

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 899**

51 Int. Cl.:

A61H 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.09.2017** E 17193334 (4)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019** EP 3299003

54 Título: **Equipo para rehabilitación motora de miembros superiores e inferiores**

30 Prioridad:

26.09.2016 BR 102016022139

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

02.04.2020

73 Titular/es:

**MAKIYAMA, ANTONIO MASSATO (50.0%)
Avenida Paulista 352 conj 32
01310-905 Sao Paulo, BR y
MAKIYAMA, TOMAS YOSHIO (50.0%)**

72 Inventor/es:

**MAKIYAMA, ANTONIO MASSATO y
MAKIYAMA, TOMAS YOSHIO**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 751 899 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

Equipo para rehabilitación motora de miembros superiores e inferiores

5 La presente patente de invención se refiere a un equipo para rehabilitación motora de miembros superiores e inferiores, lo cual es compacto, portátil, ligero, fácil de transportar y cuenta con un dispositivo al extremo distal del miembro del paciente, un brazo robótico, un sistema de engranajes, dos motores, un software de realidad virtual y/o aumentada, un sistema de gestión y control, haciendo posible la realización de movimientos y de ejercicios en el espacio tridimensional para que pacientes con enfermedades o lesiones neurológicas, musculoesqueléticas,
10 musculares, reumáticas, motoras y/o cognitivas y pacientes en recuperación postquirúrgica se puedan ejercitar y recuperar los movimientos de miembros superiores e/o inferiores, también aplicable al entrenamiento y el acondicionamiento físico de personas.

15 Las enfermedades neurológicas, musculoesqueléticas, musculares, reumáticas, motoras y/o cognitivas generan grandes trastornos en la vida de las personas, las incapacitando para las actividades del día a día, desde las actividades más sencillas, como recoger un objeto, hasta las actividades más complejas, como el cuidado y la higiene personal y el manejo de aparatos, interfiriendo en la convivencia social, familiar y en el trabajo.

20 Estas lesiones normalmente son resultantes de accidentes, traumas físicos, enfermedades degenerativas o accidentes cerebrovasculares (ACV), sino también existen casos en que sea necesaria la rehabilitación motora tras cirugías, a fin de que el paciente retome sus actividades habituales.

25 Para auxiliar la recuperación de los pacientes, existe el trabajo personal de fisioterapeutas, que realizan ejercicios individuales para cada paciente, utilizando las técnicas desarrolladas en esta área del conocimiento humano.

30 Aunque el trabajo de estos profesionales sea importante para la rehabilitación de los pacientes, el tratamiento y recuperación son más largos porque la sesión de fisioterapia requiere la participación física del fisioterapeuta, que ejecutará los ejercicios conjuntamente con el paciente. Con eso, el tiempo de ejercicio del paciente se limita a la duración de la sesión con el fisioterapeuta. Además, los ejercicios dependen del esfuerzo físico del fisioterapeuta, lo que genera un cansancio y un desgaste físico del propio profesional, impactando la calidad del tratamiento porque el fisioterapeuta, cansado después de varias sesiones no tendrá el mismo desempeño y la misma fuerza física para ejecutar ejercicios y movimientos con el paciente.

35 Otra desventaja es que el fisioterapeuta sólo consigue hacer una evaluación o un seguimiento subjetivo de la fuerza, de la capacidad de movimientos y de la evolución del paciente, puesto que no es posible efectuar una evaluación o un seguimiento cuantitativo con datos numéricos objetivos, lo que puede resultar en diagnósticos imprecisos y en la definición de tratamientos insuficientes para un determinado paciente. Además, en razón de la subjetividad de la evaluación y del seguimiento, se puede tener opiniones divergentes entre dos o más fisioterapeutas.

40 En la tentativa de auxiliar la rehabilitación motora de los pacientes y en el trabajo de los fisioterapeutas, fueron desarrollados varios tipos de aparatos para la rehabilitación motora de miembros superiores y/o inferiores, los cuales están contenidos en el estado actual de la técnica y serán mencionados a continuación.

45 La patente US 8.177.688 presenta un aparato de gran porte para rehabilitación de miembros inferiores, lo cual requiere instalaciones específicas para su funcionamiento, que resulta muy difícil de transportar y realizando los ejercicios con el paciente de pie que según el grado de la lesión, hace necesario que el paciente sea sostenido por tiras, cuerdas u otros elementos de fijación.

50 La patente US 5.704.881 muestra otro equipo de rehabilitación de gran porte en lo cual se suspende el paciente por un conjunto de amarras.

55 La patente US 6.666.831 presenta un equipo de gran porte para rehabilitación de miembros inferiores a través del cual se suspende el paciente por amarras enlazadas a su tronco y cada pierna se conecta a dos astas mecánicas que hacen el movimiento de elevar y bajar las piernas.

El pedido de patente US 2015/0342817 presenta un equipo de rehabilitación de miembros inferiores, lo cual ejecuta movimientos en el plan horizontal y con el miembro inferior posicionado sobre un soporte para buscar la rehabilitación del paciente.

60 La patente PI 1000960-4 trae un equipo de rehabilitación de miembros inferiores a través del cual se suspende el paciente por medio de amarras y los miembros inferiores son desplazados hacia arriba y hacia abajo para buscar la rehabilitación motora.

65 La patente WO 2014/085810 muestra un aparato para rehabilitación de mano, lo cual utiliza un sistema de muelles, engranajes de tipo piñón y cremallera y un motor para realizar ejercicios de pronación y supinación o de flexión y extensión, de uno por vez, en un plan horizontal.

La patente US 7.367.958 presenta una ortesis con un sensor electromiográfico que está conectada al brazo y antebrazo del paciente y que busca estimular el desplazamiento del miembro superior.

5 La patente US 5.951.499 expone un aparato para rehabilitación de brazo, antebrazo y mano, lo cual realiza apenas movimientos de pronación y supinación en el miembro y presenta un modo largo de acomodación del miembro superior en el aparato.

10 El pedido de patente US 2016/0000633 presenta un equipo de rehabilitación que puede ejecutar ejercicios, de a uno por vez, en un plan bidimensional, empleando actuadores, brazos articulados y un sistema que permite el desplazamiento de los brazos articulados para realizar los ejercicios de rehabilitación.

15 La patente US 5.466.213 presenta un aparato de mayor porte enfocado hacia la rehabilitación de miembros superiores compuesto por brazos articulados que permiten la rehabilitación de ejercicios, de a uno por vez, en el plan bidimensional. Por medio de este aparato, el paciente puede realizar por separado ejercicio de flexión y extensión, después ejercicios de pronación y supinación, luego ejercicios con movimientos laterales. El porte del aparato dificulta su transporte.

20 La patente US 7.618.381 muestra un aparato de rehabilitación de miembros superiores que trabaja con el antebrazo y la muñeca del paciente apoyado en un soporte o aparato para la ejecución de ejercicio para la muñeca. Estos ejercicios son hechos en un plan bidimensional. La parte del aparato que ejercita la muñeca cuenta con tres motores para realizar su trabajo y está conectada a brazos articulados ligados a dos motores a la rehabilitación de ejercicios al restante del miembro superior, puesto que el brazo del paciente también se apoya en un soporte. Por sus características, el aparato posee dimensiones que hacen difícil su transporte, el posicionamiento del miembro del
25 paciente en el equipo es largo y los movimientos son plantares y soportados, de a uno por vez.

Las patentes WO2006/082584, WO2005/074371, JP2002127058 y JP 01316815 divulgan un equipo para rehabilitación motora sin soporte para los miembros.

30 La patente WO 2014/057410 presenta un exoesqueleto para rehabilitación y desplazamiento de miembros inferiores.

La patente WO 2012/176200 muestra un aparato de rehabilitación de miembros superiores que contiene un sistema de sensores, un mecanismo de actuadores y un método de procesamiento de datos para capturar informaciones del miembro saludable y generar ejercicios para el miembro que necesita de rehabilitación.

35 Aunque tengan representado un avance en la rehabilitación motora de miembros superiores o inferiores de pacientes, estos aparatos del estado actual de la técnica presentan algunos inconvenientes y algunas desventajas.

40 Una de las desventajas concierne al tamaño de los aparatos de rehabilitación, los cuales presentan un gran porte, son difíciles de transportar y necesitan de locales preparados para su instalación y su uso. Con ello, el paciente necesita ir hasta el lugar en que el aparato está instalado y la rehabilitación de los ejercicios estará limitada a la disponibilidad de horarios de este lugar, restringiendo la cantidad de ejercicios que el paciente puede realizar y aumentando su tiempo de recuperación.

45 Otra desventaja está relacionada con el tiempo necesario para posicionar el miembro del paciente en el aparato. Como la mayoría de los aparatos requiere que el miembro esté apoyado en un soporte o aparato o que el paciente esté suspenso por amarras, se gasta un tiempo considerable de la sesión de fisioterapia en la actividad de posicionamiento del paciente, lo que reduce el tiempo de ejercicios de la sesión de rehabilitación.

50 También podemos mencionar que los movimientos y ejercicios realizados por los aparatos del estado actual de la técnica no guardan semejanza con los movimientos que son realizados por las personas en las actividades de la vida diaria (AVD) porque, durante los ejercicios y los movimientos, el miembro del paciente se apoya sobre soportes y aparatos o el paciente se suspende por amarras, que no parece como las situaciones del cotidiano, pues en el día a día, debido a las articulaciones de los miembros, las personas ejecutan movimientos predominantemente
55 curvilíneos en el espacio tridimensional.

Además, los aparatos son proyectados para realizar los ejercicios de a uno por vez y sin integración entre los movimientos, lo que también no se asemeja a los movimientos que la persona realiza en el cotidiano.

60 Otra desventaja de los aparatos del estado actual de la técnica es que ellos están preparados para realizar los ejercicios en un plan horizontal, que genera un estímulo parcial del cerebro, pues en el movimiento en un plan horizontal la fuerza de la gravedad, que tiene dirección vertical y sentido hacia abajo, no influencia en el desplazamiento del miembro, resultando en una rehabilitación más lenta y menos eficaz para el paciente.

65 Un pequeño número de equipos pertenecientes al estado actual de la técnica utiliza softwares integrados al aparato para interactuar con el paciente durante la ejecución de los ejercicios, pero estos softwares son poco estimulantes y

5 motivadores para el paciente porque muestran apenas el punto de origen y el punto de destino del movimiento, sin cualquier ambientación virtual para contextualizar los ejercicios y los movimientos en el cotidiano del paciente y sin crear vínculos y similitudes con las actividades de la vida diaria (AVD) de la persona. Además, los softwares del estado actual de la técnica no son lúdicos y no poseen un proyecto auditivo y visual dedicado a la estimulación cognitiva del paciente durante las sesiones de rehabilitación.

10 La invención, objeto de este pedido de patente, fue desarrollada de manera nueva, original y creativa para auxiliar en la rehabilitación motora de miembros superiores e inferiores, empleando una solución innovadora, que extrapola el conocimiento actual y que trae innovaciones significativas en este campo del conocimiento humano.

15 El equipo objeto de esta patente puede ser utilizado para realizar ejercicios en paciente con enfermedades o lesiones neurológicas, musculo esqueléticas, musculares, reumáticas, motoras y/o cognitivas, tales como paciente que sufrieran ACV (accidentes cerebrovasculares) o que están en fase más avanzada de las enfermedades de Parkinson o de Alzheimer o que sufrieran accidente o traumas físicos, y también se utiliza para pacientes en proceso de recuperación tras cirugías, para pacientes que necesitan corregir o volver a aprender movimientos y para entrenamientos preventivos a fin de evitar la progresión de estas enfermedades.

20 Además de su actuación en la rehabilitación motora de paciente, el equipo inventado puede ser empleado con bastante eficacia en el entrenamiento y en el acondicionamiento físico de individuos.

25 El equipo trabaja con movimientos y ejercicios en el espacio tridimensional y proporciona excelentes condiciones para que el paciente realice movimientos similares aquellos que realizaría en sus actividades de la vida diaria (AVD), y se puede mencionar, sin el deseo de ser exhaustivo, las actividades de mover objetos de un lugar al otro, recoger un objeto y ponerlo sobre una mesa, llevar cubiertos y comida a la boca, abrir puerta, servir un desayuno, cosechar frutos, recoger un pan y poner en un horno o microondas, chutar una pelota, acelerar un coche, subir una escalera, realizar actividades físicas y ejercicios de acondicionamiento físico, practicar juegos, entre otros.

