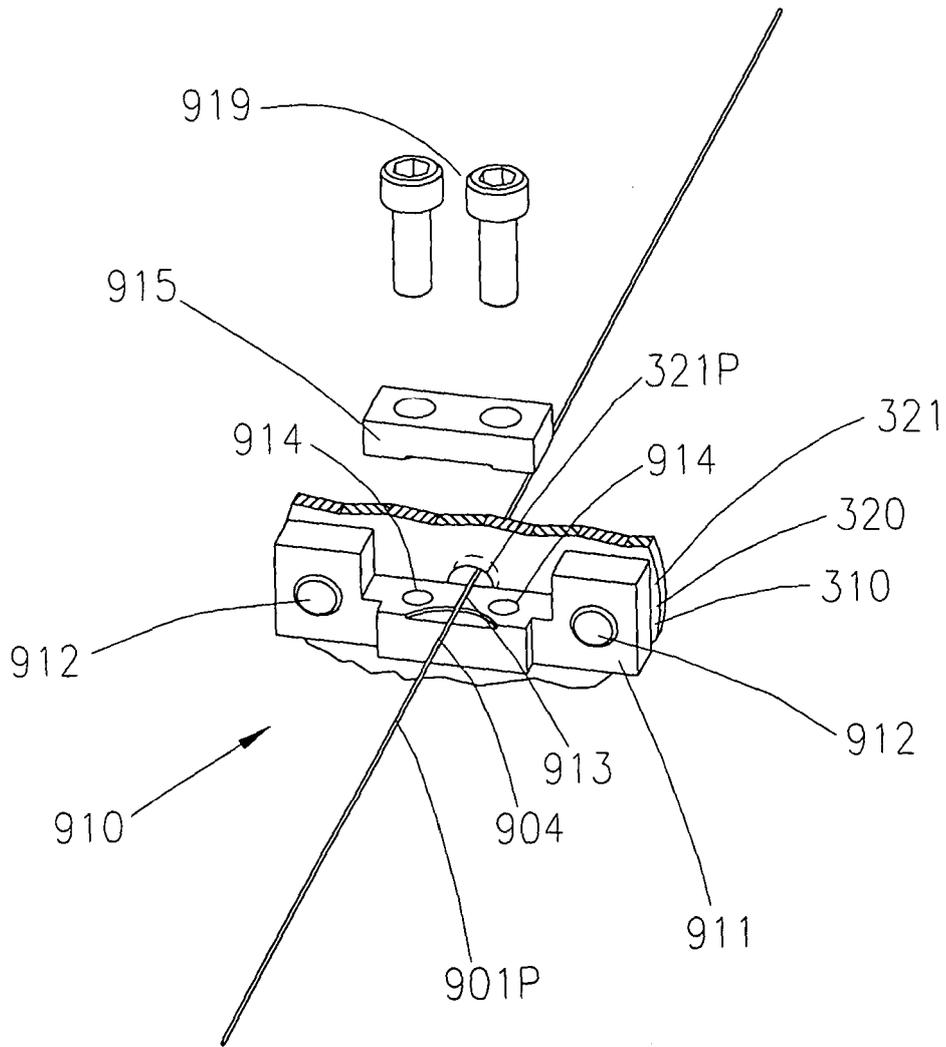


FIG 16

