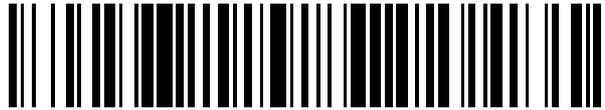


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 484 095**

51 Int. Cl.:

**B25J 17/02** (2006.01)

**B25J 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2010 E 10734765 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.04.2014 EP 2578367**

54 Título: **Dispositivo de posicionamiento controlado por cables**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.08.2014**

73 Titular/es:

**FUNDACIÓN TECNALIA RESEARCH &  
INNOVATION (100.0%)  
Parque Tecnológico de San Sebastián Mikeletigi  
Pasalekua, 2  
20009 San Sebastián (Gipuzkoa), ES**

72 Inventor/es:

**COLLADO JIMÉNEZ, VALENTÍN;  
GUSTAVSSON, LARS y  
CULLA IRASTORZA, DAVID**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 484 095 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 controlado por cables

### 5 **Campo técnico de la invención**

La presente invención se encuadra en el campo técnico de los dispositivos robotizados que permiten el posicionamiento de actuadores, manipuladores, útiles, herramientas, etc. para actividades de producción, manipulación, modificación, inspección, etc. sobre una superficie de trabajo o el medio que la rodea.

10

### **Antecedentes de la invención**

Es conocida la necesidad actual de automatizar procesos con el objeto de reducir costes y aumentar la producción así como la eficiencia de cada proceso. Los robots actuales, tanto aquellos basados en cinemática paralela como en cinemática serie, están formados por una serie de estructuras y actuadores mecánicos con unas dimensiones fijas, lo que limita el alcance de su espacio de trabajo al máximo que sus articulaciones y estructuras puedan alcanzar. Los espacios de trabajo mayores requieren estructuras mayores, más pesadas, menos dinámicas y que conllevan un sobredimensionamiento de actuadores, lo que finalmente encarece y dificulta la automatización de piezas de grandes dimensiones.

15

20

Para resolver esos inconvenientes, se han ideado sistemas que permiten aumentar, de manera económica, el alcance de los robots mediante la sustitución de parte de la estructura de los robots por cables y utilizando una superficie de soporte. El espacio de trabajo disponible pasa a ser tan grande como la longitud del cable permita. Además, al reducir el tamaño estructural de un robot, se reduce su peso y se obtiene una máquina con mayor capacidad dinámica. Técnicamente, los cables presentan el inconveniente de trabajar únicamente a tracción, por lo que controlar los grados de libertad de un mecanismo ante cualquier excitación externa o interna no resulta tan evidente. Un actuador mecánico tradicional puede trabajar a tracción y a compresión, mientras que el cable sólo puede hacer lo primero. Para controlar completamente  $n$  grados de libertad hacen falta al menos  $n+1$  cables dispuestos de una manera específica y adecuada en cada aplicación. Por lo tanto, el hecho de que los cables no trabajen a compresión implica que el espacio de trabajo resultante ya no es tan evidente, requiere un estudio más detallado y no siempre es posible alcanzar una determinada posición y orientación del elemento controlado por los cables. De manera general, el conjunto de puntos válidos en una cinemática de cables dependerá del número de cables y de su disposición geométrica. Se entiende por puntos válidos aquellos que permitan controlar todos los grados de libertad del mecanismo sin que los cables entren a trabajar a compresión. Además, los cables presentan problemas de interferencias entre ellos y el medio circundante, por lo que es necesario verificar dichas interferencias y comprobarlas a lo largo del espacio de trabajo.

25

30

35

Los documentos US-4932210, WO95/23053 y CN-101602209 describen robots suspendidos por cables con dispositivos de posicionamiento de cables, que resultan complejos tanto en cuanto a su estructura como en cuanto al guiado de los cables, que resulta susceptible de interferencia entre los cables y con el espacio de trabajo. Además requieren un número elevado de motores y una estructura de soporte asociada de gran tamaño. Por otra parte, los documentos JP-3600905 y JP-2030476 describen robots desplazables por cables para trabajar en superficies que presentan limitaciones en cuanto al control de los grados de libertad ante excitaciones externas para los puntos delimitados dentro del espacio de trabajo, debido a que todos los documentos de patente hacen referencia a un número de cables insuficiente y todos los cables están contenidos en un mismo plano. Para intentar mitigar esta inestabilidad, en el documento CN-101554892 se propone un ventilador que se utiliza para mantener una plataforma móvil posicionada sobre la superficie. Sin embargo, la estabilidad que proporciona el efecto de tal ventilador no es tan eficaz como sería deseable en aplicaciones más demandantes desde el punto de vista de vibraciones y esfuerzos (taladrado, pulido, corte, pintado, etc.) y, asimismo, la existencia del ventilador supone la presencia de un elemento adicional a controlar. El documento JP-62117653 divulga un pedestal de trabajo que puede desplazarse mediante cables en una superficie de pared. El pedestal se empuja contra la pared mediante los cables, pero solo tiene dos grados de libertad durante el desplazamiento.

40

45

50

A la vista de lo anterior, era deseable desarrollar un sistema de posicionamiento que superara los inconvenientes de los sistemas del estado de la técnica.

55

### **Descripción de la invención**

La presente invención tiene por objeto superar los inconvenientes del estado de la técnica más arriba detallados, mediante un dispositivo de posicionamiento controlado por cables que comprende cuatro cables conectados por sus respectivos primeros extremos en respectivos mecanismos de amarre de una plataforma y por sus respectivos segundos extremos en sendos mecanismos de recogida y liberación de cable (que pueden estar dispuestos por parejas diagonalmente opuestas) y accionados por sendos motores para desplazar la plataforma con respecto a una superficie de trabajo mediante la liberación y recogida controlada de los cables, que se caracteriza por que la plataforma presenta una base de soporte provista de medios de deslizamiento sobre la superficie de trabajo (por ejemplo, mediante elementos de rodadura o elementos de deslizamiento sin contacto mediante la creación de

60

65

campos magnéticos);

al menos uno de los cables se extiende oblicuamente entre un primer plano paralelo, en el que está dispuesto el mecanismo de recogida y liberación de cable, a la superficie de trabajo y un segundo plano paralelo a la superficie de trabajo en el que se encuentra el mecanismo de amarre de tal forma que la fuerza de tracción ejercida en los citados cables por los mecanismos de liberación y recogida de cable presenta una resultante, con una componente perpendicular a la superficie de trabajo que empuja la base de soporte de la plataforma contra la superficie de trabajo y una componente paralela a la superficie de trabajo que produce el deslizamiento de la base de soporte sobre la superficie de trabajo.

De acuerdo con la invención, cada mecanismo de amarre está ubicado a una distancia de la base de soporte provista de elementos de rodadura de la plataforma, de manera que cada cable se extiende oblicuamente con respecto a la superficie de trabajo entre el mecanismo de amarre y el mecanismo de recogida y liberación de cable a los que está conectado. Además, cada mecanismo de amarre es giratorio perpendicular y paralelamente con respecto a la base de soporte y puede ser una junta de tipo cardan. Los mecanismos de amarre comprenden una primera pareja de mecanismos de amarre dispuestos en una primera fila y conectados a sendos cables de una primera pareja de cables, y una segunda pareja de mecanismos de amarre dispuestos en una segunda fila y conectados a sendos cables de una segunda pareja de cables, de manera que cada cable conectado a un mecanismo de amarre de dicha primera fila se cruza con un cable conectado a un mecanismo de amarre de dicha segunda fila, de forma que la tracción de los cables por los respectivos mecanismos de recogida y liberación de cable fuerza la base de soporte de la plataforma contra la superficie de trabajo.

La presente invención es útil como plataforma robotizada de cinemática paralela controlada mediante cables y a través del soporte sobre la superficie de trabajo. La plataforma se desplaza manteniendo su equilibrio en todo momento sobre dicha superficie de soporte variando las longitudes y las tensiones de los cables. Al poder variarse la longitud de cada uno de los cuatro cables, estos se enrollan o liberan según corresponda. Una vez alcanzada, la plataforma puede prepararse para realizar cualquier tipo de operación sobre la superficie. Para ello, puede ser necesario aumentar la tensión de los cables a fin de aumentar la componente resultante contra la superficie de trabajo y aumentar la rigidez del mecanismo.