30 Eses movimientos en el espacio tridimensional, por ejemplo, movimientos y alcance, movimientos cruzados, movimientos homolaterales y movimientos contralaterales, exigen mayor activación muscular, especialmente cuando comparados con movimientos hechos en el plan horizontal y con soporte para el miembro, y promueven un estímulo mayor del cerebro, pues será necesaria mover un número superior de grupos musculares y el cerebro precisará reclutar un número más elevado de circuitos neurales para ejecutar el ejercicio.

35 La manera por la cual el miembro se conecta al equipo, hace que él quede suspenso en el espacio y el movimiento sufra la influencia de la gravedad, lo que torna el ejercicio muy similar a los movimientos de la vida diaria de las personas y aumenta el esfuerzo muscular y el trabajo cerebral para coordinar estos movimientos, favoreciendo la aceleración del proceso de rehabilitación.

40 También procede mencionar que los movimientos realizados en las actividades de la vida diaria (AVD) de la persona poseen predominantemente trayectorias curvilíneas, lo que se reproduce y se ejercita con el equipo inventado.

45 Con estas características, el equipo proporciona una rehabilitación más rápida y eficaz de la capacidad del individuo y es posible superar en muchos aspectos los equipos del estado actual de la técnica, los cuales trabajan con movimientos plantares y soportados que generan un estímulo reducido del cerebro y que producen ejercicios que no poseen mucha similitud con las actividades de la vida diaria (AVD) de la persona.

50 En el equipo inventado, cuando tenemos el modo activo, el paciente mueve el brazo robótico y el equipo muestra el movimiento en la pantalla.

55 Cuando tenemos el modo activo-asistido, el equipo auxilia en la ejecución de los movimientos, modulando las fuerzas, los desplazamientos, las velocidades y las aceleraciones de acuerdo con las necesidades de cada individuo y de acuerdo con el plan de rehabilitación de cada paciente. Esto es bastante útil, por ejemplo, para la rehabilitación motora de pacientes con accidente cerebrovascular (ACV), los cuales presentan movimientos irregulares del miembro, pues el equipo acompaña y corrige, de manera suave, las desviaciones de movimientos para mantenerlo dentro de la trayectoria deseada.

60 Em el modo activo-asistido también tenemos la posibilidad de programar el equipo para ofrecer resistencia al movimiento del paciente, lo que sea particularmente útil para ejercicios de entrenamiento y acondicionamiento físico.

65 En el caso del modo pasivo, el equipo conduce los movimientos del paciente de acuerdo con el plan de rehabilitación establecido.

Estas trayectorias involucran movimientos y ejercicios terapéuticamente funcionales con desplazamientos, velocidades y aceleraciones conforme el tratamiento de rehabilitación definido para el paciente o conforme el plan de entrenamiento y acondicionamiento físico.

Además de estas aplicaciones, el equipo puede ser utilizado para evaluar, monitorear y diagnosticar los problemas motores del paciente y su recuperación, midiendo su fuerza, su trayectoria espacial, su velocidad, su precisión y otras variables de diagnóstico y seguimiento, posibilitando la obtención de datos numéricos preciso y objetivos para una evaluación más cuidadosa y para el establecimiento de un plan de rehabilitación más eficaz y rápido.

5 En virtud de ser compacto, portátil, leve, fácil de transportar y no necesitar de instalaciones adaptadas exclusivamente para su uso, el equipo de rehabilitación puede ser utilizado en la casa del paciente, en clínica de rehabilitación, clínicas de fisioterapia, consultorios médicos, hospitales e incluso, en gimnasios, en los casos de entrenamiento y acondicionamiento físico.

10 El equipo inventado posee un dispositivo para conectar el extremo distal del miembro superior o inferior del paciente, un brazo robótico, un sistema de engranajes, dos motores, uno o dos drivers, un software de realidad virtual y/o aumentada y un sistema de gestión y control.

15 El dispositivo que posibilita la conexión del extremo distal del miembro del paciente al equipo de rehabilitación motora puede presentar varios formatos, dependiendo de su conexión ser con la mano o con el pie del paciente, del tipo de ejercicio que se desea aplicar en su rehabilitación y del tipo de secuela que el paciente desarrolló.

20 En los casos de rehabilitación de miembro superior, el dispositivo a la conexión con la mano puede tener preferentemente el formato de una esfera o un formato anatómico para los dedos o la mano del paciente, pero también es posible emplear una manija, un joystick u otro formato que permita la empuñadura de la mano del paciente.

25 El dispositivo puede contener en su interior sensores para que el paciente pueda presionarlo a mano o con el pie y obtener efectos visuales, sonoros u otros tipos en la pantalla del software de realidad virtual y/o aumentada, lo que genera un estímulo aún mayor para el paciente porque que la parte cognitiva del cerebro también se ejerce en conjunto con la parte motora.

30 En los casos de rehabilitación de miembro inferior, el dispositivo puede tener el formato de una esfera, un elipsoide, una tabla, un pedal u otro formato que permita el posicionamiento del pie.

35 En ambos casos, la conexión de la mano o del pie con el dispositivo se realiza preferiblemente con cintas o cinturones con velcro, con el fin de facilitar y agilizar la actividad de conexión del paciente al equipo. Para esta actividad, simplemente coloque la mano o el pie en el dispositivo y pase la cinta o cinturón con velcro, lo que simplifica y agiliza mucho el trabajo, dejando más tiempo para la realización de los ejercicios.

40 El dispositivo se hará preferentemente de silicona, pero pueden emplearse plásticos, polímeros, elastómeros, espumas, maderas, metales u otros materiales, con o sin recubrimientos superficiales, texturas o relieves que faciliten la conexión al paciente o estimulen aspectos táctiles o de sensibilidad de la extremidad del miembro.

45 El dispositivo puede fijarse en al brazo robótico o puede contener en su interior una articulación universal, un sistema de rodamiento o una articulación esférica para posibilitar una movilidad con relación al brazo robótico.

50 Preferentemente, se utilizará el sistema de rodamiento, la articulación universal o la articulación esférica porque el desplazamiento rotacional del dispositivo con relación al brazo robótico permite la realización de más movimientos conjugados sobre la muñeca y el miembro del paciente, favoreciendo su recuperación y trayendo más versatilidad al equipo inventado.

55 Por ejemplo, sin ser exhaustivo, en la rehabilitación de un miembro superior, el uso del sistema de rodamiento o de la articulación universal o articulación esférica posibilita que el paciente haga la rotación de la muñeca junto con los ejercicios que ya ocurren para el conjunto formado por el antebrazo, por el brazo e por el hombro. Si la rehabilitación es para un miembro inferior, el tobillo puede tener movimientos de rotación junto con los movimientos a la rodilla, pierna y cadera.

60 Oportuno destacar que en el equipo inventado, el único punto de conexión del miembro del paciente con el aparato se realiza mediante este dispositivo. Con esto, todo el miembro del paciente se suspende en el espacio, sin ningún soporte o aparato de sostenimiento, sufriendo la acción de la gravedad y libre de moverse en el espacio tridimensional, lo que posibilita que los ejercicios y los movimientos de rehabilitación sean muy similares a los movimientos que realiza la persona en el cotidiano.

65 Además, esta forma de conexión, unida a los movimientos en el espacio tridimensional, hace los ejercicios más complejos, proporciona la realización de ejercicios integrados y simultáneos para todas las partes y articulaciones del miembro, requiere un mayor esfuerzo de la musculatura del paciente, proporciona un estímulo mayor del cerebro y permite la realización de movimientos con trayectoria curvilínea, que beneficia al paciente y acelera su rehabilitación motora.

ES 2 751 899 T3

En el caso de ejercicios de entrenamiento y acondicionamiento físico, es posible dosificar o requerir esfuerzos musculares específicos para los movimientos, favoreciendo el logro de resultados más rápidos y efectivos.

5 El brazo robótico está compuesto preferentemente de una asta mayor, con una longitud que varía de 1 cm a 100 cm y una asta menor con una longitud entre 5 cm y 50 cm, y la unión de estas dos astas puede formar un ángulo cualquier entre sí.

10 Las astas pueden ser rectas o presentar algún tipo de curvatura, y es posible la existencia del brazo robótico sólo con la asta menor, sea recta o con alguna curvatura y con una longitud entre 5 cm y 100 cm.

El brazo robótico puede ser hecho de metal, plástico, madera, polímero u otro material, con o sin recubrimientos superficiales, relieves o texturas.

15 Se puede también fabricar el núcleo del brazo con estos materiales y aplicar un revestimiento superficial o un material de acabado o relieves o texturas con los materiales mencionados. En una configuración preferente, el brazo robótico tendrá un núcleo de metal y un revestimiento plástico.

20 En un extremo, el brazo robótico se une al dispositivo a la mano o el pie del paciente y, en el otro extremo, se conecta a un sistema de engranajes, con disposición satélite, y su fijación al sistema de engranajes se realiza por medio de tornillos, pasadores, adhesivos, pegamento u otro elemento de fijación.

El sistema de engranajes está compuesto por dos engranajes opuestos, un engranaje araña y un elemento de conexión que se posiciona entre ellos.

25 Los engranajes opuestos están conectados a los motores a través de semiejes y/o casquillos, mientras que el engranaje de araña se conecta al brazo robótico y ocupa una posición perpendicular a los engranajes opuestos.

30 Los engranajes son cónicos o semiesféricos, pueden tener dientes rectos o helicoidales y pueden o no contener un mecanismo para evitar holgura o backlash.

El elemento de conexión entre los engranajes puede tener el formato de un prisma de base poligonal o circular, una esfera o un poliedro.

35 Este elemento de conexión se conecta al engranaje araña a través de un pasador y entra en contacto con los engranajes opuestos. El elemento de conexión será responsable de mantener la conexión entre los tres engranajes.

40 Los motores transmiten torques (i. e. momento, torsión) y rotaciones a los engranajes opuestos que, a su vez, provocan el desplazamiento del engranaje araña, lo que generará el movimiento del brazo robótico, y resultará en el desplazamiento de la extremidad del paciente a través del espacio tridimensional con determinada trayectoria, fuerza y aceleración. Cabe señalar que estos movimientos serán muy similares a los que realizan las personas sanas en las actividades diarias de la vida.

45 Para ejemplificar el funcionamiento del sistema de engranajes y resultar en el movimiento del brazo robótico, podemos mencionar, sin la intención de ser exhaustivo, algunos tipos de rotaciones de los engranajes.

50 En el caso de dos engranajes opuestos que tengan rotaciones en el mismo sentido alrededor de un eje común y con la misma magnitud, el elemento de conexión y el engranaje araña describirán un movimiento curvilíneo en un plan perpendicular al eje horizontal de los engranajes opuestos, haciendo que el brazo robótico y el miembro del paciente describan este tipo de movimiento en este mismo plan perpendicular.

55 Si estamos tratando de un miembro superior, la mano, el antebrazo, el brazo y el hombro realizarán un ejercicio de flexión y extensión. Asumiendo que el dispositivo para conectar la mano tenga el sistema de rodamientos o la articulación universal o articulación esférica, la muñeca ejecutará un movimiento de rotación en conjunción con el movimiento de flexión y extensión del resto del miembro.

Si el ejercicio se aplicara a un miembro inferior, el movimiento de flexión y extensión ocurriría en el pie, la pierna, el muslo y la cadera, y el tobillo todavía realizaría un movimiento de rotación.

60 Caso los dos engranajes opuestos tengan rotaciones en sentidos opuestos alrededor de un eje común, pero con la misma magnitud, el engranaje araña girará sobre el propio eje central, el elemento de conexión se detendrá y el brazo robótico describirá un movimiento lateral en trayectoria curvilínea en un plan perpendicular al eje del engranaje araña.

65 En consecuencia, en el caso de un miembro superior, se moverá lateralmente en trayectoria curvilínea en este plan paralelo, lo que generará ejercicios conjuntos e integrados para los músculos y articulaciones de la extremidad, con destaque para movimientos laterales. En el caso del miembro inferior, existirá la eversión e inversión del pie; la

extensión y flexión de la articulación del tobillo; flexión, extensión y rotación de la rodilla porque el paciente está sentado y la rodilla está en flexión para la ejecución del ejercicio.