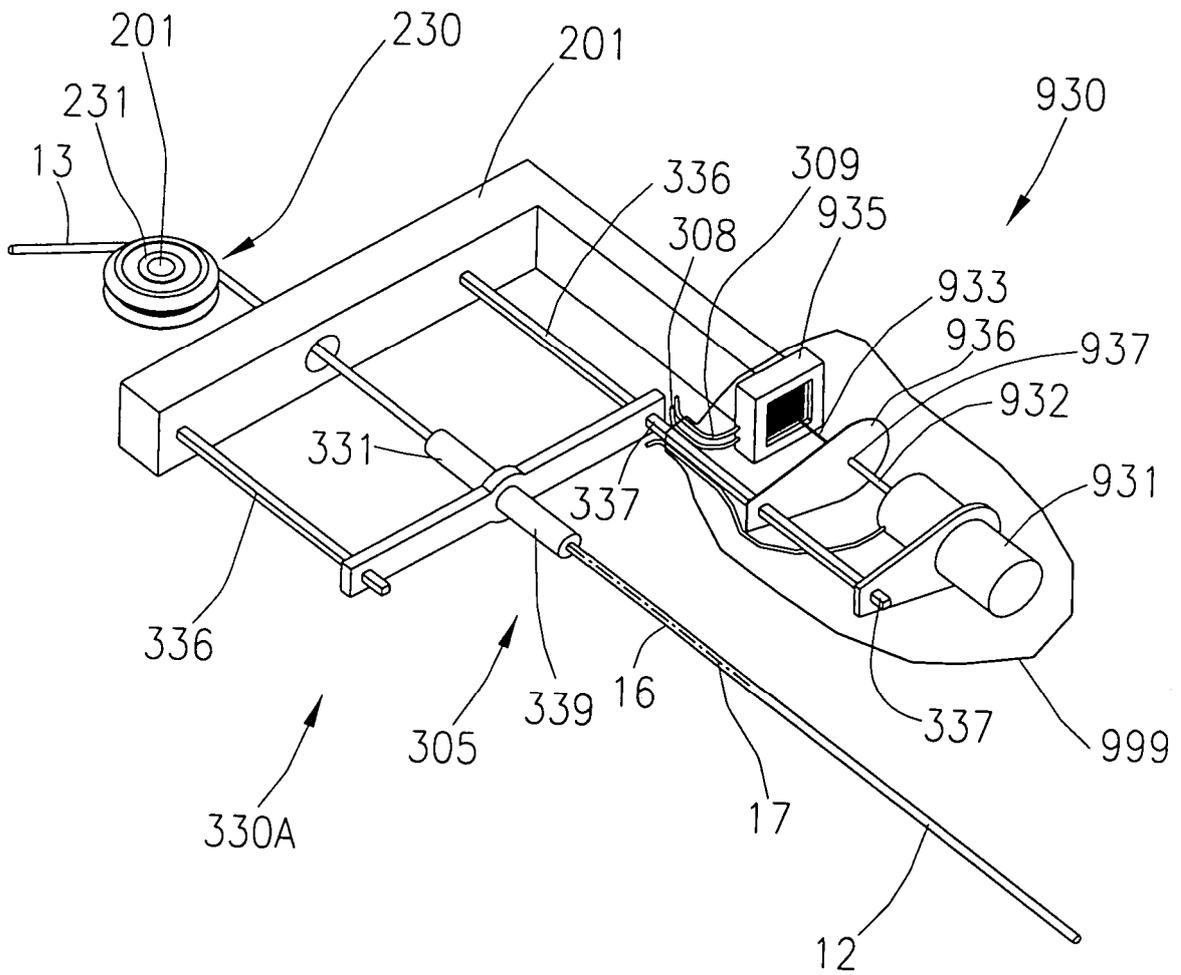


FIG 18

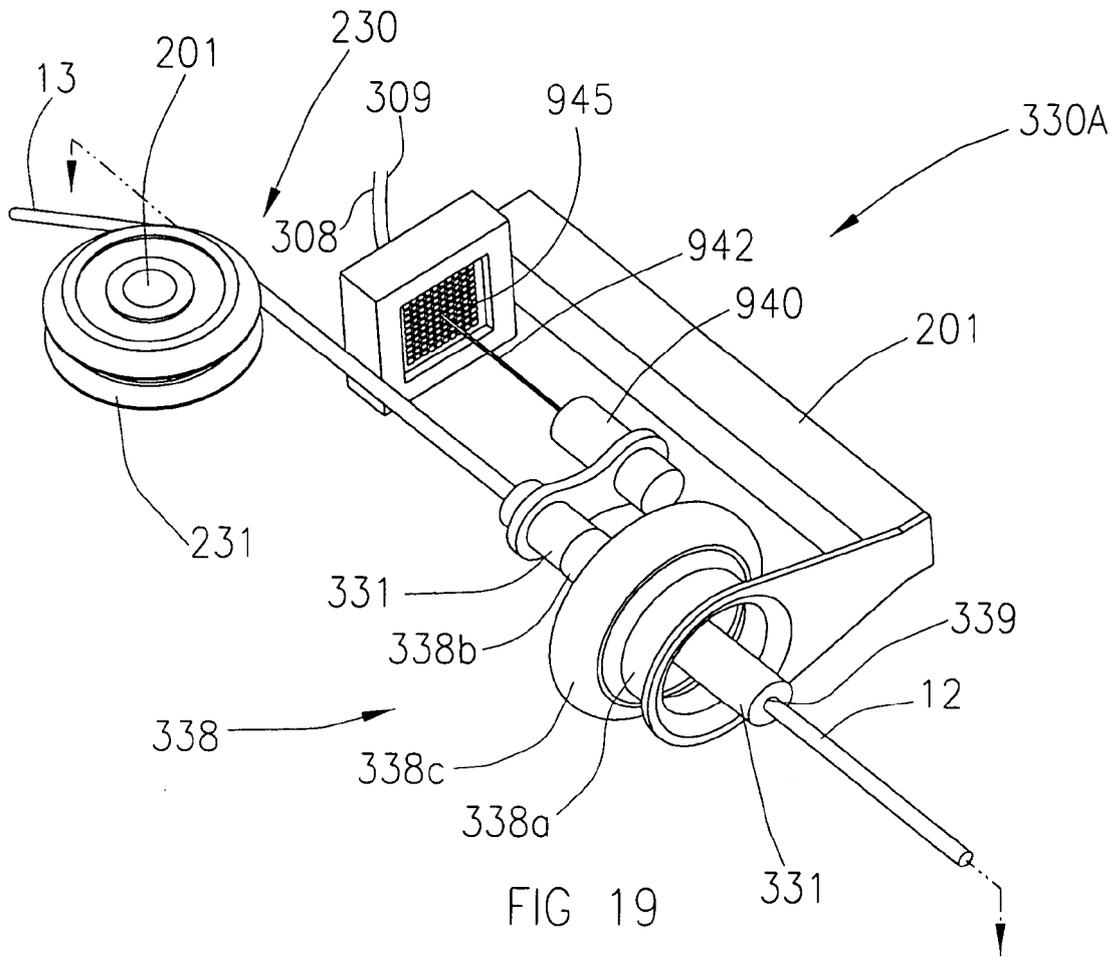