La plataforma dispone de espacio suficiente en su interior como para montar un actuador o manipulador adicional sobre ella (no presente en los dibujos que acompañan la presente memoria descriptiva) que se encarga de realizar cualquier tipo de actividad de producción, manipulación, modificación, inspección, etc. sobre la superficie de trabajo o el medio que la rodee. El control de tal actuador o brazo robótico adicional puede realizarse mediante un cable umbilical o incluso utilizando los propios cables de desplazamiento de la plataforma. Por lo tanto, la presente invención posibilita la realización de operaciones automatizadas sobre una determinada superficie de trabajo o el medio circundante de la misma abarcando un espacio de trabajo de dimensiones muy superiores a las habituales a un coste muy reducido y con una alta capacidad dinámica.

Preferentemente, los mecanismos de amarre de la primera fila de dicha base de soporte están localizados perpendicularmente a una distancia mayor que los mecanismos de amarre de la segunda fila.

En una realización de la invención, la plataforma comprende una base inferior que comprende la base de soporte y una base superior en la que están dispuestos los mecanismos de amarre; y medios de conexión para unir la base inferior con la base superior. De acuerdo con esta realización, la plataforma superior puede presentar un contorno mayor que la plataforma inferior.

De acuerdo con la invención, cada mecanismo de recogida y liberación de cable puede comprender un dispositivo orientador, un dispositivo de husillo y un dispositivo de almacenamiento de cable. En este caso, el dispositivo de almacenamiento de cable comprende un tambor para enrollar y desenrollar el cable girando en un eje de tambor, y el dispositivo de husillo comprende un carro que se desplaza linealmente en un eje de husillo guiando el cable para que avance a una distancia correspondiente al ancho de una espira del tambor cuando el cable se va enrollando o desenrollando en el tambor. A su vez, el dispositivo orientador orienta el cable hacia el dispositivo de husillo y comprende una pareja de rodillos de entrada entre los que se desplaza el cable hacia la plataforma. Los rodillos de entrada están montados en un brazo giratorio que gira en función de la posición del cable. El dispositivo orientador, el dispositivo de husillo y el dispositivo de almacenamiento de cable pueden estar montados en una base de soporte común.

En una realización del mecanismo de recogida y liberación de cable, el eje de tambor y el eje del husillo son paralelos y el tambor está conectado al motor, por ejemplo a través de una reductora. El eje del tambor y el eje del husillo están provistos de sendos engranajes dispuestos de manera que el eje del tambor confiere movimiento de rotación al husillo, mientras que el dispositivo orientador comprende una polea mayor que gira en un eje perpendicular al eje del husillo y dirige el cable hacia el dispositivo de husillo en paralelo al eje del husillo. Esta polea mayor puede estar dispuesta en un brazo lateral que conecta el carro con el cuerpo deslizante. A su vez, el dispositivo de husillo comprende una guía lineal auxiliar paralela al eje de husillo, y el carro comprende un cuerpo deslizante que se desliza sobre la guía lineal auxiliar cuando el carro avanza en el eje de husillo, y una polea desviadora que direcciona el cable perpendicularmente hacia el eje del tambor.

5 El brazo giratorio y la polea mayor pueden estar montados en respectivos ejes de giro pasivo de un mecanismo de giro pasivo que permite el giro del brazo giratorio y de la polea mayor en un eje coaxial con el eje del husillo. El mecanismo de giro pasivo puede estar conectado a un codificador rotatorio que determina el giro del brazo giratorio y de la polea mayor en dicho eje coaxial. Asimismo, el brazo giratorio del dispositivo orientador puede estar conectado a un eje de giro que transmite sus movimientos de giro a otro codificador rotatorio.

Los mecanismos de liberación y recogida de cable pueden estar montados en una estructura auxiliar que rodea al menos parte de la superficie de trabajo.

10 De lo anteriormente expuesto se desprende que el dispositivo de posicionamiento controlado por cables de acuerdo con la invención aporta una estabilidad mayor que la de los dispositivos del estado de la técnica y una capacidad de resistir excitaciones externas (sobre todo en dirección perpendicular a la superficie de trabajo) controlada en todo momento mediante la tensión de cable y, por lo tanto, mayor capacidad y estabilidad a la hora de realizar todo tipo de operaciones que la que proporciona un chorro de ventilación. Además, la presente invención tiene la capacidad de realizar diversidad de operaciones mecánicas mucho más demandantes desde el punto de vista de vibraciones y esfuerzos (taladrado, pulido, corte, pintado, etc.) mientras la plataforma móvil se mantiene quieta gracias únicamente a la tensión de los cables y a su disposición. Asimismo, la presente invención maximiza el espacio de trabajo disponible entre los elementos de recogida y liberación de cable, y plantea una reducción tanto en el número de motores como en la estructura de soporte asociada cuando se trate de realizar trabajos en superficies de trabajo o en medios cercanos a la superficie de trabajo, reduciendo significativamente su coste y la complejidad de control al reducir el número de actuadores. Además, las estructuras espaciales de cables no interfieren sobre la superficie de trabajo ni en el espacio de trabajo. Por último, la simplicidad de la presente invención con respecto al estado de la técnica permite una modularidad y una portabilidad mayor ya que no necesita necesariamente una estructura de soporte para los accionamientos.

25 Los codificadores rotatorios de los mecanismos de seguimiento pasivo de cables aportan información redundante sobre la orientación de cada uno de los cables y, por lo tanto, la posición de la plataforma.

### 30 Breve descripción de los dibujos

A continuación se describen aspectos y realizaciones de la invención sobre la base de unos dibujos esquemáticos, en los que

- 35 La figura 1 muestra el conjunto de la invención.
- La figura 2 muestra los grados de libertad de la invención.
- Las figuras 3 y la 4 muestran el conjunto de la invención en otras posibles orientaciones.
- La figura 5 muestra una realización de un mecanismo de recogida y liberación de cable de acuerdo con la invención.
- La figura 6 muestra el dispositivo orientador inicial del cable correspondiente al mecanismo de la figura 5.
- 40 La figura 7 muestra el dispositivo de husillo correspondiente al mecanismo de la figura 5.
- La figura 8 muestra el dispositivo de tambor correspondiente al mecanismo de la figura 5.
- La figura 9 es una vista en perspectiva superior de una realización de una plataforma de acuerdo con la presente invención.
- La figura 10 es una vista en perspectiva inferior de la plataforma ilustrada en la figura 9.
- 45 La figura 11 muestra una realización de la cinemática de cables con los puntos de unión de cables a diferentes distancias de la superficie de trabajo.
- Las 12 y 13 muestran los ángulos medidos por los codificadores rotatorios situados en el orientador.
- La figura 14 muestra la componente de fuerza que mantiene la plataforma pegada contra la pared.
- La figura 15 muestra las variaciones posibles en la altura de los puntos de unión de cable para evitar colisiones.