5 En la hipótesis de que los engranajes opuestos presenten rotaciones con diferentes magnitudes, con sentidos iguales u opuestos, o bien en la situación en la que un engranaje opuesto posee rotación y el otro engranaje opuesto está parado, tendremos movimientos del elemento de conexión y del engranaje araña en planos oblicuos al plan horizontal que corta el eje de los engranajes opuestos, produciendo en el brazo robótico y en el miembro superior del paciente, movimientos con trayectorias oblicuas curvilíneas en el espacio tridimensional que pueden realizar, a lo largo de esta trayectoria, movimientos de alcance, movimientos cruzados, movimientos homolaterales, movimientos contralaterales, movimientos de pronación y supinación, flexión y extensión, aducción, abducción. Para la extremidad inferior, los movimientos son análogos, excepto la pronación y supinación, que corresponden a la rotación interna y externa de la rodilla. Estos movimientos requieren mayor activación muscular y mayor estímulo para el cerebro pues será necesario mover un número superior de grupos musculares y el cerebro precisará reclutar un número más elevado de circuitos neuronales para realizar el ejercicio, proporcionando una rehabilitación más rápida y más eficaz del paciente.

20 De esta manera, es posible verificar que los movimientos de los engranajes generan una gran variedad de trayectorias en el espacio tridimensional, posibilitando la realización de varios movimientos y ejercicios de rehabilitación y de entrenamiento y acondicionamiento físico.

25 Una característica diferencial importante del equipo inventado es que los ejercicios aplicados sobre el miembro del paciente están integrados, ejercen varios grupos musculares al mismo tiempo, se realizan bajo la fuerza de la gravedad y describen trayectorias curvilíneas en el espacio tridimensional, que más se acerca de los movimientos realizados en el día a día por personas sanas.

30 De esta manera, el movimiento generado por el sistema de engranajes y el posicionamiento del miembro en suspensión en el espacio permiten la realización, al mismo tiempo, de varios ejercicios de rehabilitación funcional para el miembro, aprovechando la misma trayectoria de desplazamiento del brazo robótico, como, por ejemplo, ejercicios latero-laterales, cruzados, homolaterales, contralaterales, eversión e inversión, aducción y abducción, flexión y extensión y pronación y supinación, que supera los equipos del estado actual de la técnica, que realizan ejercicios con trayectorias plantares, hechos de uno en uno y con el miembro del paciente posicionado sobre soportes.

35 Cada engranaje opuesto está conectado a un motor por medio de un semieje y/o un casquillo y puede existir o no una caja de reducción entre el engranaje y el motor.

Los motores presentan torque entre 0,05 Nm y 50 Nm y poseen sensores de posición que transmitirán informaciones para el sistema de gestión y control.

40 Los motores pueden alinearse con los respectivos engranajes opuestos o pueden estar posicionados perpendicularmente a ellos, en cuyo caso la transmisión del movimiento del motor al engranaje utilizará un conector o un reductor en formato de "L".

45 En la configuración preferida del equipo inventado, cada motor está conectado a un driver, que es un convertidor de señales lógicas en señales eléctricas, y existe una conexión entre los dos drivers del equipo para sincronización de datos. Sin embargo, es posible existir solamente un driver, sirviendo ambos motores.

50 El driver tiene la función de recibir las señales lógicas procedentes del sistema de gestión y control, convirtiendo estas señales lógicas en señales eléctricas que serán enviadas a los motores para generar las rotaciones y los torques.

El sistema de gestión y control recibe informaciones de software de realidad virtual y/o aumentada y gestiona y controla transmisiones de datos en tiempo real entre este software, los drivers y los motores, controlando el movimiento de engranajes, del brazo robótico y del miembro del paciente de forma interactiva.

55 El software de realidad virtual y/o aumentada hace la interacción visual con el paciente y contiene las informaciones y los datos de los movimientos que se aplicarán a los ejercicios de rehabilitación motora o en los ejercicios de entrenamiento y acondicionamiento físico.

60 Con os datos recibidos de software de realidad virtual y/o aumentada, el sistema de gestión y control calcula la trayectoria a realizar por el paciente, además de la fuerza y aceleración del movimiento, y envía señales lógicas a los drivers, que los convertirán en las señales eléctricas que moverán los motores, provocando las rotaciones y los torques en los engranajes. Como consecuencia, tendremos los movimientos de los engranajes, el brazo robótico y el miembro del paciente en una determinada trayectoria, con cierta fuerza y aceleración.

65 Al mismo tiempo que envía datos, el sistema de gestión y control recibe el feedback con informaciones sobre los movimientos del paciente, compara con las informaciones recibidas de software de realidad virtual y/o aumentada,

recalcula trayectorias y envía señales a los motores efectuar rotaciones y torques que corrijan la trayectoria, la fuerza y la aceleración del movimiento del paciente. Al mismo tiempo, transmite estas informaciones al software de realidad virtual y/o aumentada para exhibir las correcciones de movimiento en la pantalla o en el monitor.

5 software de realidad virtual y/o aumentada, que interactúa con el paciente, posee una interfaz gráfica agradable, lúdica y motivadora, contando con juegos, escenarios y entornos con figuras, colores y sonidos para simular situaciones cotidianas de las personas, como llevar un objeto de un punto a otro, recoger un objeto en un estante y colocarlo sobre una mesa, abrir una puerta, servir un desayuno, recoger una fruta en el frutero y ponerlo en el plato, recoger una fruta, recoger un pan y poner en un horno o microondas, realizar actividades físicas y ejercicios de
10 acondicionamiento físico, practicar juegos, acelerar un coche, chutar una pelota, subir una escalera, entre otras situaciones.

En todas estas situaciones, aparece siempre en la pantalla o en el monitor la figura tridimensional de la mano o del pie del paciente, simulando de esta manera los respectivos movimientos funcionales de los miembros para que el mismo pueda evocar en su imaginación la dinámica de la escena real de aquella situación, utilizando el miembro afectado durante la terapia, y así activar y rehabilitar el área cerebral lesionada correspondiente al movimiento ejercitado
15

El software de realidad virtual y/o aumentada exhibe los movimientos del extremo del brazo robótico, que corresponde a la mano o el pie del paciente, situando estos movimientos en escenarios virtuales o juegos para que el paciente se sienta insertado en el entorno virtual y pueda tener una visión de la trayectoria del movimiento de la mano o del pie en el espacio tridimensional y una motivación para realizar el movimiento.
20

Esta interacción entre el equipo y el paciente, por medio del software de realidad virtual y/o aumentada es muy importante para el proceso de rehabilitación motora porque el paciente puede tener un feedback visual del movimiento de su miembro en un escenario agradable y que simula la realidad; puede sentir la fuerza que el equipo hace en el miembro y las correcciones de posición, de trayectoria, de fuerza y de aceleración cuando el movimiento en el espacio tridimensional es diferente de aquel planeado para el ejercicio de rehabilitación o para el ejercicio del acondicionamiento físico.
25

Con esto, ocurre un desarrollo y una rehabilitación tanto de la parte motora y muscular, así como de la parte cognitiva del paciente.
30

El software de realidad virtual y/o aumentada puede ser exhibido en una pantalla de televisión, en un monitor de computadora, en un proyector o por cualquier medio que permita la visualización por el paciente.
35

El software de realidad virtual y/o aumentada, con sus juegos y escenarios virtuales, puede funcionar sin ningún componente adicional, pero para mejorar la inmersión del paciente en el juego o en el escenario virtual y amplificar los estímulos cognitivos, es posible utilizar gafas de realidad virtual y/o aumentada.
40

El equipo inventado posee entradas de vídeo en formatos estándar como VGA, HDMI y/o DVI.
45

Otra característica del software de realidad virtual y/o aumentada es que puede ser multiplayer, es decir, dos o más pacientes en diferentes equipos pueden interactuar en el mismo juego, entorno o escenario virtual, lo que hace que los ejercicios sean aún más similares a los que son realizados por personas sanas en sus actividades de la vida diaria (ADV).
50

El software de realidad virtual y/o aumentada puede ser programado para las necesidades específicas de cada paciente y después de esta programación, el paciente puede realizar sus ejercicios sin necesidad de supervisión individual y presencial de un fisioterapeuta.
55

Combinando esta característica del equipo inventado al hecho de ser compacto, portátil, ligero y fácil de transportar, el paciente puede hacer ejercicios en su hogar tantas veces como pueda o quiera, lo que agiliza su proceso de rehabilitación o el entrenamiento y acondicionamiento físico.
60

Esto también facilita el trabajo del fisioterapeuta porque le permite atender y supervisar los ejercicios de varios pacientes al mismo tiempo, ya sea en el lugar que sea el equipo estén o por medio remoto.
65

El plan de ejercicio de cada paciente se almacena en software de realidad virtual y/o aumentada y se puede acceder por contraseña o por controles biométricos.
70

El equipo también posee un dispositivo touchscreen, como una tablet u otros dispositivos externos, como un teclado y un mouse, para acceder a las funciones de control del equipo. Con esto, el fisioterapeuta o el paciente pueden acceder a los parámetros de los ejercicios de rehabilitación o acondicionamiento físico.
75

Con el fin de ilustrar y facilitar la comprensión de esta invención, se presentan los siguientes dibujos esquemáticos.

- 5 La figura 1 muestra una vista en perspectiva del equipo de rehabilitación motora de miembros superiores e inferiores, mediante el cual se puede ver el equipo (1), el botón de emergencia (2), el tablet (3), el lector biométrico (4), el dispositivo para el extremo del miembro superior en formato de esfera (5) y el brazo robótico (6).
- La figura 2 exhibe una vista en perspectiva del equipo de rehabilitación motora de miembros superiores e inferiores, mediante el cual se puede observar el equipo (1), el botón de emergencia (2), el tablet (3), el dispositivo para el extremo del miembro superior en formato anatómico (7) y el brazo robótico (6).
- 10 La figura 3 trae una vista en perspectiva del equipo de rehabilitación motora de miembros superiores e inferiores, mediante el cual se puede observar el equipo (1), el botón de emergencia (2), el tablet (3), el dispositivo para el extremo del miembro inferior en formato de pedal (8) y el brazo robótico (6).
- La figura 4 muestra el equipo (1) dentro del mala de transporte (9).
- 15 La figura 5 muestra una vista del brazo robótico, presentando el dispositivo en formato de esfera (5), la articulación universal (10), el sensor (45), el asta mayor (11), la asta menor (12). En esta figura se puede observar que el asta mayor y el asta menor poseen un núcleo (13) y un revestimiento superficial (14).
- 20 La figura 6 expone una vista del brazo robótico (6), del dispositivo en formato de esfera (5), el sistema de engranajes compuesto por los engranajes opuestos (15), el elemento de conexión (16) y el engranaje araña (17), los casquillos (18) que interconectan cada engranaje opuesto a un motor (19) u las cajas de reducción (20).
- La figura 7 muestra una vista en corte del sistema de engranajes para exhibir los engranajes opuestos (15), el elemento de conexión (16), el engranaje araña (17), el pasador de fijación (21) del engranaje araña al elemento de conexión, el tornillo de fijación (12) del brazo robótico, la asta mayor (11) y los casquillos (18).
- 25 La figura 8 presenta el equipo (1) en su configuración externa con los motores posicionados perpendicularmente al eje horizontal de los engranajes opuestos, presentando también el dispositivo en formato de esfera (5), el brazo robótico (6), el tablet (3), y el lector biométrico (4).
- 30 La figura 9 muestra un dibujo esquemático de la relación entre el software de realidad virtual y/o aumentada (23), el sistema de gestión y control (24), los drivers (25), los motores (19), los engranajes opuestos (15), el engranaje araña (17), el brazo robótico (6) y el miembro (26) del paciente. También aparecen en la figura la ruta de envío de las informaciones (27) y la ruta de feedback (28).
- 35 La figura 10 presenta el equipo (1) con el monitor (29) que exhibe los juegos, escenarios y entornos virtuales del software de realidad virtual y/o aumentada (21), estando ambos posicionados sobre una mesa (30).
- 40 La figura 11 muestra el paciente (47) con el miembro superior (31) y la mano (32) en el dispositivo (5), demostrando que el miembro del paciente está suspendido en el espacio tridimensional y conectado al equipo sólo por el dispositivo (5).
- La figura 12 exhibe la mano (32) del paciente conectada al dispositivo por medio de cintas con velcro (33).
- 45 La figura 13 expone el pie (34) del paciente conectado al dispositivo (8) para el pie a través de cintas con velcro (33), pudiéndose observar que la pierna (35) queda suspendida en un espacio tridimensional y que el equipo (1) está posicionado sobre el suelo.
- 50 La figura 14 muestra los engranajes opuestos con rotaciones (36a y 36b) en la misma dirección alrededor de un eje común y de la misma magnitud.
- La figura 15 presenta la trayectoria (37) del movimiento del brazo (6), que se genera por las rotaciones (36a y 36b) expuestas en la Figura 14. Con en estas rotaciones, el brazo robótico describe un movimiento curvilíneo en un plan perpendicular al eje horizontal de los engranajes opuestos. La figura muestra la posición inicial (48a) del brazo robótico en un tono de color más claro y la posición final (48b) en un tono más oscuro.
- 55 La figura 16 muestra los engranajes opuestos con rotaciones (38a y 38b) en direcciones opuestas alrededor de un eje común, pero con la misma magnitud.
- 60 La figura 17 muestra la trayectoria (39) del movimiento del brazo robótico (6), que es generada por las rotaciones (38a y 38b) mostradas en la figura 16. Con estas rotaciones, el brazo robótico (6) describe el movimiento lateral en una trayectoria curvilínea en un plan perpendicular al eje del engranaje araña. La figura muestra la posición inicial (49a) del brazo robótico en un tono de color más claro y la posición final (49b) en un tono más oscuro.
- 65 La figura 18 muestra los engranajes opuestos con rotaciones con diferentes magnitudes (40a y 40b) y direcciones