FIG 19

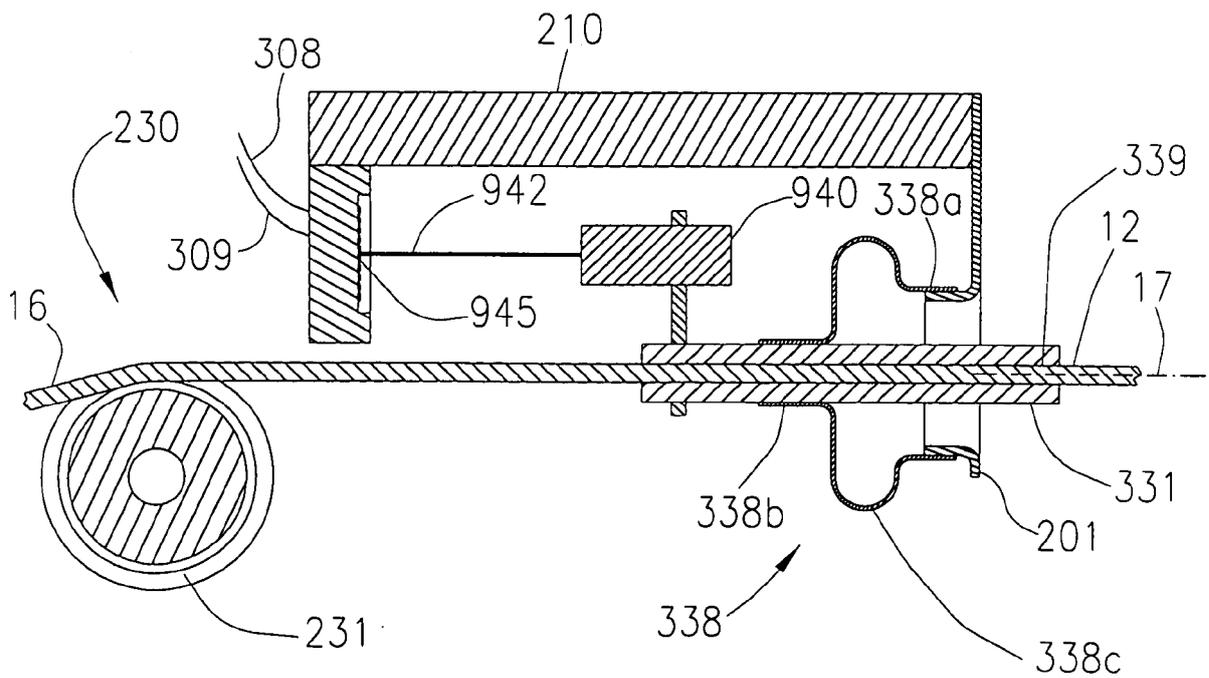


FIG 20