50 En estas figuras aparecen unas referencias numéricas que identifican los siguientes elementos:

- 1 plataforma de posicionamiento
- 2 superficie de trabajo
- 55 3 conjunto de cables
- 4 mecanismo de recogida y liberación de cable
- 5 estructura auxiliar
- 6 medios de deslizamiento
- 7 orientador
- 60 8 dispositivo de husillo
- 9 dispositivo de almacenamiento de cable
- 10 servomotor
- 11 engranaje del dispositivo de husillo
- 12 engranaje del dispositivo de almacenamiento de cable
- 65 13 base de soporte
- 14 poleas de entrada

	15	brazo
	16	eje de giro
	17	primer codificador rotatorio
	18	polea mayor
5	19	mecanismo de giro pasivo
	20	ejes de giro pasivo
	21	soportes
	22	segundo codificador rotatorio
	23	soportes de husillo
10	24	eje del husillo
	25	carro
	25a	brazo lateral
	25b	cuerpo deslizante
	26	medios de deslizamiento-guía lineal auxiliar
15	27	polea
	28	tambor
	29	cabo
	30	soporte delantero
	31	eje de tambor
20	32	reductora
	33	soporte
	34	base superior
	35	base inferior
	36	junta de tipo cardan
25	37	columnas de unión
	r	longitud de cable liberado
	r, $\theta$ , $\varphi$	coordenadas esféricas

### Realizaciones de la invención

30 En la realización de la invención mostrada en las figuras, la plataforma de posicionamiento -1- cuyos grados de libertad se encuentran completamente controlados. La plataforma -1- se encuentra permanentemente apoyada sobre una superficie fija -2-, denominada superficie de trabajo, y se controla a través de un conjunto de cables -3-. El primer extremo de cada cable de dicho conjunto -3- se encuentra unido a un mecanismo de recogida y liberación de cable -4- que controla la longitud y tensión del cable -3- correspondiente y que permanece fijo sobre una estructura auxiliar -5- si bien puede estar inmovilizado alternativa o complementariamente en la misma superficie de trabajo -2- o en una estructura de sustento de la superficie de trabajo -2-. El otro extremo de cada cable -3- se amarra a la plataforma de posicionamiento -1- para tirar de ella. La disposición de los cables -3- mantiene a la plataforma -1-, independientemente de la orientación de la superficie de trabajo -2-, apoyada contra la superficie de trabajo -2- y en equilibrio ante cualquier excitación externa o interna. El control de la longitud de cada cable -3- a través del accionamiento del mecanismo de recogida y liberación de cable -4- permite desplazar la plataforma -1- por toda la superficie de trabajo -2- de manera controlada y posicionarla con precisión. El control de la plataforma -1- es total. El conjunto de los cables -3- y la superficie de trabajo -2- restringen tres grados de libertad de la plataforma: dos giros y un desplazamiento, y permiten controlar el giro sobre el eje perpendicular a la superficie así como dos desplazamientos (Figura 2). Esto se consigue gracias a la disposición de los cables -3-, que es tal que siempre genera una componente perpendicular contra la superficie. Ello permite que la plataforma -1- pueda trabajar sobre superficies de trabajo -2- inclinadas (Figura 4) y hasta boca abajo (Figura 3).

50 Como puede verse en las figuras 5 a 8, el mecanismo de recogida y liberación de cable -4- está montado sobre una base -13- y se compone básicamente de un dispositivo orientador -7- para la entrada del cable -3-, un dispositivo de husillo -8- que garantiza el enrollamiento ordenado del cable, un dispositivo de almacenamiento -9- para el almacenamiento del cable -3- y un servomotor -10-. El dispositivo de husillo -8- y el dispositivo de almacenamiento -9- están provistos de respectivos engranajes -11-, -12- que se encargan de transmitir el movimiento de giro del tambor -28- accionado por un servomotor -10-, en movimiento de avance del husillo -24- para que este último guíe de manera ordenada el cable a la ranura correspondiente del tambor -28-.

60 El dispositivo orientador (Figura 6) comprende dos poleas de entrada -14- entre las que se desplaza el cable -3- y cuya función es seguir de manera pasiva el cable -3-. Cada cable -3- variará su longitud en función de la posición de la plataforma -1- que se ordene, lo que hace que cada cable -3- del dispositivo de cables se oriente de manera correspondiente, como si se tratara de un vector en coordenadas esféricas, r,  $\Theta$  y  $\varphi$ .

65 Las poleas de entrada -14- transmiten el movimiento del cable -3- respectivo a través de un brazo -15- al eje -16- que gira en la coordenada  $\varphi$ . Este giro se recoge mediante el primer codificador rotatorio -17- y corresponde a la coordenada  $\varphi$  (Figura 13). Seguidamente, el cable -3- se reconduce a través de una polea mayor -18- que lo redirecciona hacia el dispositivo de husillo -8-. La polea mayor -18- está conectada a un mecanismo de giro pasivo -19- que también sigue el cable -3-, obteniendo el ángulo  $\Theta$ . El mecanismo de giro pasivo -19- comprende dos ejes -

20- apoyados en sendos soportes -21-, y su giro (Figura 12) se recoge mediante el segundo codificador rotatorio -22-. La coordenada  $r$  se medirá con el codificador rotatorio del motor. En realidad, únicamente es necesario conocer la longitud de cable liberado,  $r$ . Las coordenadas angulares mencionadas se utilizarán como medidas redundantes y para la calibración inicial del mecanismo.

5 Después de atravesar el dispositivo orientador -7-, el cable -3- se reconduce al dispositivo de husillo -8- (Figura 7) que comprende dos soportes -23-enfrentados en los que están montados un husillo -24- y una guía lineal auxiliar -26-. El eje del husillo -24- recibe parte del par motor a través del engranaje (11) que, de acuerdo con lo anteriormente indicado, engrana con el engranaje -12- del dispositivo de almacenamiento -9-. En el husillo -24- está  
10 montado un carro -25- que se desplaza longitudinalmente al girar el husillo -24- y que está conectado a la guía lineal auxiliar -26- mediante un brazo lateral -25a- conectado a un cuerpo deslizante -25b- que corre longitudinalmente en la guía lineal auxiliar -26-. En el brazo lateral -25a- del carro -25- está provista una polea desviadora -27- que orienta de manera tangente el cable -3- entrante longitudinalmente en el dispositivo de husillo -8- desde el dispositivo orientador -7- hacia el tambor -28- del dispositivo de almacenamiento -9- del cable -3-. La relación entre los  
15 engranajes -11, 12- se diseña de tal forma que el paso del husillo -28- es tal que el carro -25- avanza arrastrando consigo la polea desviadora -27-, de tal forma que por cada vuelta del tambor -28- del dispositivo de almacenamiento -9-, la polea desviadora -27- avanza una distancia correspondiente al ancho de una espira del tambor -28-. De esta manera, se asegura que el cable -3- se recoja de manera ordenada y sin apilarse sobre sí mismo.

20 En el dispositivo de almacenamiento -9- (Figura 8), el extremo del eje del tambor -28- al que está conectado el engranaje -12- se apoya en un primer soporte -30-. El extremo opuesto del eje del tambor -28- está conectado a un servomotor -10- a través de una reductora -32- que forman un conjunto que se apoya en el soporte -33-. El extremo del cable -3- está amarrado al cabo -29-, de manera que con el giro del tambor -28-, en un sentido u otro, el cable -3- orientado por la polea desviadora -27- del dispositivo de husillo -8- se va enrollando o desenrollando en las espiras del tambor -28-.

30 La plataforma -1- mostrada en las figuras 9 y 10 comprende una base inferior -35- formada por una serie de perfiles estructurales de aluminio provista en las zonas de sus esquinas de elementos de rodadura -6-, como, por ejemplo, en forma de bolas, que permiten a la plataforma -1- rodar libremente sobre la superficie de trabajo -2-, y una base superior -34- en la que están dispuestas cuatro juntas de tipo cardan -36-, a cada una de las que está amarrado respectivamente el extremo de uno de los cables -3- cuyo extremo opuesto está amarrado al cabo -29- del dispositivo de tambor -9- del mecanismo de recogida de cable -4- correspondiente. La base superior -34- y la base inferior -35- están unidas entre sí mediante columnas de unión -37-.

35 La función de las juntas de tipo cardan -36- es permitir que los cables -3- puedan girar tanto en el plano de la base superior -34- como en el plano perpendicular a la base superior -34-, de manera que permiten que los respectivos cables tiren de la plataforma -1- a la vez que dejan que la plataforma -1- se oriente libremente. Asimismo, las juntas de tipo cardan evitan desgastes que podrían producirse con otro tipo de unión.

40 Puede observarse que el dispositivo de posicionamiento anteriormente descrito permite que la plataforma -1-

- cubra teóricamente todo el área delimitada por el polígono que resulta de unir los puntos de entrada del cable -14- en los mecanismos de recogida de cables -4- (Figura 11 ), salvo que existan colisiones entre sólidos o cables o que se alcance una determinada tensión de cable máxima;
- resista, en cada punto válido del espacio de trabajo, cualquier tipo de fuerza externa o interna sin que los cables -3- se destensen, salvo que se alcance una determinada tensión de cable máxima;
- alcance todos los puntos de la superficie y se oriente con una orientación constante  $\alpha = 0$  (véase la Figura 2), salvo que existan colisiones entre sólidos o cables o que se alcance una determinada tensión de cable máxima, y dé a la plataforma una orientación distinta a  $\alpha = 0$  dentro de ciertos límites.