opuestas.

5 La figura 19 muestra la trayectoria (41) del movimiento del brazo robótico (6), que es generado por las rotaciones (40a y 40b) mostradas en la figura 18. Con estas rotaciones, el brazo robótico (6) describe, en un espacio tridimensional, un movimiento con una trayectoria curvilínea oblicua al plan horizontal que corta el eje de los engranajes opuestos. La figura muestra la posición inicial (50a) del brazo robótico en un tono de color más claro y la posición final (50b) en un tono más oscuro. El equipo está en una vista en perspectiva.

10 La figura 20 muestra la trayectoria (37) del movimiento del brazo robótico (6) y la respectiva trayectoria del movimiento (42) mostrada por el software de realidad virtual y/o aumentada. La figura muestra la posición inicial (48a) del brazo robótico en un tono de color más claro y la posición final (48b) en un tono más oscuro. También se indica la mano virtual (46) que el software presenta en la pantalla y que sirve para asociar la mano del paciente con la imagen virtual. Los colores de la pantalla de software de realidad virtual y/o aumentada se mantuvieron para demostrar el uso de los colores, los aspectos lúdicos del entorno y el ambiente motivador y similar a la realidad de la vida cotidiana del paciente.

15 La figura 21 muestra la trayectoria (39) de movimiento del brazo robótico (6) y el respectivo movimiento (43) mostrado por el software de realidad virtual y/o aumentada. La figura muestra la posición inicial (49a) del brazo robótico en un tono de color más claro y la posición final (49b) en un tono más oscuro. También está indicada la mano virtual (46) que el software presenta en la pantalla y que sirve para asociar la mano del paciente con la imagen virtual. Los colores de la pantalla de software de realidad virtual y/o aumentada se mantuvieron para demostrar el uso de los colores, los aspectos lúdicos del entorno y el ambiente motivador y similar a la realidad de la vida cotidiana del paciente.

20 La figura 22 muestra la trayectoria (41) de movimiento del brazo robótico (6) y el movimiento respectivo (44) mostrado por el software de realidad virtual y/o aumentada. La figura muestra una posición inicial (50a) del brazo robótico en un tono de color más claro y la posición final (50b) en un tono más oscuro. También está indicada la mano virtual (46) que el software presenta en la pantalla y que sirve para asociar la mano del paciente con la imagen virtual. Los colores de la pantalla de software de realidad virtual y/o aumentada se mantuvieron para demostrar el uso de los colores, los aspectos lúdicos del entorno y el ambiente motivador y similar a la realidad de la vida cotidiana del paciente. Esta figura 22 muestra el equipo en una vista frontal, efectuándose el mismo movimiento presentado en la figura 19 con una vista en perspectiva.

25 La figura 23 muestra, en la prueba clínica, o el alcance de 5 trayectorias de movimiento de un paciente crónico antes del uso del equipo inventado para el tratamiento de rehabilitación motora.

30 La figura 24 muestra, en la prueba clínica, o el alcance de 5 trayectos de movimiento del mismo paciente crónico después del uso del equipo inventado durante 18 sesiones.

35 El equipo inventado (1) puede ser utilizado por pacientes con enfermedades o lesiones neurológicas, musculoesqueléticas, musculares, reumáticas, motoras y/o cognitivas; pacientes que han sufrido accidentes o traumatismos físicos; pacientes que estén en proceso de recuperación después de cirugías; pacientes que necesitan corregir o reaprender los movimientos; pacientes que necesitan realizar entrenamientos preventivos para evitar la progresión de estas enfermedades y a los individuos en busca de entrenamiento y acondicionamiento físico.

40 El equipo (1) trabaja con movimientos y ejercicios en el espacio tridimensional; dejando el miembro suspendido en el espacio, sufriendo la influencia de la gravedad; y los movimientos tienen una trayectoria curvilínea.

45 De esta manera, los movimientos y los ejercicios se vuelven más complejos e integrados, son muy similares a los que realizan las personas en sus actividades de la vida diaria (ADV), requieren más activación muscular, desplazan un mayor número de grupos musculares y articulaciones del miembro y promueven mayor estimulación cerebral, que tendrá que reclutar un mayor número de circuitos neuronales para realizar el ejercicio, proporcionando una rehabilitación más completa, rápida y eficaz de la capacidad del individuo.

50 El equipo (1) también se puede utilizar con éxito en la evaluación, diagnóstico y seguimiento de la rehabilitación del paciente ya que permite medir la fuerza, la trayectoria espacial, la velocidad, la precisión y otras variables diagnósticas y de seguimiento, lo que permite obtener datos numéricos precisos y objetivos para una evaluación más minuciosa y para la fijación de un plan de rehabilitación más eficaz y rápido.

55 En los casos de entrenamiento y preparación física, el equipo permite la práctica de ejercicios y movimientos dirigidos hacia un desarrollo más rápido y eficiente del individuo, posicionando los ejercicios en un entorno virtual que sea lúdico y motivador con colores, sonidos y juegos.

60 El equipo es muy compacto, leve, fácil de transportar y no requiere instalaciones preparadas para su fijación. Se puede transportar dentro de un maletín de transporte (9), lo que permite su uso en el hogar del paciente, en clínicas de rehabilitación, en clínicas de fisioterapia, en consultorios médicos, hospitales y gimnasios.

ES 2 751 899 T3

Para usarlo, simplemente colóquelo sobre una mesa, si los ejercicios son para el miembro superior, o en el piso, para ejercicios para el miembro inferior; posicionar el paciente, sentado o de pie, delante del equipo; y conectar la mano (32) o el pie (34) al dispositivo (5, 7 u 8) con cintas o cinturón con velcro (33).

5 En los casos de rehabilitación de los miembros superiores, el dispositivo Preferiblemente la forma de una esfera (5) o una forma anatómica (7) para los dedos o la mano del paciente, pero también es posible emplear un mango, joystick u otro formato que permita el agarre manual.

10 En los casos de rehabilitación de miembros inferiores, el dispositivo tendrá, preferentemente, la forma de una esfera, un elipsoide, un tablón, de un pedal (8) u otro formato que permita el posicionamiento del pie.

15 En cuanto a los materiales, el dispositivo (5, 7 u 8) preferentemente estará hecho de silicona, pero pueden emplearse plásticos, polímeros, elastómeros, espumas, maderas, metales u otros materiales, con o sin recubrimientos superficiales, texturas o relieves que faciliten la conexión al extremo distal del paciente o estimulen los aspectos táctiles o la sensibilidad del individuo.

20 Cabe señalar que el único punto de conexión del miembro del paciente con el equipo es el dispositivo, que pone el miembro suspendido en el espacio, sin ningún soporte o equipo de soporte, sufriendo la acción de la gravedad y libre para moverse en el espacio tridimensional, permitiéndose que los ejercicios y movimientos de rehabilitación sean muy similares a los movimientos que la persona realiza en las actividades de la vida diaria (AVD) y favorece el logro de resultados más rápidos y efectivos.

25 El dispositivo (5, 7 u 8) se puede fijarse al brazo robótico (6) o puede contener, en su interior, una articulación universal, un sistema de rodamientos o una articulación esférica (10) para permitir la movilidad relativa al brazo robótico (6), puesto que preferentemente será utilizado el sistema de rodamientos, la articulación universal o la articulación esférica para permitir el movimiento de rotación del dispositivo con relación al brazo robótico, favoreciéndose un mayor número de movimientos para el miembro del paciente.

30 El dispositivo puede contener sensores (45) en su interior para que el paciente pueda apretarlo y obtener efectos visuales, sonoros u otros efectos en la pantalla del software de realidad virtual y/o aumentada, que estimula la parte cognitiva del cerebro junto con el ejercicio para la parte motora del individuo.

35 El brazo robótico (6), que se muestra en la figura 5, está formado preferentemente por una asta más grande (11), con una longitud que varía de 1 cm a 100 cm, y una asta más pequeña (12), con una longitud entre 5 cm y 50 cm.

Las astas pueden ser rectas o tener alguna curvatura y la unión entre ellas puede formar cualquier ángulo entre sí.

40 También es posible tener el brazo robótico sólo con la asta más pequeña, ya sea recta o con alguna curvatura y con una longitud entre 5 cm y 100 cm.

45 El brazo robótico (6) puede ser macizo y hecho de metal, plástico, madera, polímero u otro material, con o sin recubrimientos superficiales, relieves o texturas. También puede fabricarse con un núcleo hecho con estos materiales y tener un revestimiento superficial, un relieve o una textura hechos con los materiales mencionados. En una configuración preferida, el brazo robótico tendrá un núcleo metálico (13) y un revestimiento de plástico (14).

50 En un extremo, el brazo robótico (6) se conecta al dispositivo para la mano o el pie del paciente y, en el otro extremo, se conecta a un sistema de engranajes, con una disposición de satélite, puesto que su fijación al sistema de engranajes se realiza mediante tornillos (22), pasadores, adhesivos, pegamento u otro elemento de fijación.

El sistema de engranajes consta de dos engranajes opuestos (15), un engranaje araña (17) y un elemento de conexión (16) que queda posicionado entre ellos.

55 Los engranajes son cónicos o semiesféricos, pueden tener dientes rectos o helicoidales y pueden o no contener un mecanismo para evitar holguras o backlash.

60 El elemento de conexión (16) puede tener la forma de un prisma de base poligonal o circular, con forma de esfera o con forma de poliedro. Él está unido al engranaje araña (17) por medio de un pasador de fijación (21) y está en contacto con los engranajes opuestos (15), manteniendo la conexión entre los tres engranajes.

El engranaje araña (17) se conecta al brazo robótico (6) y está situado en posición perpendicular a los engranajes opuestos (15).

65 Cada engranaje opuesto está conectado a un motor (19) por medio de un semieje y/o un casquillo (18) y puede haber o no una caja de reducción (20) entre el engranaje opuesto (15) y el motor (19) correspondiente.

La combinación de movimientos de engranajes genera una amplia gama de trayectorias para el brazo robótico y para el miembro del paciente en espacio tridimensional, permitiendo realizar diversos movimientos y ejercicios de rehabilitación y entrenamiento y acondicionamiento físico.

5 Sin el deseo de ser exhaustivo, pero con el propósito de ilustrar algunas combinaciones de estos movimientos de engranajes y sus resultados en las trayectorias robóticas de brazos y miembros, los inventores presentan los siguientes ejemplos.