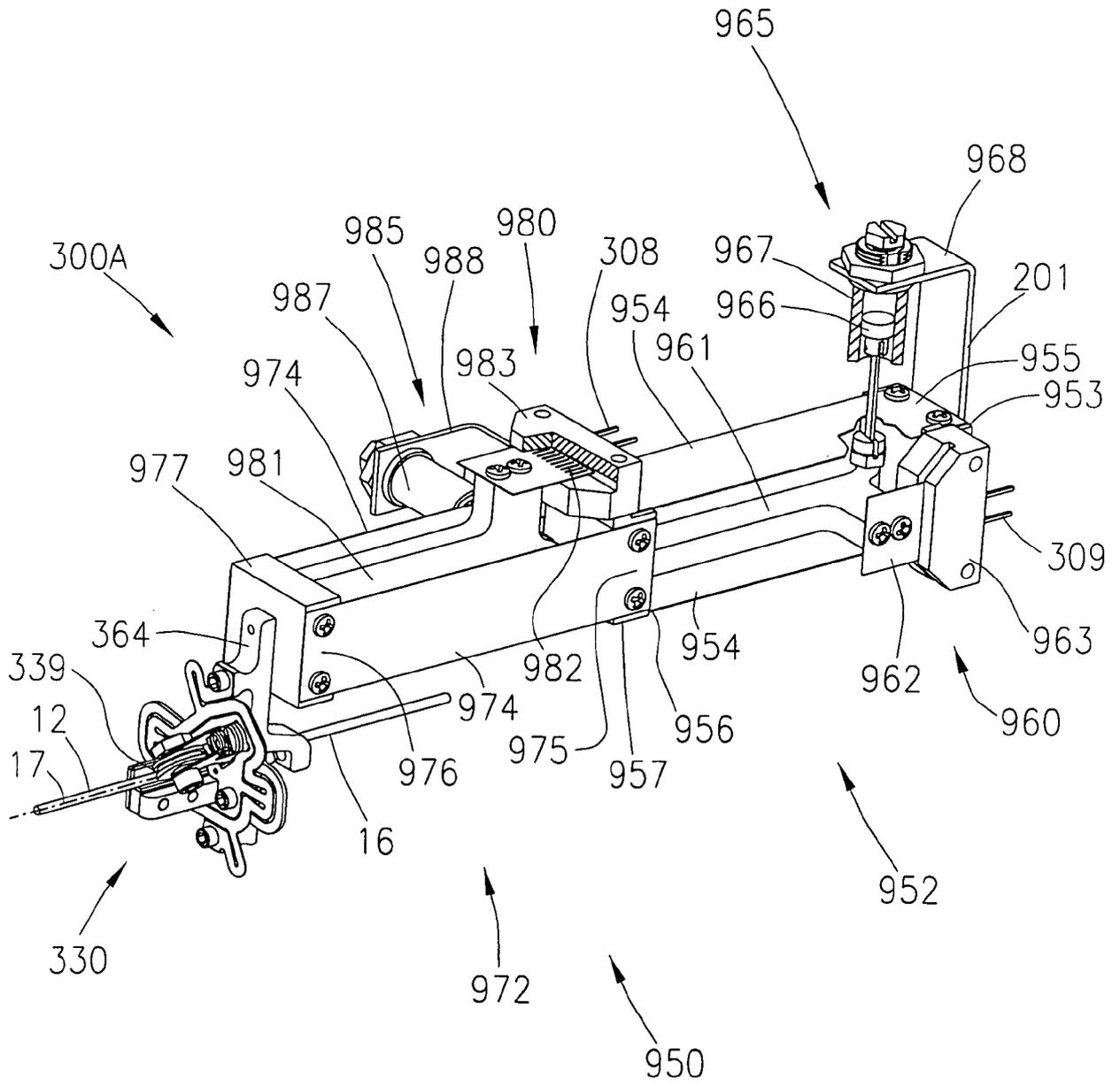


FIG 21

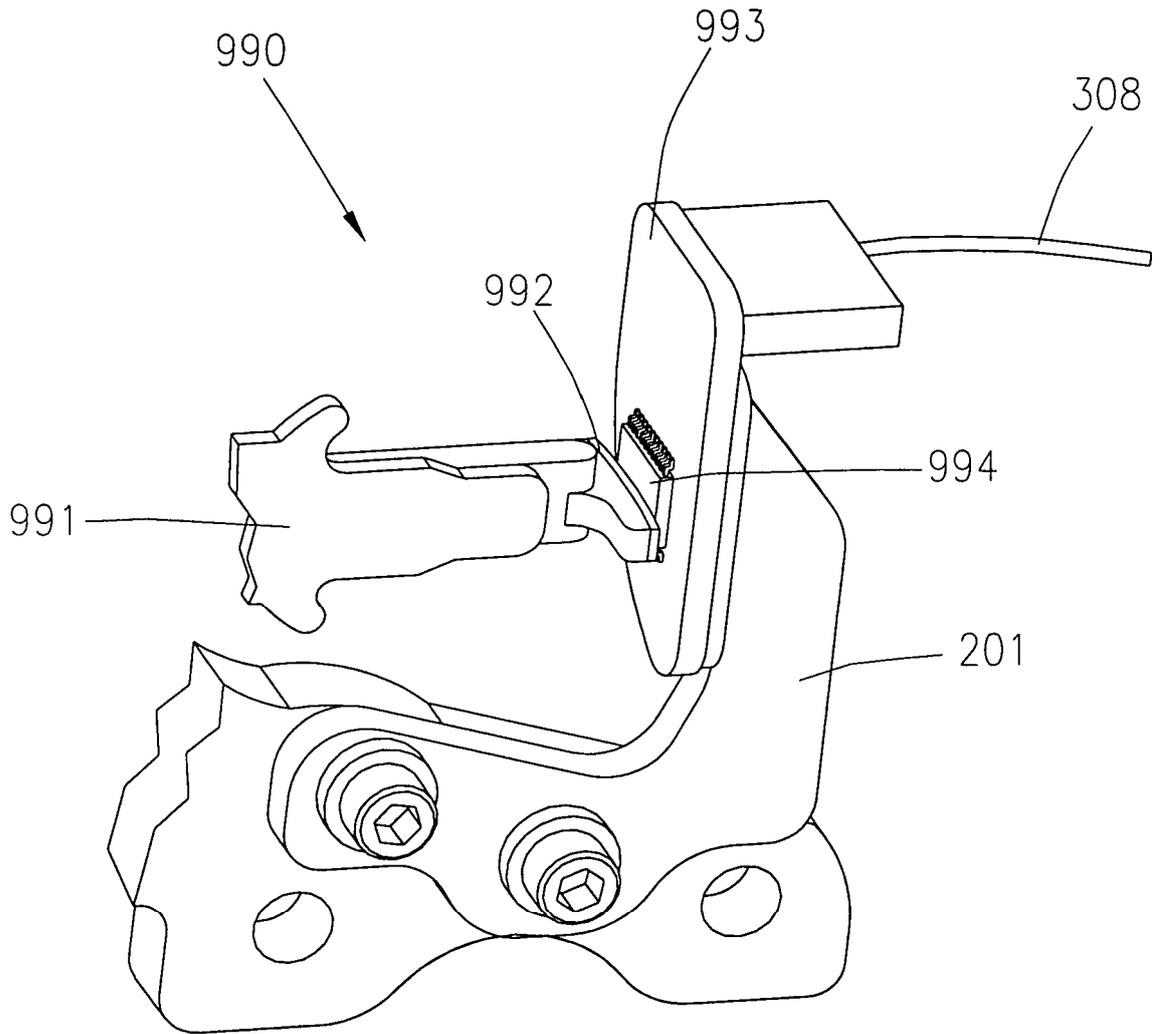