55 Esto se consigue gracias a la disposición de los puntos de amarre de los cables a los mecanismos de recogida y liberación de cable -4-, al diseño de la plataforma -1- y al número redundante de cables -3-. Al ser los puntos de amarre simétricos dos a dos y colocados a distancias diferentes de la superficie de trabajo, se consigue que los cables -3- siempre tengan una orientación oblicua con respecto a la superficie de trabajo, por lo que se genera una componente de fuerza  $F$  sobre la plataforma -1- que la mantiene constantemente contra la superficie de trabajo (Figura 11 y Figura 14). Por otra parte, el número redundante de cables -3- tiene como resultado que para las diferentes posiciones de la plataforma siempre exista un cable -3-sobrante que puede utilizarse para tensar el resto de cables -3- e impedir que entren a trabajar en compresión ante cualquier excitación externa. En caso de que fuera necesario para determinadas aplicaciones, las coordenadas de los puntos de unión de cables tanto al mecanismo de recogida y liberación de cable -4- como a la plataforma -1-, pueden revisarse y modificarse para evitar colisiones entre cables o minimizar tensiones (Figura 15).

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de posicionamiento controlado por cables (3) que comprende cuatro cables conectados por sus respectivos primeros extremos en respectivos mecanismos de amarre (36) de una plataforma (1) y por sus respectivos segundos extremos en sendos mecanismos de recogida y liberación de cable (4) y accionados por sendos motores (10) para desplazar la plataforma (1) con respecto a una superficie de trabajo (2) mediante la liberación y recogida controlada de los cables (3), **caracterizado por que** la plataforma (1) tiene una base de soporte (35) provista de medios de deslizamiento (6) sobre la superficie de trabajo (2);
- al menos uno de los cables (3) se extiende oblicuamente entre un primer plano paralelo a la superficie de trabajo (2), en el que está dispuesto el mecanismo de recogida y liberación de cable (4), y un segundo plano paralelo a la superficie de trabajo (2) en el que se encuentra el mecanismo de amarre (36), de tal forma que la fuerza de tracción ejercida en los citados cables (3) por los mecanismos de liberación y recogida de cable (4) tiene una resultante, con una componente perpendicular a la superficie de trabajo (2) que empuja la base de soporte (35) de la plataforma (1) contra la superficie de trabajo (2) y una componente paralela a la superficie de trabajo (2) que provoca el deslizamiento de la base de soporte (35) sobre la superficie de trabajo (2);
- caracterizado por que** cada mecanismo de amarre (36) se ubica a una distancia tal de la base de soporte (35) que cada cable (3) se extiende oblicuamente con respecto a la superficie de trabajo (2) entre el mecanismo de amarre (36) y el mecanismo de recogida y liberación de cable (4) al que está conectado;
- los mecanismos de amarre (36) comprenden una primera pareja de mecanismos de amarre (36) dispuestos en una primera fila y conectados a sendos cables (3) de una primera pareja de cables, y una segunda pareja de mecanismos de amarre (36) dispuestos de una segunda fila y conectados a sendos cables (3) de una segunda pareja de cables; cada cable (3) conectado a un mecanismo de amarre (36) de dicha primera fila se cruza con un cable (3) conectado a un mecanismo de amarre (36) de dicha segunda fila, de manera que la tracción de los cables (3) por parte de los respectivos mecanismos de recogida y liberación de cable (4) fuerza la base de soporte (35) de la plataforma (1) contra la superficie de trabajo (2).
2. Dispositivo de posicionamiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** los mecanismos de amarre (36) de la primera fila de dicha base de soporte están localizados perpendicularmente a una distancia mayor que los mecanismos de amarre (36) de la segunda fila.
3. Dispositivo de posicionamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado por que** la plataforma (1) comprende una base inferior (35) que comprende la base de soporte y una base superior (34) en la que están dispuestos los mecanismos de amarre (36); y medios de conexión (37) para unir la base inferior (35) con la base superior (34).
4. Dispositivo de posicionamiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** la plataforma superior (34) presenta un contorno mayor que la plataforma inferior (35).
5. Dispositivo de posicionamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el mecanismo de amarre (36) de cada cable (3) es una junta de tipo cardan.
6. Dispositivo de posicionamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** cada mecanismo de recogida y liberación de cable (4) comprende un dispositivo orientador (7), un dispositivo de husillo (8) y un dispositivo de almacenamiento de cable (9), y **por que** el dispositivo de almacenamiento de cable (9) comprende un tambor (28) para enrollar y desenrollar el cable (3) girando en un eje de tambor (31);
- el dispositivo de husillo (8) comprende un carro (25) que se desplaza linealmente a lo largo de un eje de husillo (24) guiando el cable (3) para que avance a una distancia correspondiente al ancho de una espira del tambor (28) cuando el cable (3) va enrollándose o desenrollándose gradualmente en el tambor (28);
- el dispositivo orientador (7) orienta el cable (3) hacia el dispositivo de husillo (8) y comprende una pareja de rodillos de entrada (14) entre los que se desplaza el cable (3) hacia la plataforma (1), estando montados los rodillos de entrada en un brazo giratorio (15) que gira coplanariamente a la superficie de trabajo (2) en función de la posición del cable (3).
7. Dispositivo de posicionamiento de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado por que** el eje de tambor (31) y el eje del husillo (24) son paralelos;
- el tambor (28) está conectado al motor (10);
- el eje (31) del tambor (28) y el eje del husillo (24) están provistos de sendos engranajes (11, 12) dispuestos de manera que el eje (31) del tambor (28) confiere movimiento de rotación al husillo (24);
- el dispositivo orientador (7) comprende una polea mayor (18) que gira en un eje perpendicular al eje del husillo (24) y dirige el cable (3) hacia el dispositivo de husillo (8) en paralelo al eje del husillo (24);
- el dispositivo de husillo (8) comprende una guía lineal auxiliar (26) paralela al eje del husillo (24),
- el carro (25) comprende un cuerpo deslizante (25b) que se desliza sobre la guía lineal auxiliar (26) cuando el carro (25) avanza en el eje del husillo, y una polea desviadora (27) que direcciona el cable (3) perpendicularmente hacia el eje (31) del tambor (28).

8. Dispositivo de posicionamiento de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** la polea mayor (18) está dispuesta en un brazo lateral (25a) que conecta el carro (25) con el cuerpo deslizante (25b).
- 5 9. Dispositivo de posicionamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizado por que** el brazo giratorio (15) del dispositivo orientador (7) está conectado a un eje de giro (16) que transmite sus movimientos de giro a un codificador rotatorio (17).
- 10 10. Dispositivo de posicionamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, **caracterizado por que** el brazo giratorio (15) y la polea mayor (18) están montados en respectivos ejes de giro pasivo (20) de un mecanismo de giro pasivo (19) que permiten el giro del brazo giratorio (15) y de la polea mayor (18) en un eje coaxial con el eje del husillo (24).
- 15 11. Dispositivo de posicionamiento de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado por que** el mecanismo de giro pasivo (19) está conectado a un codificador rotatorio (22) que determina el giro del brazo giratorio (15) y de la polea mayor (18) en dicho eje coaxial.
- 20 12. Dispositivo de posicionamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 11, **caracterizado por que** el tambor (28) está conectado al motor (10) a través de una reductora (32).
- 25 13. Dispositivo de posicionamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 12, **caracterizado por que** el dispositivo orientador (7), el dispositivo de husillo (8) y el dispositivo de almacenamiento de cable (9) están montados en una base de soporte (13) común.
14. Dispositivo de posicionamiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los mecanismos de liberación y recogida de cable (4) están montados en una estructura auxiliar (5) que rodea al menos parte de la superficie de trabajo (2).