10 Cuando los dos engranajes opuestos (15) giran en la misma dirección alrededor de un eje común y con la misma magnitud (36a y 36b), el elemento de conexión (16) y el engranaje araña (17) describen una trayectoria curvilínea en un plan perpendicular al eje horizontal de los engranajes opuestos, haciendo que el brazo robótico y el miembro paciente describan la trayectoria curvilínea (37) en este mismo plan perpendicular, llevando el brazo robótico desde la posición (48a) a la posición (48b), lo que puede verse en las figuras 14 y 15.

15 Si los dos engranajes opuestos (15) tienen rotaciones en direcciones opuestas alrededor de un eje común pero con la misma magnitud (38a y 38b), el engranaje araña (17) gira alrededor del propio eje central, se interrumpe el elemento de conexión y el brazo robótico y el miembro del paciente describen un movimiento lateral (39) en una trayectoria curvilínea en un plan perpendicular al eje del engranaje araña, haciendo que el brazo robótico se mueva desde la posición inicial (49a) hasta la posición final (49b), conforme se puede ver en las figuras 16 y 17.

20 Si los engranajes opuestos tienen rotaciones con diferentes magnitudes y direcciones opuestas (40a y 40b), el elemento de conexión (16) y el engranaje araña (17) presentan movimientos en planos oblicuos al plan horizontal que corta el eje de los engranajes opuestos, haciendo con que el brazo robótico y el miembro del paciente se muevan en trayectorias curvilíneas oblicuas en el espacio tridimensional (41). Las figuras 18 y 19 ilustran esta situación, puesto que la figura 19 muestra una vista en perspectiva del equipo inventado y la posición inicial (50a) del brazo robótico y la posición final (50b) al final del movimiento con la trayectoria oblicua curvilínea (41).

25 Los motores (19) tienen un par entre 0,05 Nm y 50 Nm y tienen sensores de posición que transmitirán información al sistema de gestión y control.

30 Ellos pueden estar alineados con sus respectivos engranajes opuestos o pueden estar posicionados perpendicularmente a ellos, puesto que, en este caso, la transmisión del movimiento del motor al engranaje utilizará un conector o reductor en forma de "L".

35 Preferentemente, cada motor (19) está conectado a un driver (25), que es un convertidor de señales lógicas en señales eléctricas, y hay una conexión entre los dos drivers del equipo para sincronizar los datos. Sin embargo, es posible existir solamente un driver, sirviendo ambos los motores

40 El driver recibe las señales lógicas del sistema de gestión y control (24), convirtiendo estas señales lógicas en señales eléctricas que serán enviadas a los motores (19) para generar las rotaciones y los torques (Le. momento, torsión) en los engranajes.

45 El sistema de gestión y control (24) recibe información (27) del software de realidad virtual y/o aumentada (23) y gestiona y controla en tiempo real las transmisiones de datos entre este software (23), los drivers (25), los motores (19), controlando así el movimiento de los engranajes (15y17), el brazo robótico (6) y el miembro del paciente.

50 El software de realidad virtual y/o aumentada (23) almacena internamente las informaciones y los datos de los movimientos que se aplicarán en los ejercicios de rehabilitación motora o en los ejercicios de entrenamiento y acondicionamiento físico, transmitiendo estas informaciones (27) al sistema de gestión y control (24). que calcula la trayectoria a ejecutar por el paciente, además de la fuerza y aceleración del movimiento, y envía señales lógicas a los drivers (25), que los convertirán en señales eléctricas que causarán el movimiento de los motores (19), generando rotaciones y torques en los engranajes.

55 Con esto, tendremos los movimientos de los engranajes, el brazo robótico y el miembro del paciente en una determinada trayectoria, con cierta fuerza y alguna aceleración.

60 El sistema de gestión y control (24) también recibe el feedback (i. e. la respuesta) (28) con información sobre los movimientos del paciente, compara con la información recibida del software de realidad virtual y/o aumentada, recalcula trayectorias y envía señales a los motores para que estos realicen rotaciones y torques que corrijan la trayectoria, la fuerza y la aceleración del movimiento del paciente.

65 En la interacción visual con el paciente, el software de realidad virtual y/o aumentada (23) expone, en un monitor de computadora (29), en una pantalla de televisión, en un proyector o cualquier otro medio visual, juegos, escenario y entornos con figuras, colores y sonidos para simular situaciones cotidianas de las personas, presentando al paciente una interfaz gráfica agradable, lúdica y motivadora.

Para perfeccionar la inmersión de los pacientes en juegos y escenarios virtuales y ampliar los estímulos cognitivos, se pueden emplear gafas de realidad virtual y/o aumentada. Sin embargo, el software de realidad virtual y/o aumentada funciona normalmente sin el uso de gafas.

5 Con el fin de ilustrar la interacción entre los diversos componentes del equipo de rehabilitación motora de los extremos superior e inferior, se presentarán algunos ejemplos adicionales, que no deben considerarse exhaustivos o limitativos de ningún aspecto de la presente invención.

10 Considerándose un movimiento de rehabilitación (42) del miembro superior, lo cual consiste en recoger un objeto sobre una mesa y colocarlo en el armario delantero en una trayectoria curvilínea en el espacio tridimensional, como puede verse en la figura 20, el software de realidad virtual y/o aumentada transmite la información y los datos del movimiento (42) al sistema de gestión y control, que calcula la trayectoria, la fuerza y la aceleración de este movimiento. Estas informaciones o señales lógicas se transmiten a los drivers donde se convierten en señales eléctricas, que son transmitidas a los motores, que, a su vez, transmiten rotaciones y torques a los engranajes opuestos, que mueven el elemento de conexión y el engranaje araña, causando el movimiento (37) del brazo robótico, que mueve el miembro del paciente. El movimiento transmitido al miembro del paciente se visualizará en la pantalla y el paciente visualizará la mano virtual (46), lo que permitirá un estímulo de la parte cognitiva además de la parte motora de la persona.

20 La trayectoria virtual (42) del movimiento tiene una trayectoria recta (37) en el espacio esférico tridimensional. Esto es posible porque los engranajes opuestos tienen una rotación de la misma dirección alrededor de un eje común y la misma magnitud (36a y 36b). De este modo, el elemento de conexión, el engranaje araña, el brazo de robótico y el miembro de paciente describen una trayectoria curvilínea (37) en un plan perpendicular al eje de los engranajes opuestos.

25 Si el paciente hace algo de fuerza contraria al movimiento planificado o se desvía de la trayectoria esperada para el ejercicio, el sistema de gestión y control recibe este feedback, recalcula la trayectoria, la fuerza y/o la aceleración, envía estos datos en forma de señales lógicas para los drivers, que enviarán señales eléctricas a los motores para transmitir rotaciones y torques a los engranajes, con el objetivo de corregir la trayectoria, la fuerza y/o la aceleración del movimiento del paciente. Al mismo tiempo, el sistema de gestión y control enviará señales lógicas al software de realidad virtual y/o aumentada para exponer las correcciones de trayectoria del extremo del miembro superior o inferior en la pantalla o en el monitor.

35 Si el movimiento (43) deseado para el ejercicio del paciente fuera desplazar un objeto lateralmente en un plan horizontal en un entorno dado, la secuencia de transmisión de las informaciones sería la misma, sin embargo, el movimiento de los engranajes opuestos tendría rotaciones en direcciones opuestas alrededor de un eje común y de la misma magnitud. De este modo, el engranaje araña giraría alrededor del propio eje central, el elemento de conexión quedaría inmóvil y el brazo robótico y el miembro del paciente describirían un movimiento lateral con una trayectoria curvilínea en un plan perpendicular al eje del engranaje araña. Así, el paciente vería en la pantalla del software de realidad virtual y/o aumentada el movimiento (43) y la mano virtual (46) y el equipo describiría la trayectoria curvilínea (39) que conduce el brazo robótico desde la posición (49a) a la (49b).

45 En otra situación, como se puede ver en la figura 22, si el ejercicio consistía en recoger una fruta en un plato sobre la mesa y colocarla en un frutero situado arriba y a la derecha de la posición inicial de la fruta, el software de realidad virtual y/o aumentada pasaría la información de movimiento al sistema de gestión y control, que calcularía su trayectoria, su fuerza y su aceleración, informando estos datos a los drivers, que transmitirían estas informaciones a los motores, que generarían rotaciones y torques. Así, los engranajes opuestos girarían en direcciones opuestas con relación a un eje común y con magnitudes diferentes, haciendo que el elemento de conexión, el engranaje araña, el brazo robótico y el miembro del paciente describieran un movimiento (41) en el espacio tridimensional en trayectoria curvilínea oblicua respecto al plan horizontal que corta el eje de los engranajes opuestos. El paciente visualizaría el movimiento (44) en la pantalla, junto con la mano virtual (46), y el brazo robótico describiría la trayectoria (41), pasando de la posición (50a) a la (50b).

55 Además de su aplicación en ejercicios de rehabilitación, el equipo inventado también puede usarse para ejercicios de entrenamiento y acondicionamiento físico. En este caso, el equipo trabaja predominantemente en el modo activo-asistido, ofreciendo resistencia al movimiento a desarrollar la persona, de modo que el esfuerzo sea más intenso y dirigido, proporcionando un acondicionamiento físico más rápido y eficiente.

60 Durante el desarrollo del equipo presentado en este informe de patente, los inventores realizaron una serie de pruebas clínicas y obtuvieron excelentes resultados, aumentando la eficacia de los ejercicios de rehabilitación, mejorando las respuestas de los pacientes y comprometiendo a los pacientes en tratamiento

65 En una de las pruebas clínicas se evaluó la fuerza, trayectoria, velocidad y precisión de los movimientos de 8 pacientes con lesiones y secuelas por accidente cerebrovascular, para establecer la situación inicial de cada caso y definir el plan de rehabilitación a aplicar. Estos pacientes son considerados crónicos por las escalas motoras convencionales.