FIG 22

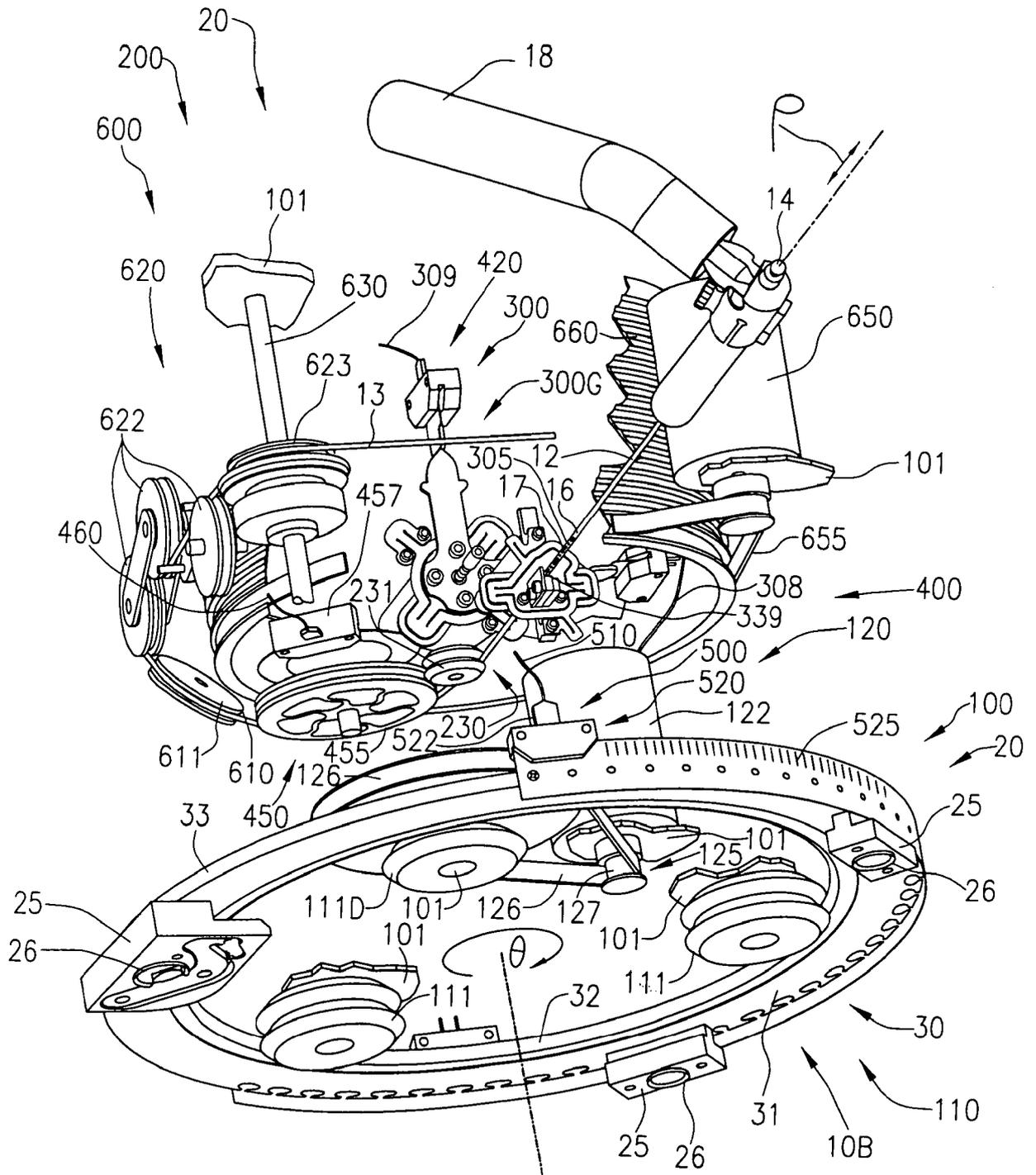