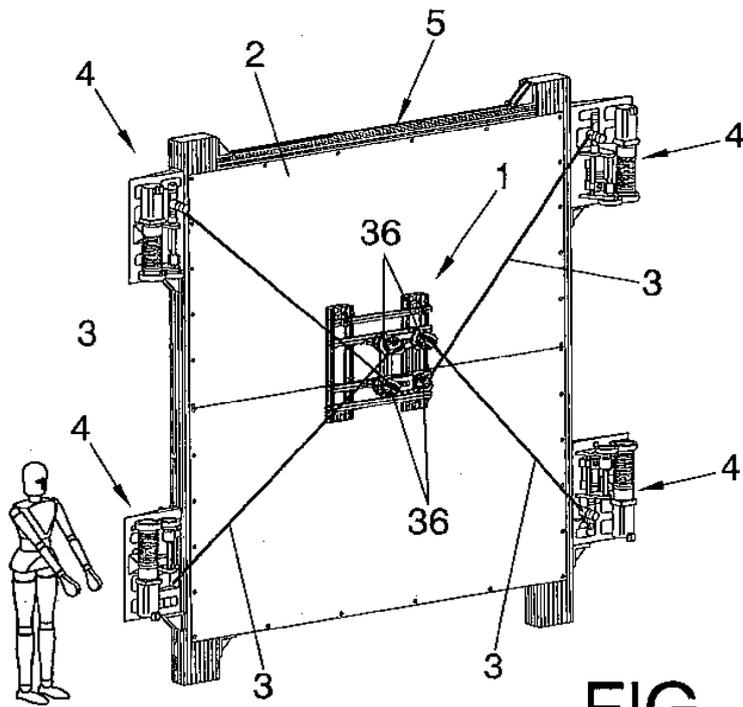


FIG. 1

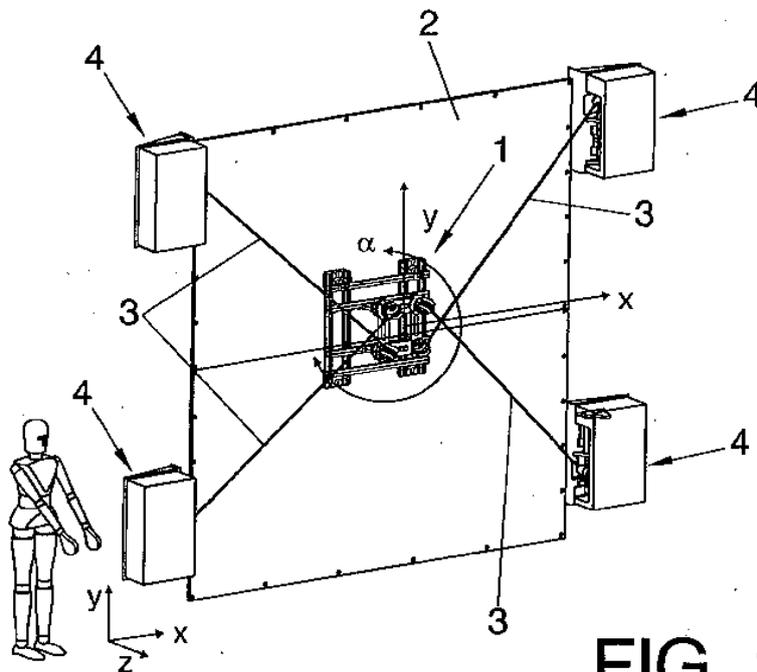
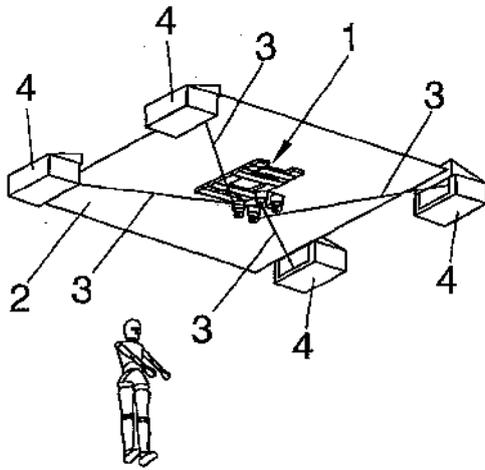
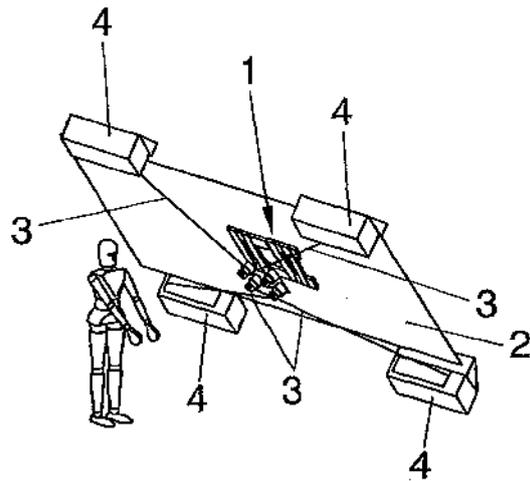