- 5 Luego, se realizaron 18 sesiones de rehabilitación con una duración de 1 hora cada, puesto que con cada paciente realizó entre 690 y 900 movimientos de alcance por sesión con el miembro lesionado. Estos movimientos generaron movimientos de flexión, extensión, abducción y aducción del hombro; extensión y flexión del codo; flexión, extensión, aducción y flexión de la muñeca; movimientos homolaterales y movimientos contralaterales.
- 10 Después de las 18 sesiones de rehabilitación, se realizó una nueva evaluación de los pacientes y se observó una mejora en el rendimiento motor y funcional del miembro del paciente, con una amplitud mayor del movimiento de los hombros, codo y muñeca; mejora de la flexión, extensión, rotación interna y externa, abducción y aducción del miembro; mayor precisión de trayectoria en los movimientos y mejora de la fuerza y la velocidad de los movimientos.
- 15 A título informativo, se debe destacar que, si estos ejercicios fueran realizados por un fisioterapeuta sin utilizar el equipo inventado, el paciente habría realizado sólo 80 a 100 movimientos por sesión, lo que haría la recuperación mucho más lenta y menos eficaz.
- 20 Se aplicó otra prueba a pacientes crónicos que presentaban lesiones que menoscababan los movimientos verticales contra la gravedad.
- El equipo se utilizó para evaluar la situación inicial y final de los pacientes y también se utilizó para el ejercicio de estos pacientes.
- 25 Para realizar los ejercicios, el software de realidad virtual y/o aumentada presentaba el escenario de recoger un ingrediente sobre la mesa y colocarlo en un gabinete, repitiendo el ejercicio para otros 4 ingredientes. Así, cada paciente tuvo que realizar movimientos en 5 trayectorias diferentes en el espacio tridimensional.
- 30 Antes de los ejercicios con el equipo inventado, los pacientes eran incapaces de realizar el movimiento vertical de poner el ingrediente en el gabinete, y después de 18 sesiones de rehabilitación con el equipo, estos pacientes crónicos fueron capaces de recoger el ingrediente en la mesa y colocarlo en el gabinete.
- 35 Para facilitar la visualización de este ejemplo típico aplicado a un paciente, la figura 23 muestra la proyección, en el plan bidimensional, del movimiento tridimensional de alcance en cada una de las 5 trayectorias antes del uso del equipo inventado y la figura 24 muestra la misma proyección de este movimiento de alcance en las 5 trayectorias después del tratamiento de rehabilitación.
- Observando las figuras 23 y 24, es posible verificar que el paciente fue capaz de realizar los movimientos con mayor amplitud y extensión después del tratamiento con el equipo de rehabilitación motora de esta patente.
- 40 El equipo inventado logra resolver los problemas del estado actual de la técnica y contribuir a la expansión de este campo del conocimiento humano, presentando una forma nueva y original de realizar ejercicios y movimientos terapéuticos para la rehabilitación motora de miembros superiores e inferiores y para el entrenamiento y acondicionamiento físico de las personas.
- 45 La realización de movimientos y ejercicios en el espacio tridimensional, con el miembro suspendido, bajo la acción de la fuerza gravitatoria y la trayectoria curvilínea representa una gran ventaja porque los movimientos se vuelven más complejos e integrados, se vuelven muy similares a los que son realizados por una persona en sus actividades de la vida diaria (AVD), requieren una mayor activación muscular, desplazan un mayor número de grupos musculares y articulaciones del miembro, y causan un estímulo mucho mayor en el cerebro del paciente, lo que proporciona una mayor rapidez y eficacia en la capacidad del individuo.
- 50 Otra ventaja del equipo inventado está relacionada con el uso de un software de realidad virtual y/o aumentada que tiene una interfaz gráfica agradable, lúdica y motivadora, con juegos, escenarios y entornos con figuras, colores y sonidos, en la cual se contextualizan los juegos, escenarios y entornos virtuales que se parecen mucho a las situaciones cotidianas de las personas. Así, el paciente vuelve más motivado para realizar los ejercicios porque puede comprender la utilidad del movimiento, se siente más comprometido con su propia rehabilitación o
- 55 entrenamiento y estimula la parte cognitiva en conjunción con la parte motora del individuo.
- Otra ventaja es que el equipo es compacto, portátil, leve, fácil de transportar y no requiere instalaciones especiales para su implantación y su uso porque el paciente puede llevar el equipo a casa y realizar ejercicios de rehabilitación cuantas veces pueda o quiera, lo que aumenta su velocidad de recuperación. Si es una persona que usa el equipo para el entrenamiento y acondicionamiento físico, sigue aprovechando esta ventaja porque puede llevar el equipo dondequiera y realizar los ejercicios muchas veces al día.
- 60 La posibilidad de programar ejercicios para cada paciente es otra ventaja del equipo inventado porque el paciente interactúa con el equipo y realiza los ejercicios previstos para su rehabilitación. De esta manera, el fisioterapeuta supervisa los ejercicios y es liberado para atender a otros pacientes en el mismo período de tiempo.
- 65

La configuración del sistema de engranajes es otra ventaja porque es simple, compacta y funcional y permite la realización de los movimientos y de los ejercicios en el espacio tridimensional con el uso de sólo dos motores, lo que contribuye a que el equipo sea compacto, leve, fácil para transportar y presenta el un coste de fabricación más bajo.

- 5 Así, el equipo inventado ayuda a los pacientes en la realización de sus ejercicios de rehabilitación y ayuda a las personas en la obtención de un acondicionamiento físico mejor y más rápido.

REIVINDICACIONES

1. Equipo (1) para rehabilitación motora de miembros superiores e inferiores de un paciente que permite la ejecución de movimientos y ejercicios con trayectoria curvilínea en un espacio tridimensional, en donde el equipo comprende:
- 5 un dispositivo (5,7,8) configurado para conectarse a un extremo distal del miembro del paciente de modo que el miembro del paciente bajo la influencia de la gravedad permanece suspendido en el espacio tridimensional;
un brazo robótico (6) conectado al dispositivo;
un sistema de engranajes que comprende un primer engranaje opuesto (15), un segundo engranaje opuesto, un
10 engranaje araña (17) y un elemento de conexión (16), en donde el sistema de engranajes está conectado al brazo robótico por medio del engranaje araña;
un primer motor (19) conectado al primer engranaje opuesto y un segundo motor conectado al segundo engranaje opuesto;
15 opcionalmente dos cajas de reducción de engranajes (20) cada una conectándose a un engranaje opuesto con el motor respectivo;
al menos un driver (25) para los motores;
un software de realidad virtual y/o aumentada;
un sistema de gestión y control (24) configurado para recibir información del software de realidad virtual y/o
20 aumentada y para controlar el brazo robótico; y
una pantalla de televisión, un monitor de computadora (29), un proyector o cualquier otro medio adecuado configurado para exponer el software de realidad virtual y/o aumentada al paciente;
2. El equipo según la reivindicación 1, en donde el dispositivo tiene una forma de esfera (5), una forma anatómica (7) para los dedos o para la mano del paciente, una forma de manija, una forma de joystick o cualquier otra forma que
25 permite que el paciente agarre el dispositivo.
3. El equipo según la reivindicación 2, en donde el dispositivo tiene una forma de esfera o una forma anatómica para los dedos o para la mano del paciente.
- 30 4. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo comprende sensores que permiten al paciente apretar o presionar el dispositivo para obtener un efecto visual, sonoro u otro efecto en el software de realidad virtual y/o aumentada.
- 35 5. El equipo según la reivindicación 1, en donde el dispositivo es una esfera, un elipsoide, un tablón, una forma de pedal o cualquier otra forma que permita el posicionamiento del pie del paciente.
- 40 6. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo comprende un guante, un calcetín o cintas y cinturones que comprenden cierres de gancho y de bucle, el guante, el calcetín o las cintas y cinturones están configurados para conectar el extremo distal del miembro del paciente.
- 45 7. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo está hecho de silicona, plástico, un polímero, un elastómero, espuma, madera o metal, y opcionalmente en donde se aplican revestimientos superficiales, texturas o relieves al dispositivo.
- 50 8. El equipo según la reivindicación 7, en donde el dispositivo está hecho de silicona.
9. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo está fijado al brazo robótico de modo que el movimiento relativo entre el dispositivo y el brazo robótico se inhibe, o en donde el dispositivo está conectado al brazo robótico por un sistema de rodamientos, una articulación universal o una articulación esférica.
- 55 10. El equipo según la reivindicación 9, en donde el dispositivo está conectado al brazo robótico mediante un sistema de rodamientos, una articulación universal o una articulación esférica.
11. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el brazo robótico comprende un asta mayor que tiene una longitud entre 1 cm y 100 cm, y un asta menor conectada al asta mayor, el asta menor que tiene una longitud entre 5 cm y 50 cm.
- 60 12. El equipo según la reivindicación 11, en donde el asta mayor y el asta menor son cada una recta o cada una curvada, y en donde se forma un ángulo entre el asta mayor y el asta menor.
- 65 13. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde el brazo robótico comprende una única asta que tiene una longitud entre 5 cm y 100 cm, y en donde la única asta es recta o curvada.
14. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el brazo robótico está hecho de metal, plástico, madera o un polímero y opcionalmente en donde se aplican revestimientos superficiales, relieves o texturas al brazo robótico.

- 5 15. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el brazo robótico tiene un núcleo hecho de metal, plástico, madera, un polímero o cualquier otro material adecuado y en donde el brazo robótico tiene un revestimiento superficial, relieve o textura hechos de metal, plástico, madera, un polímero o cualquier otro material aplicado al núcleo.
16. El equipo según la reivindicación 15, en donde el núcleo está hecho de metal y en donde el brazo robótico tiene un revestimiento superficial aplicado al núcleo, el revestimiento superficial está hecho de plástico.
- 10 17. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el brazo robótico está conectado al engranaje araña por medio de tornillos, pasadores, adhesivos, pegamento o cualquier otro elemento de fijación adecuado.
- 15 18. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde cada engranaje opuesto está conectado al motor respectivo por medio de un semieje y/o un casquillo.
- 20 19. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el engranaje araña está conectado al elemento de conexión, por medio de un pasador de fijación y en donde el engranaje araña es perpendicular a los primer y segundo engranajes opuestos.
- 25 20. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el engranaje araña, el primer engranaje opuesto y el segundo engranaje opuesto son de forma cónica o semiesférica y comprenden dientes rectos o helicoidales, y en donde el equipo comprende opcionalmente un mecanismo para evitar holguras o backlash del engranaje araña, del primer engranaje opuesto y del segundo engranaje opuesto.
- 30 21. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el elemento de conexión es una esfera, un poliedro o un prisma que tiene una base poligonal o circular.
- 35 22. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende una caja de reducción de engranajes entre el primer engranaje opuesto y el primer motor, y una caja de reducción de engranajes entre el segundo engranaje opuesto y el segundo motor.
- 40 23. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el primer motor y el segundo motor pueden proporcionar un torque de entre 0,05 Nm y 50 Nm, y en donde los primer y segundo motores comprenden sensores de posición.
- 45 24. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde los primer y segundo motores están alineados con el primer engranaje opuesto y el segundo engranaje opuesto, respectivamente, o en donde el primer motor y el segundo motor están posicionados perpendiculares al primer engranaje opuesto y al segundo engranaje opuesto, respectivamente.
- 50 25. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el al menos un driver recibe señales lógicas del sistema de gestión y de control, convierte las señales lógicas en señales eléctricas y transmite las señales eléctricas a los primer y segundo motores.
- 55 26. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el software de realidad virtual y/o aumentada tiene una interfaz gráfica de usuario agradable, lúdica y motivadora, y contiene uno o más juegos, escenarios, entornos, figuras, colores y sonidos para simular situaciones cotidianas del paciente, y en donde el software de realidad virtual y/o aumentada expone los movimientos del paciente y correcciones de los movimientos del paciente por medio de la pantalla de televisión, el monitor de computadora, el proyector u otro medio adecuado, y está configurado para usarse por uno o más pacientes simultáneamente.
- 60 27. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el software de realidad virtual y/o aumentada tiene una base de datos configurada para almacenar información y datos basados en los movimientos y ejercicios del paciente.
- 65 28. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el sistema de gestión y de control calcula una trayectoria, una fuerza y una aceleración asociadas con cada movimiento a realizar por el paciente; en donde el sistema de gestión y de control envía señales lógicas basadas en la trayectoria, fuerza y aceleración calculadas al al menos un driver; en donde el sistema de gestión y de control recalcula la trayectoria, la fuerza y la aceleración asociadas con el movimiento realizado por el paciente de acuerdo al feedback recibido del al menos un driver; en donde el sistema de gestión y de control envía señales lógicas basadas en la trayectoria, fuerza y aceleración calculadas al al menos un driver para permitir la corrección del movimiento del paciente; y en donde el sistema de gestión y de control envía señales lógicas al software de realidad virtual y/o aumentada que expone las correcciones del movimiento del paciente a través de la pantalla de televisión, el monitor de computadora,

el proyector o cualquier otro medio adecuado.

5 29. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo además al menos una entrada de vídeo, comprendiendo la al menos una entrada de vídeo al menos preferiblemente una entrada USB, una entrada VGA, una entrada HDMI y/o una entrada DVI.

10 30. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo además un dispositivo touchscreen, u otros dispositivos externos configurados para permitir acceso a una función de interfaz de control del equipo, en donde preferiblemente el dispositivo touchscreen es un tablet, o los otros dispositivos externos son un teclado y/o un mouse.

31. El equipo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el equipo es portátil y no requiere instalaciones adaptadas exclusivamente para su uso.

15 32. El equipo según cualquier reivindicación precedente, comprendiendo además gafas de realidad virtual y/o aumentada para la visualización del software de realidad virtual y/o aumentada.