FIG. 23

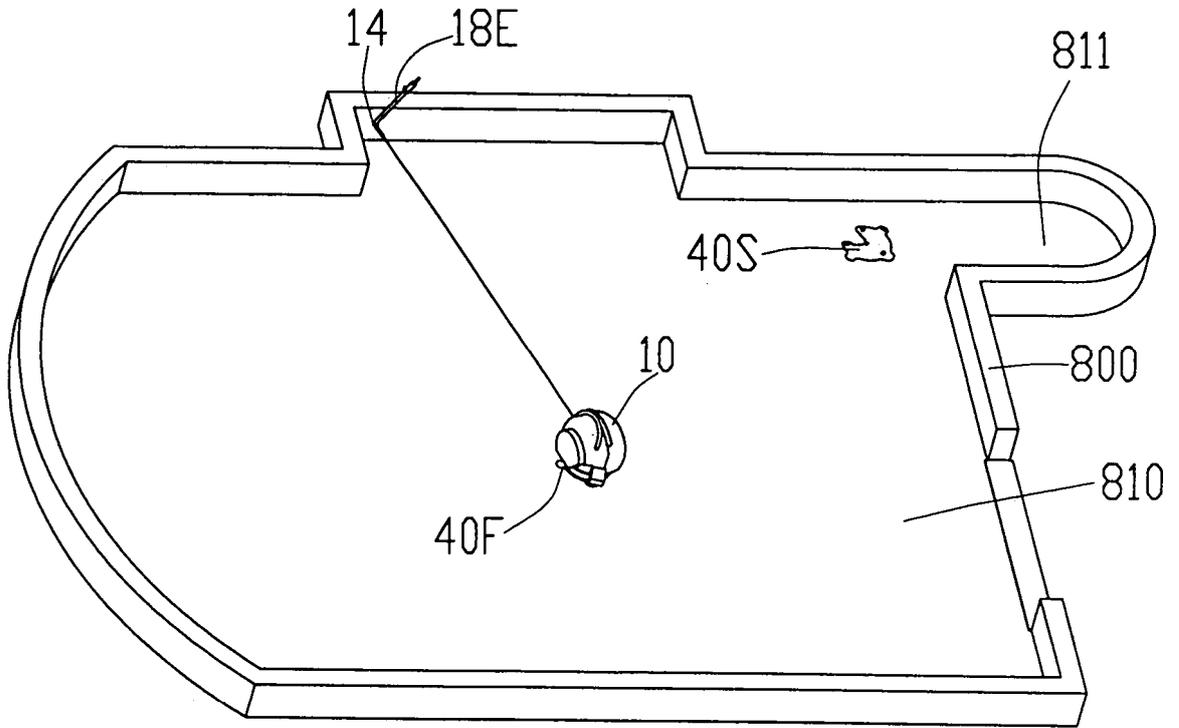


FIG 25