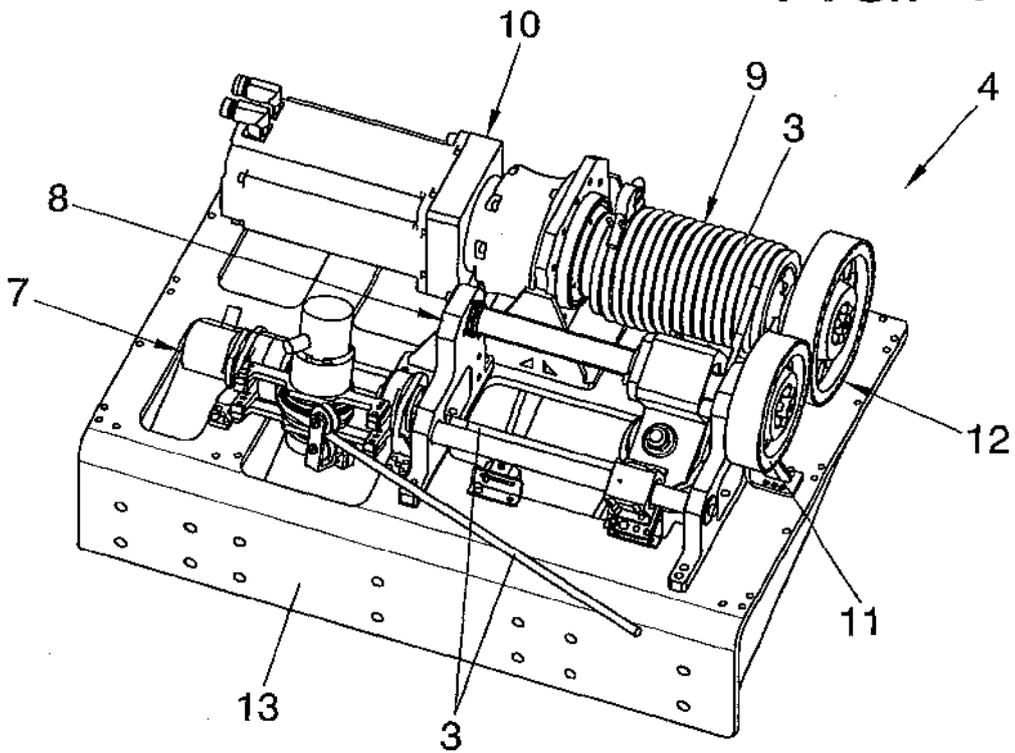
FIG. 2



**FIG. 3**



**FIG. 4**



**FIG. 5**

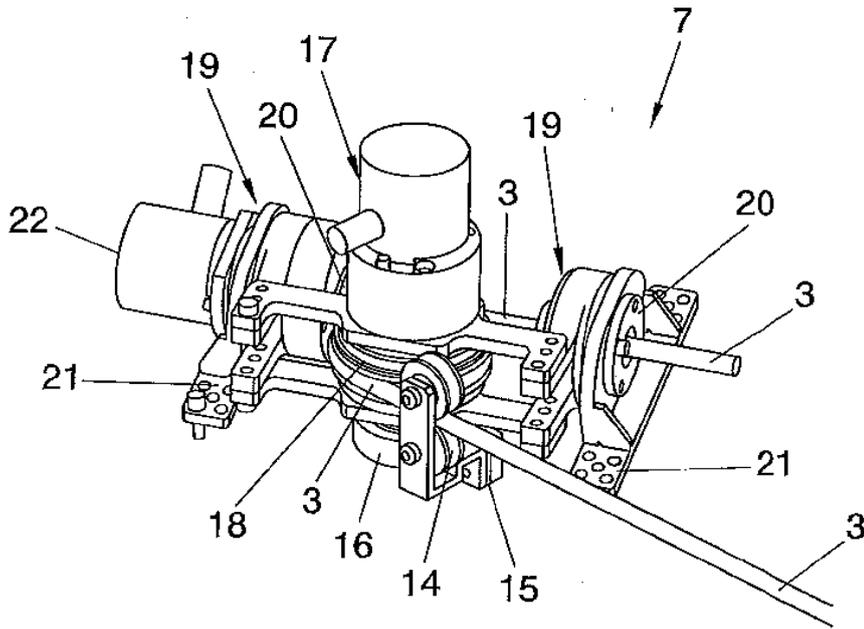


FIG. 6

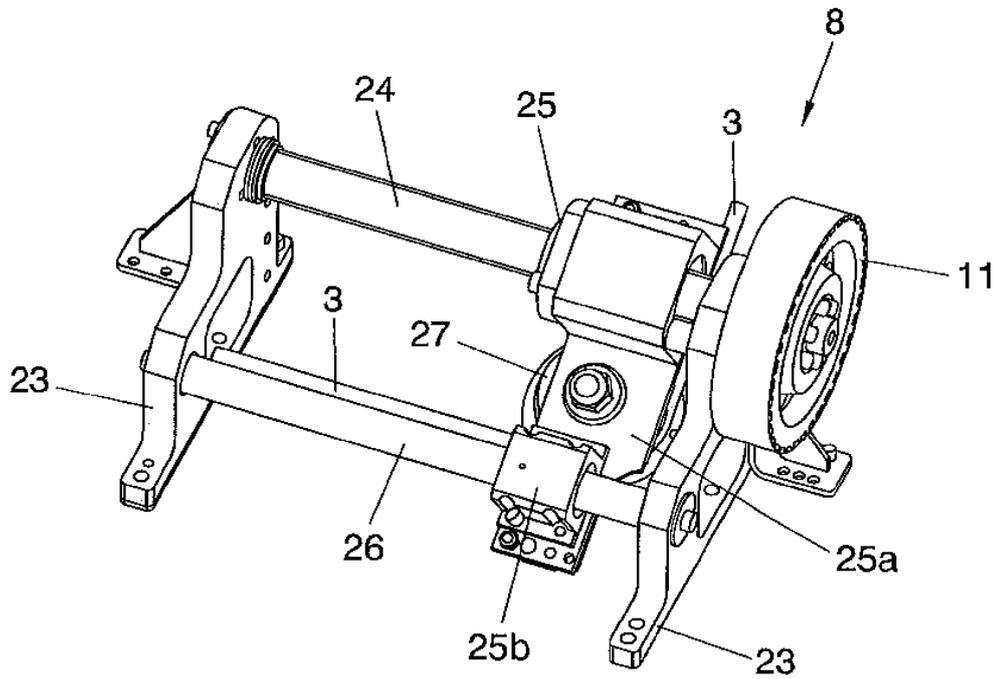


FIG. 7