FIGURA 1

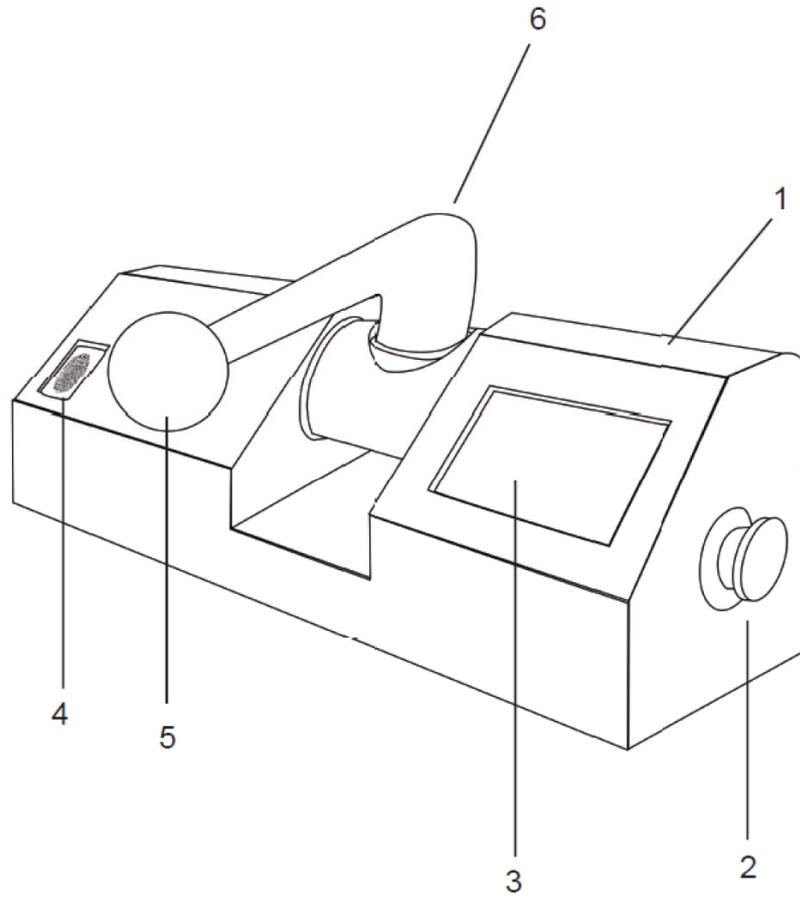


FIGURA 2

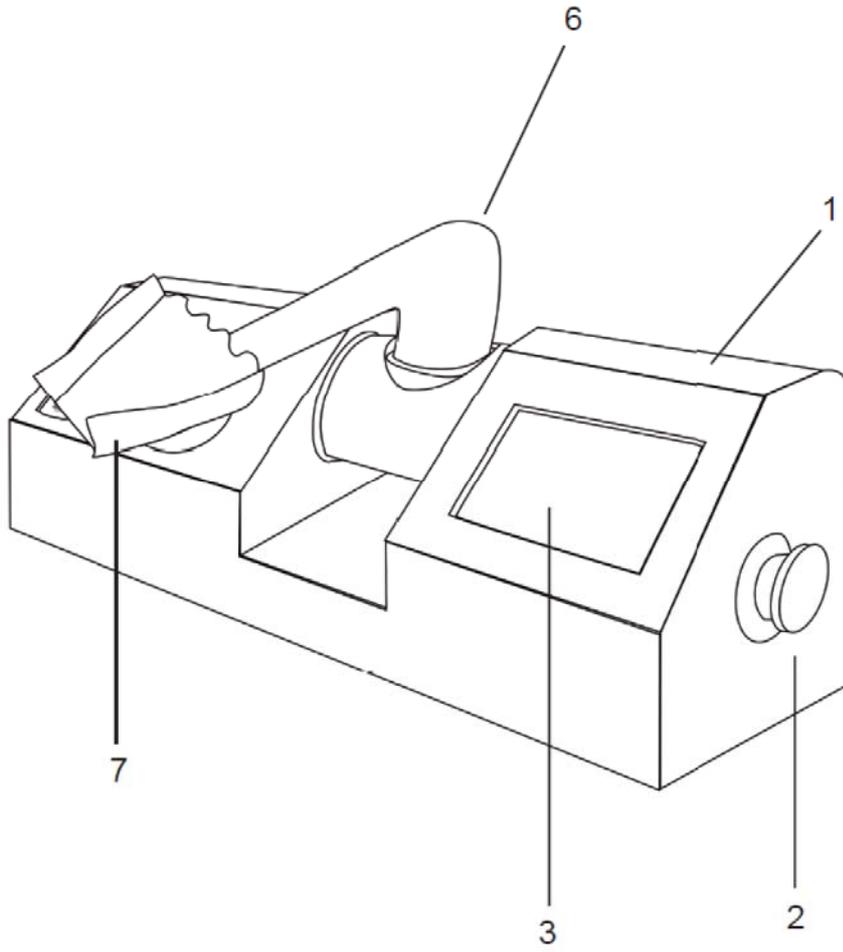


FIGURA 3

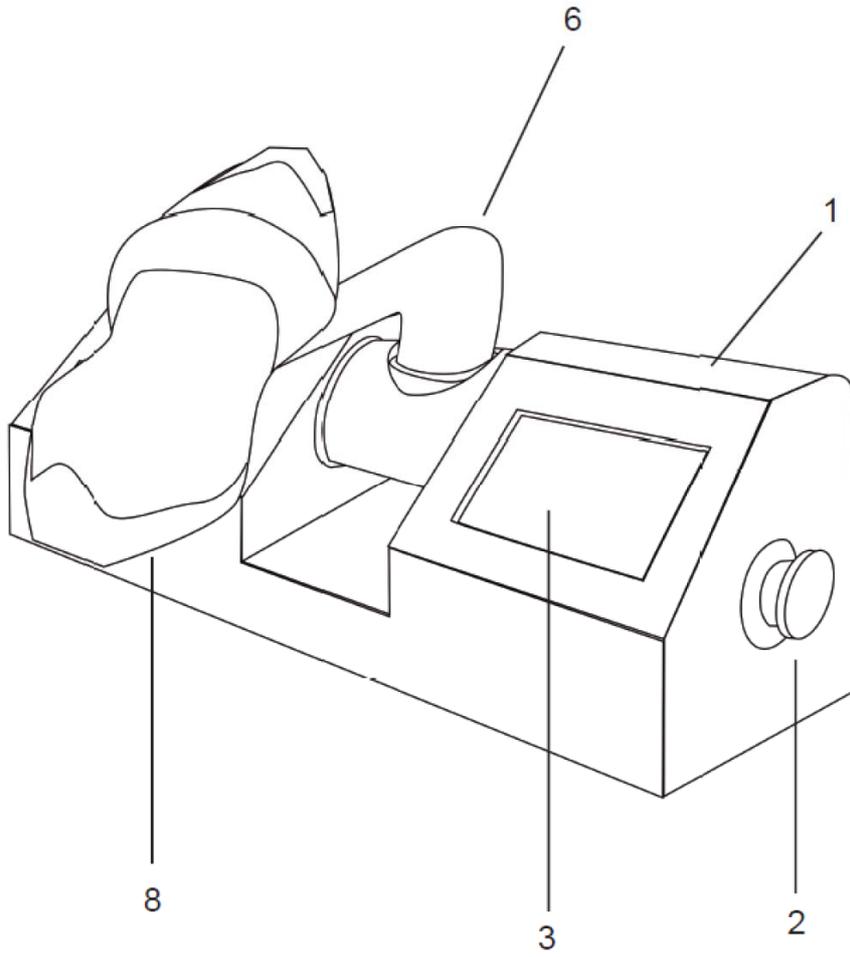


FIGURA 4

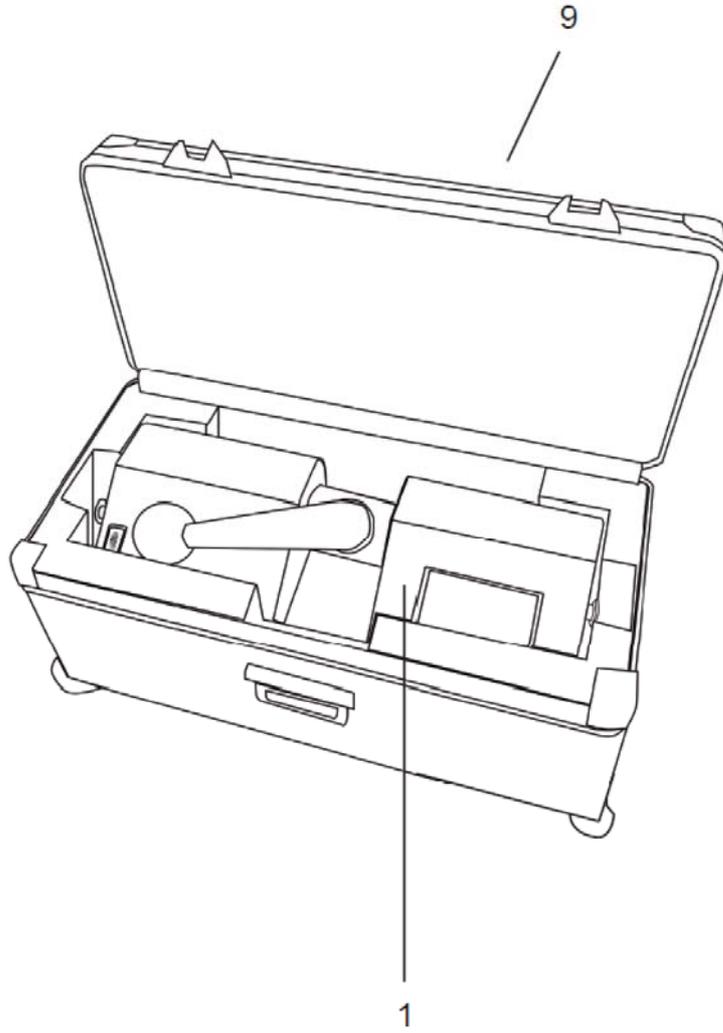


FIGURA 5

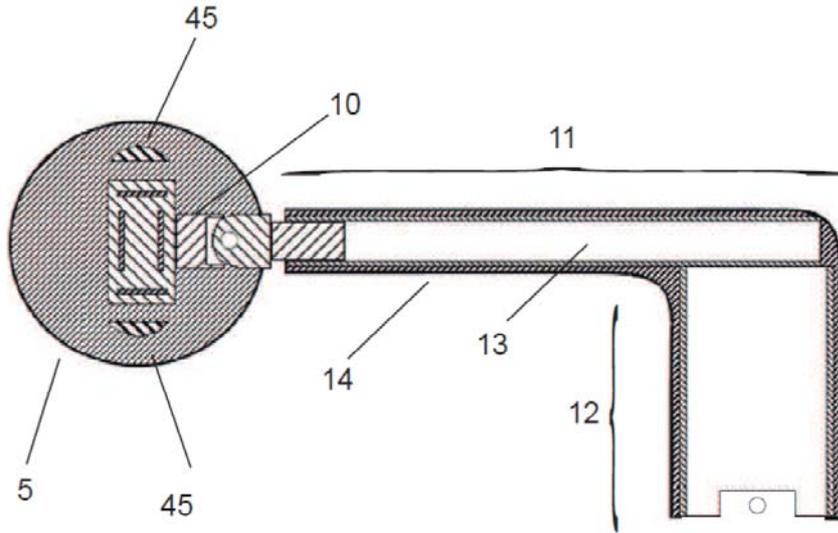


FIGURA 6

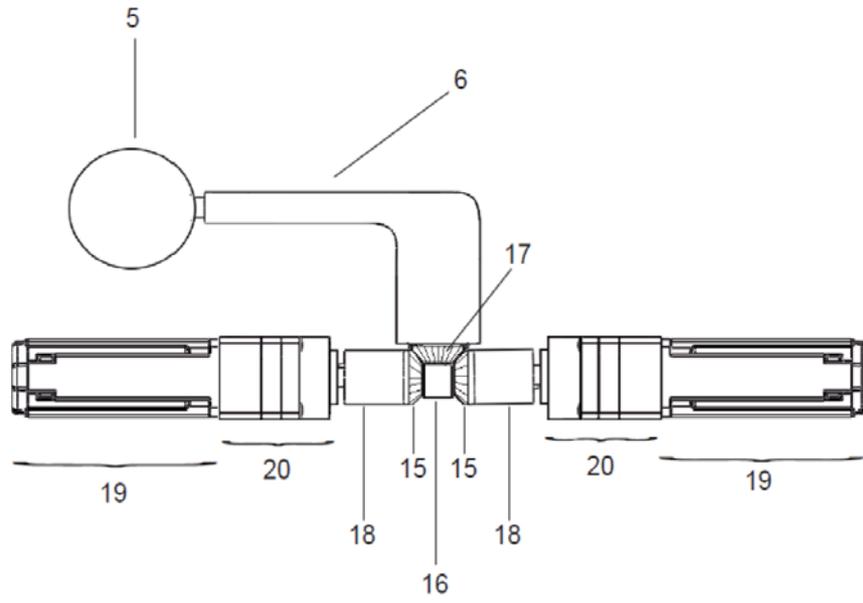


FIGURA 7