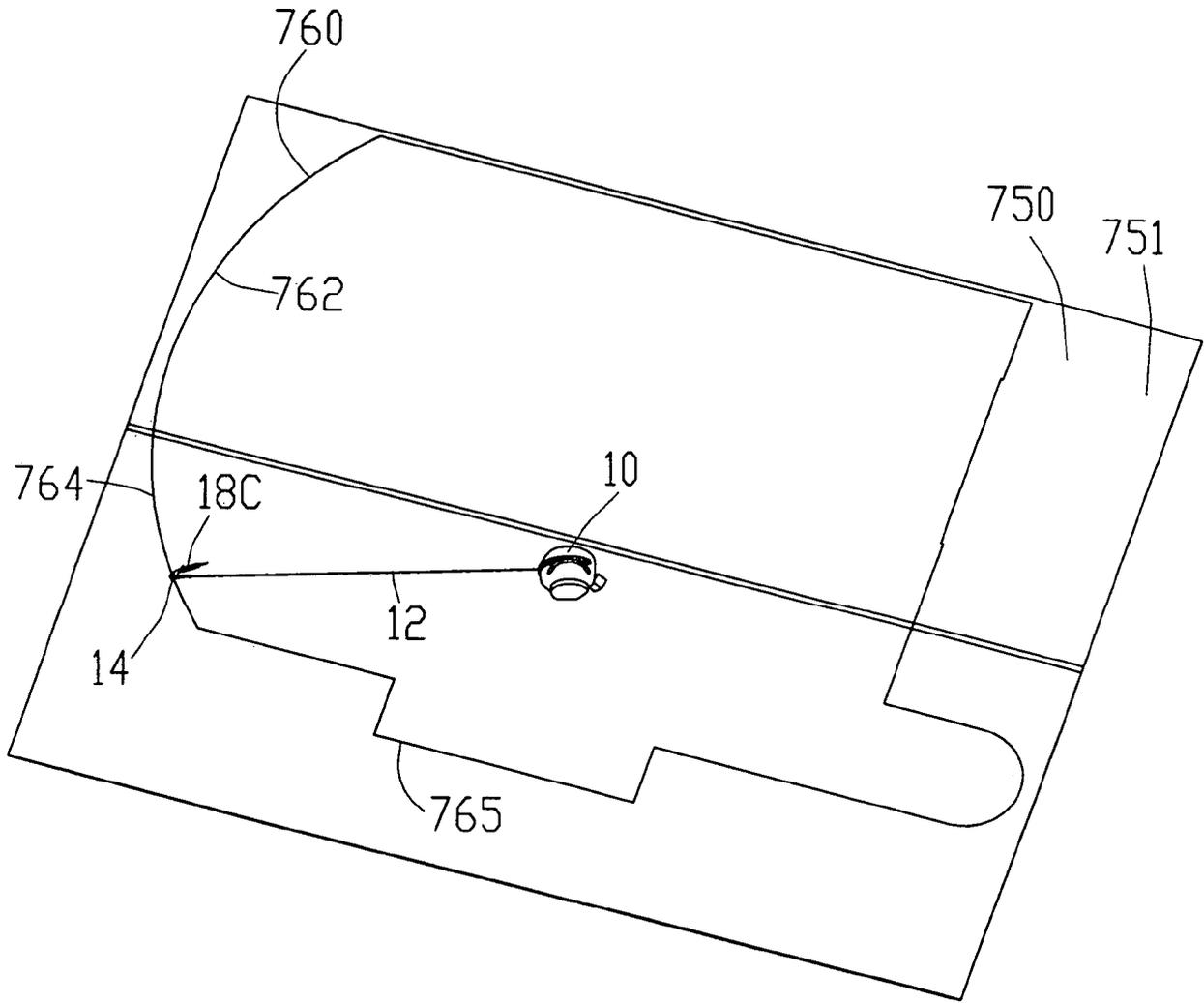


FIG 26

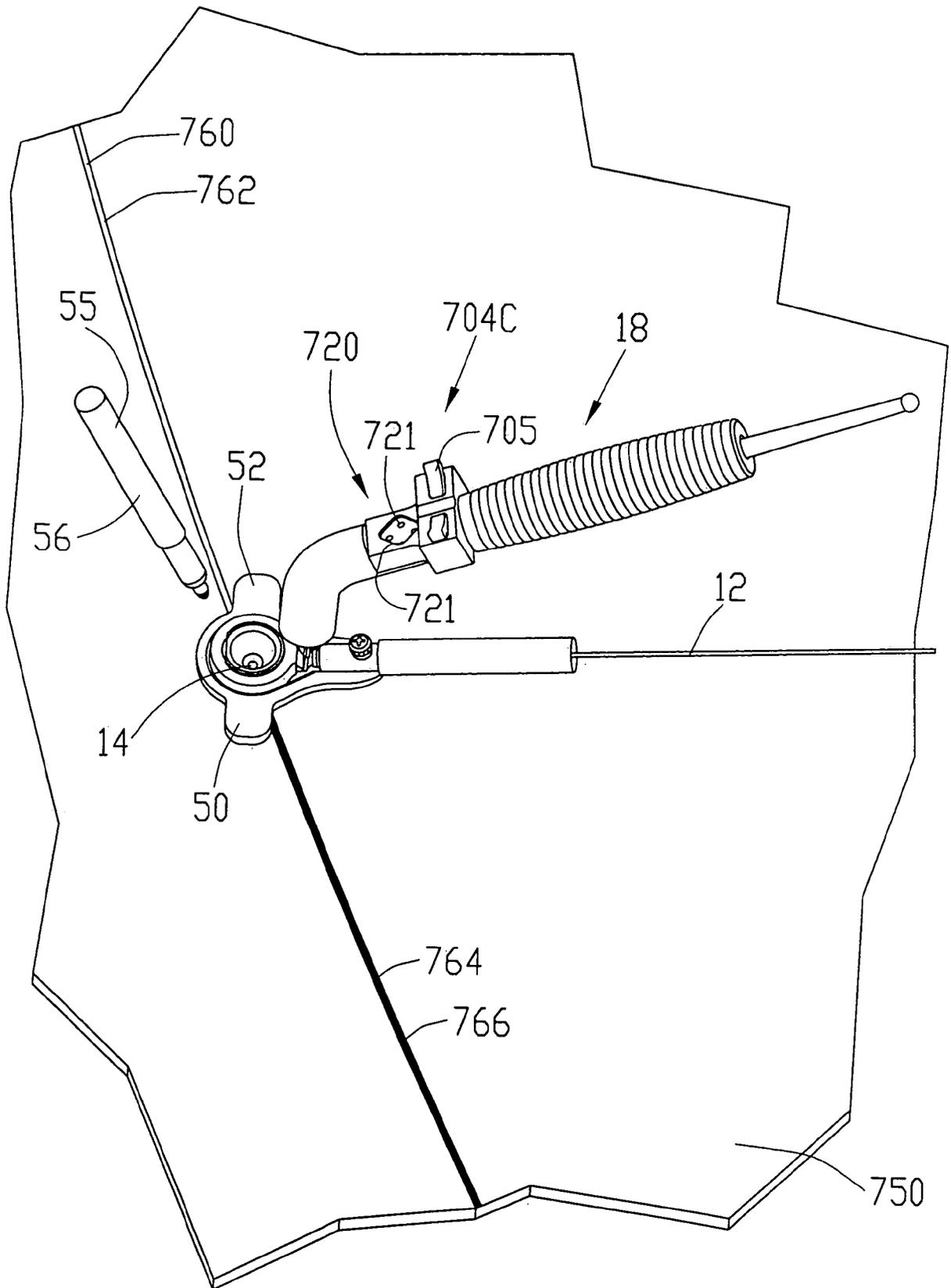