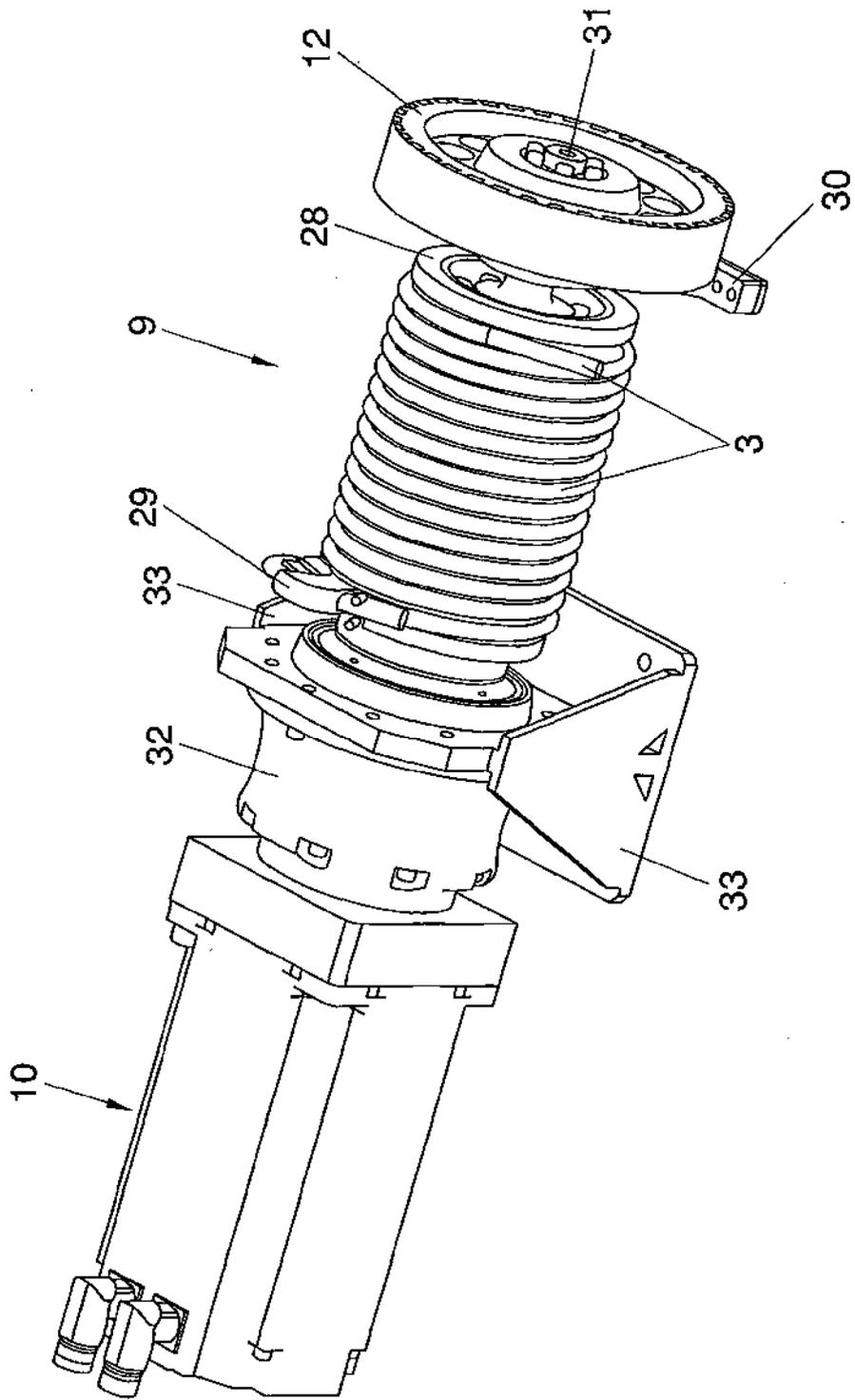


FIG. 8

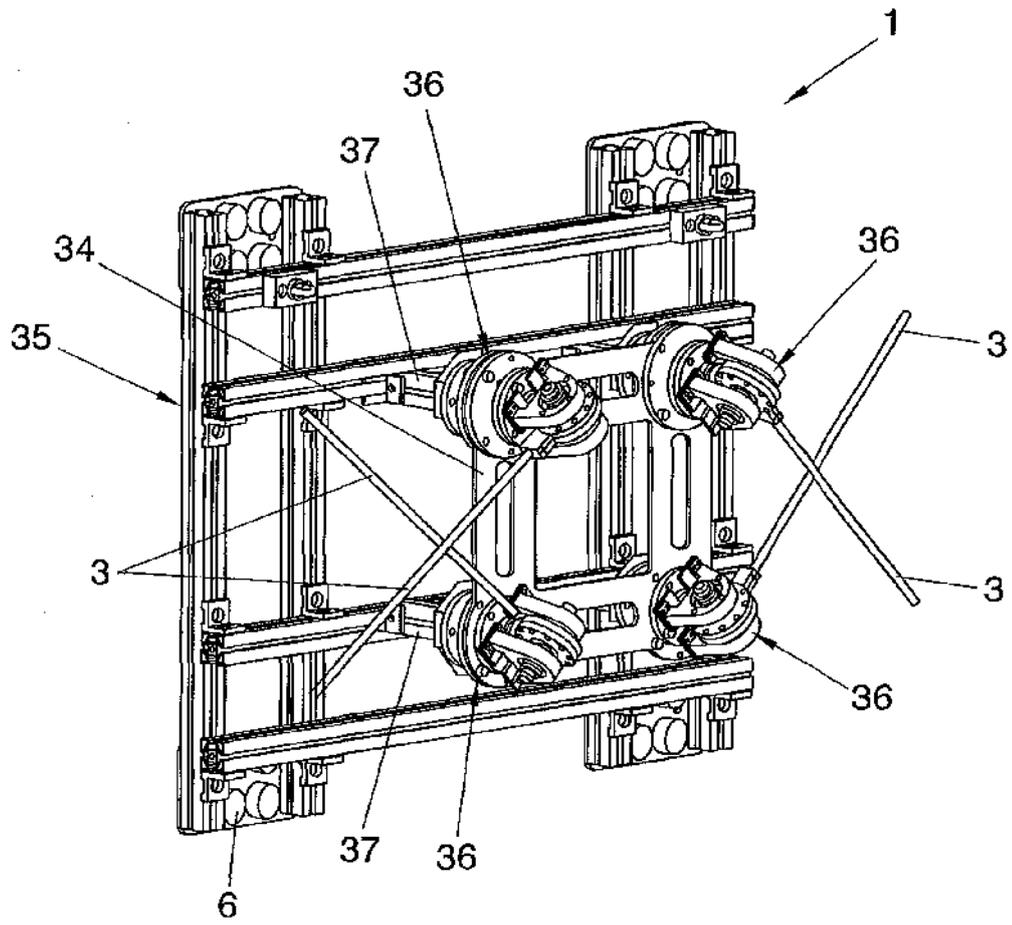


FIG. 9

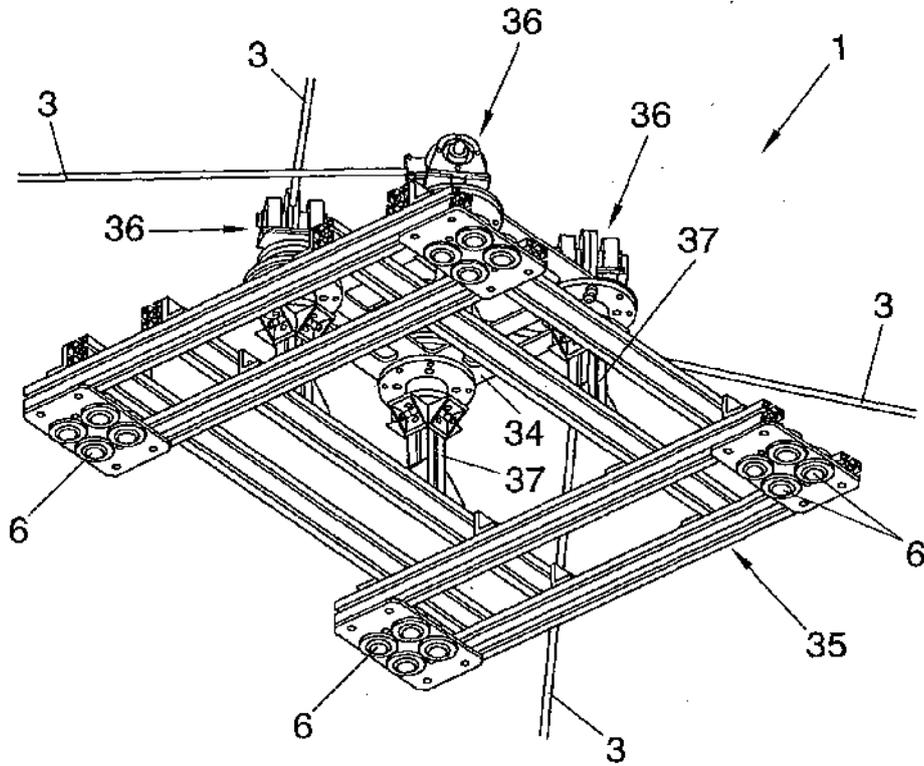


FIG. 10

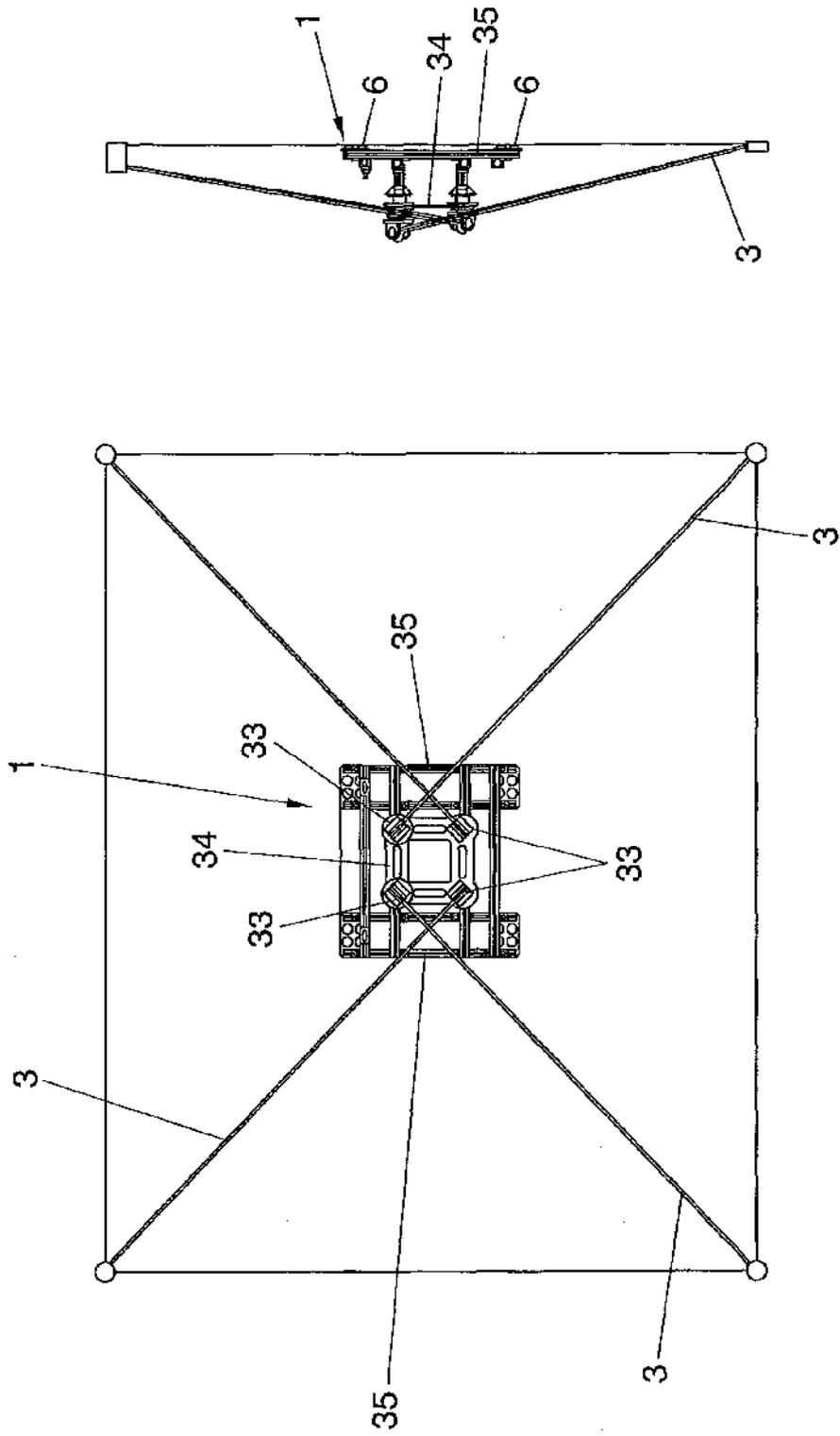


FIG. 11