FIG 27

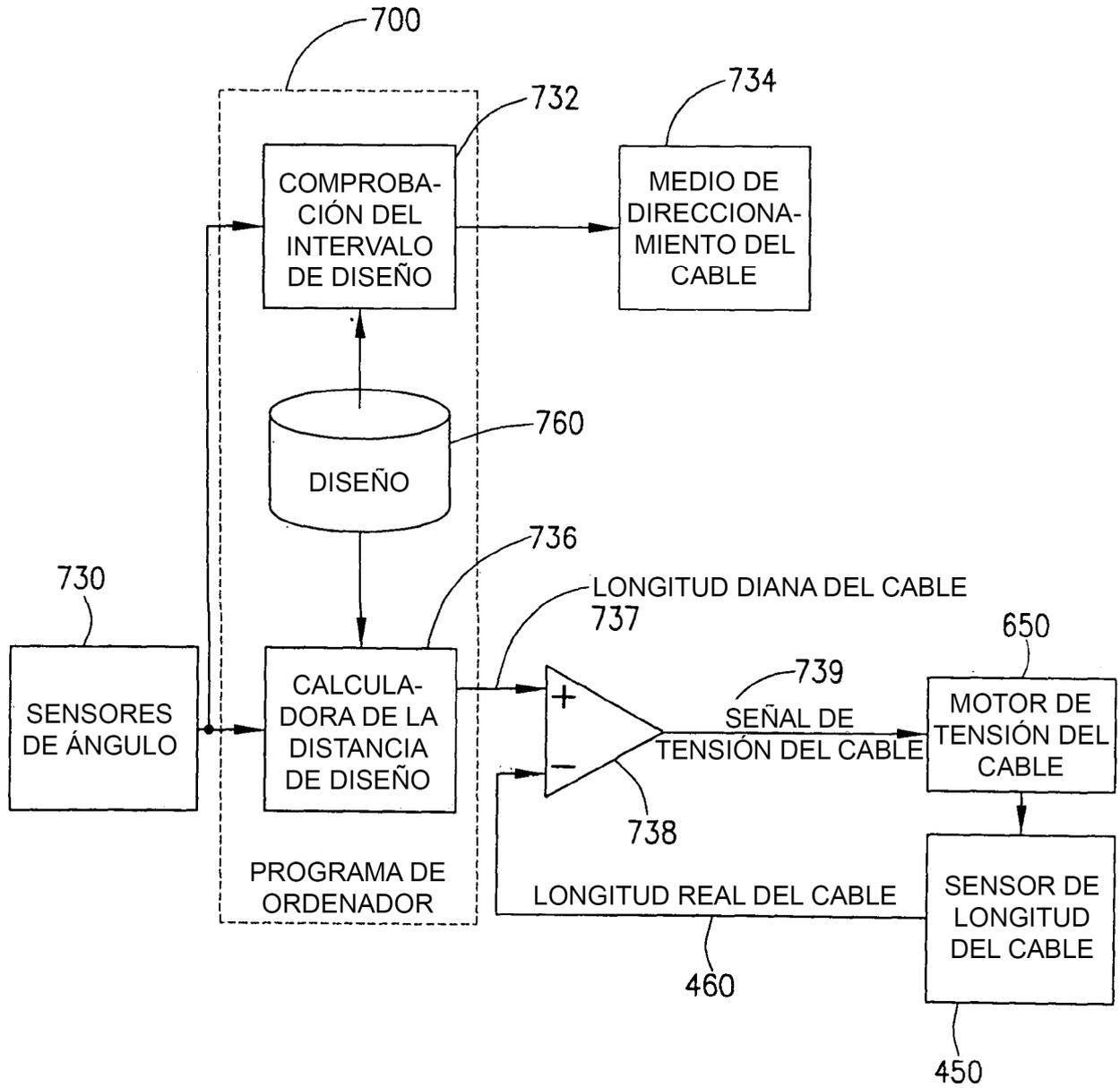


FIG 28