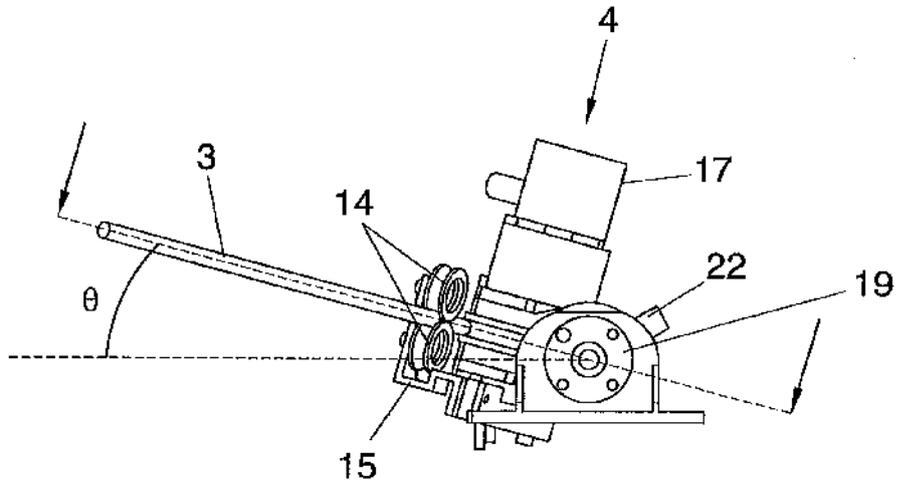


FIG. 12

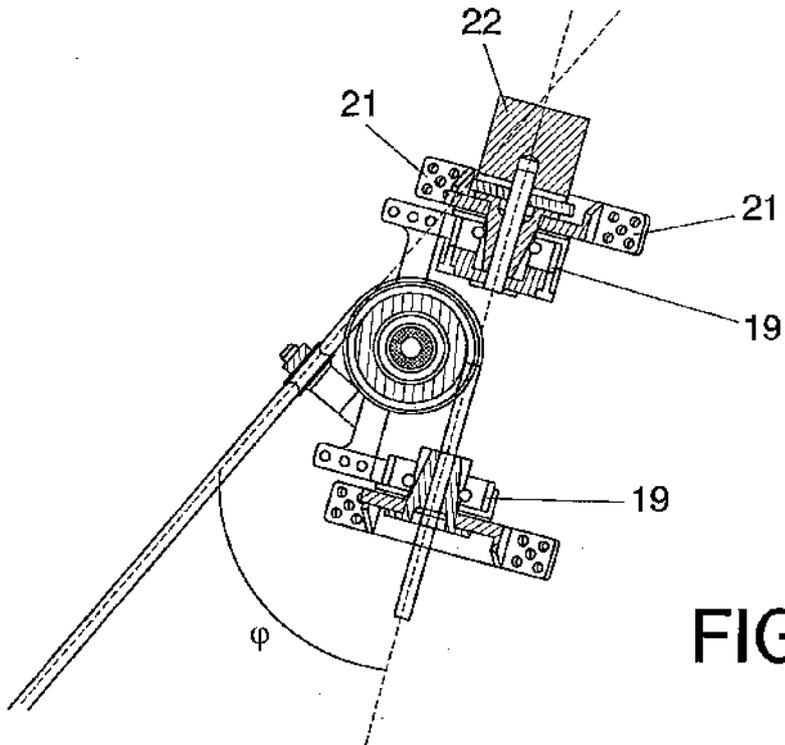


FIG. 13

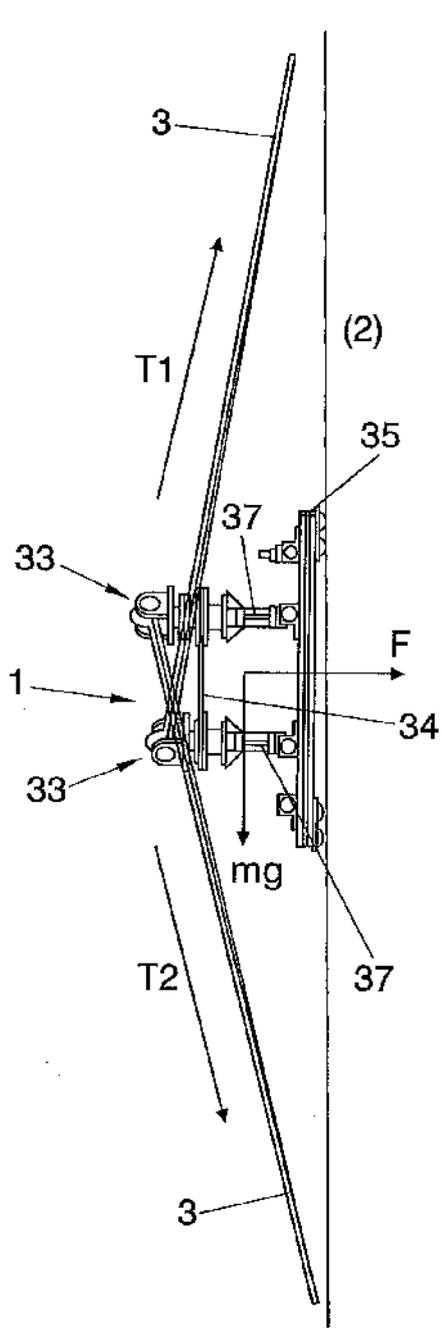


FIG. 14

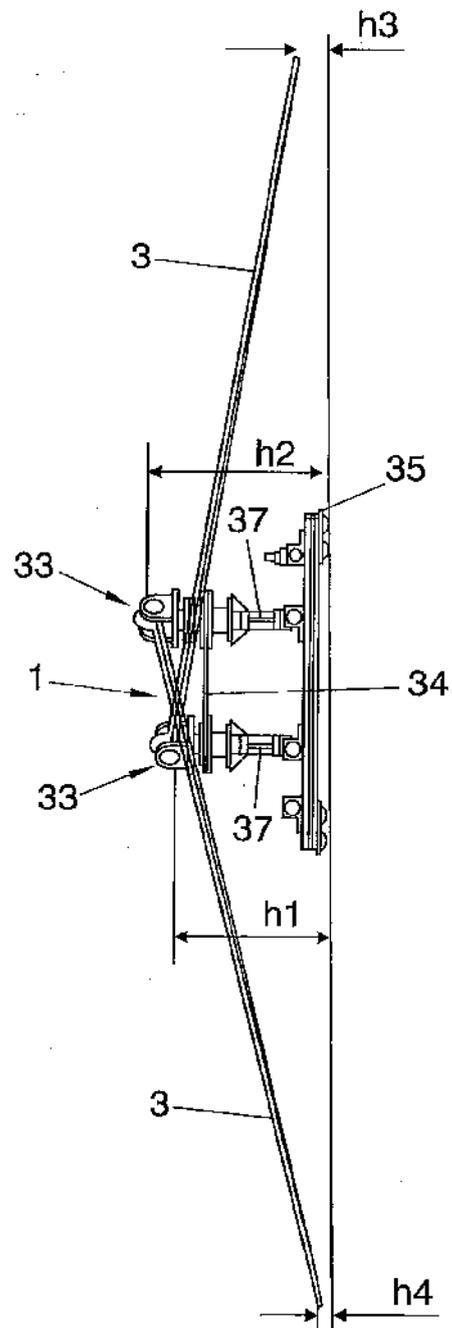


FIG. 15