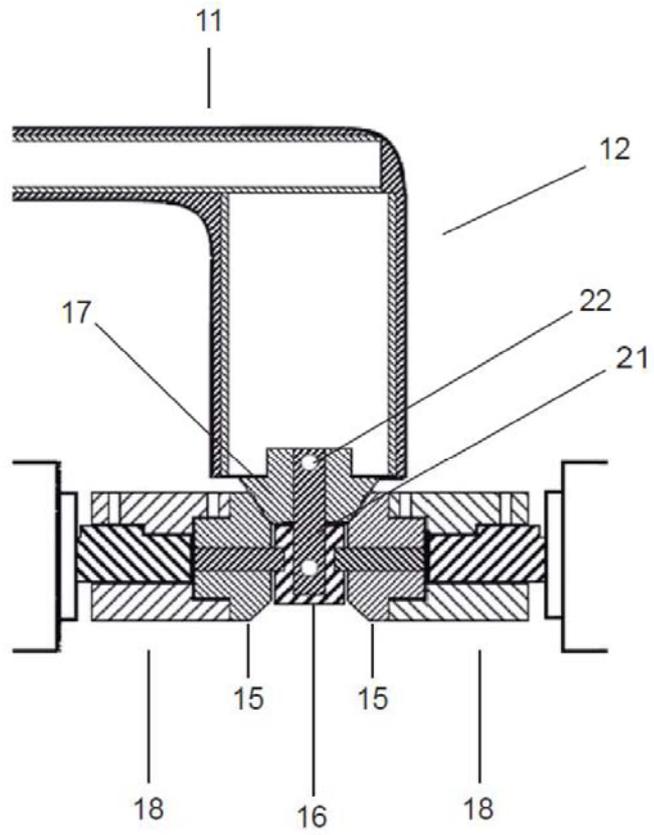


FIGURA 8

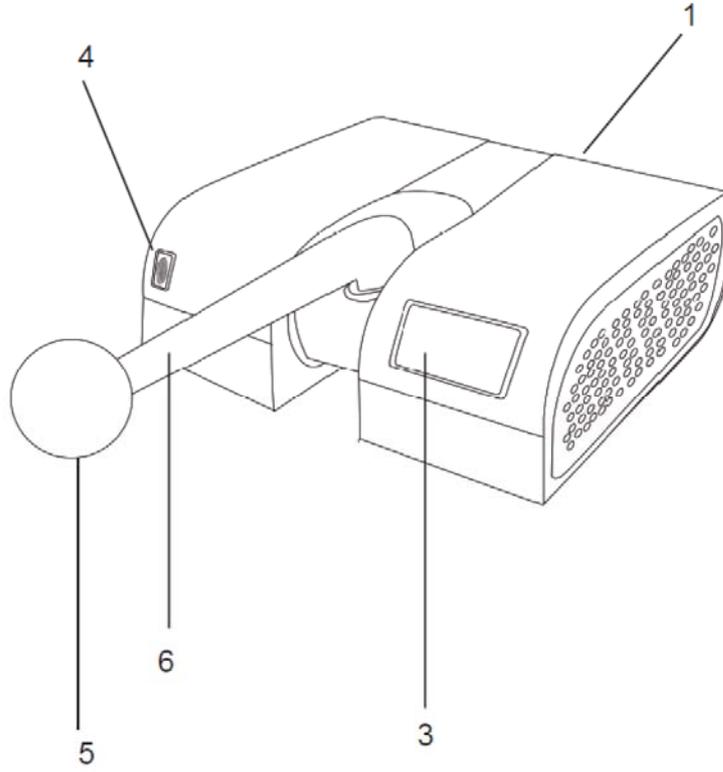


FIGURA 9

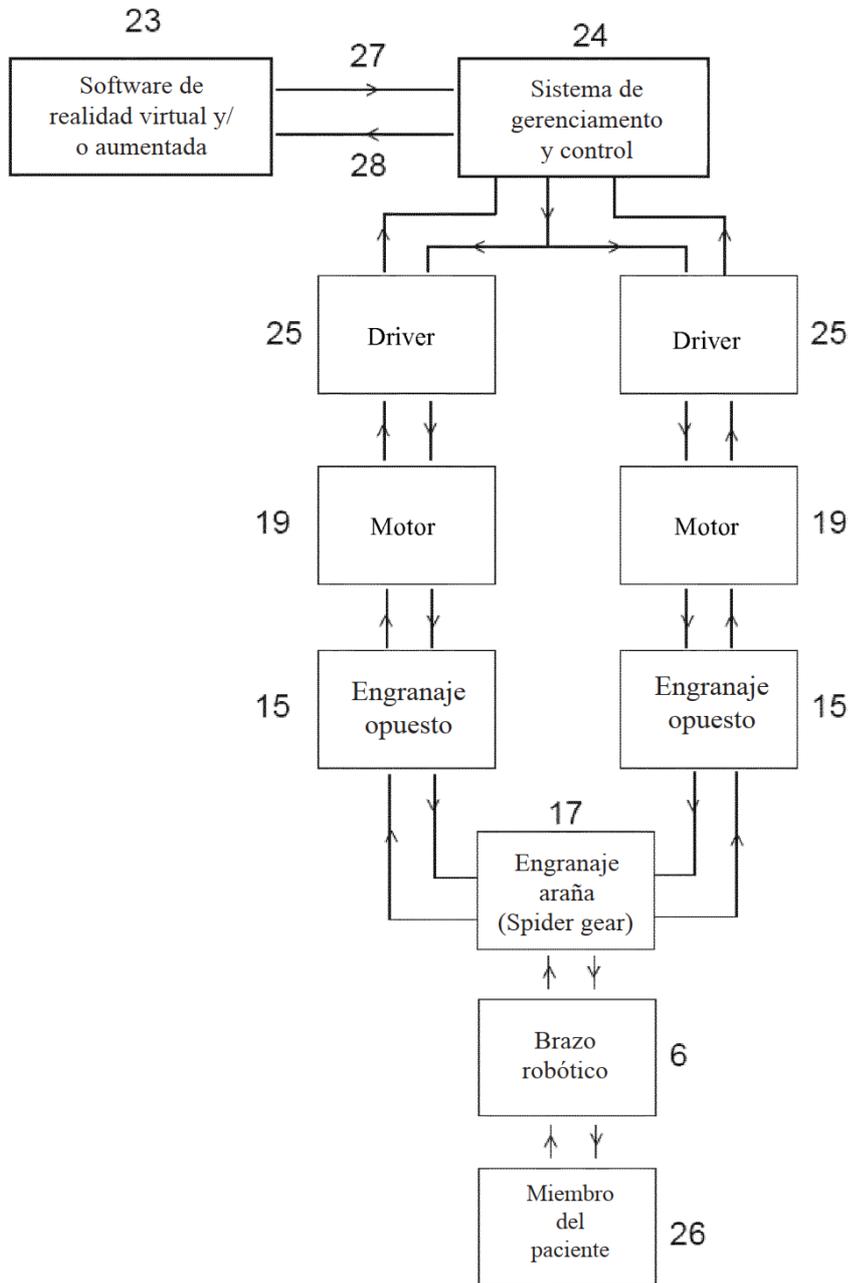


FIGURA 10

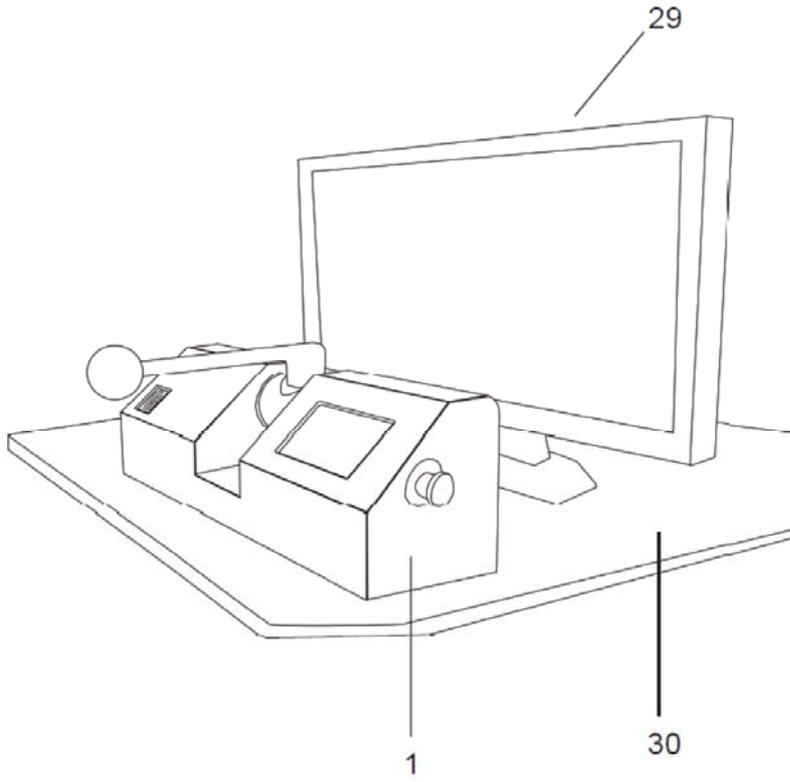


FIGURA 11

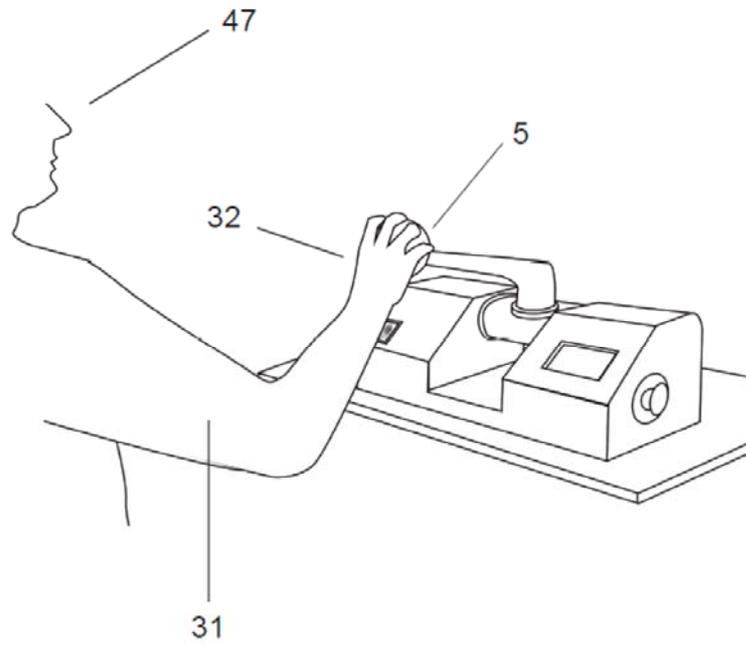


FIGURA 12

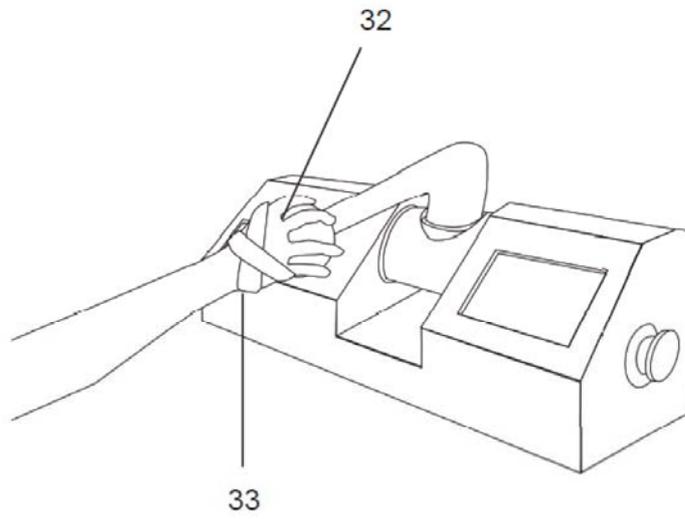


FIGURA 13

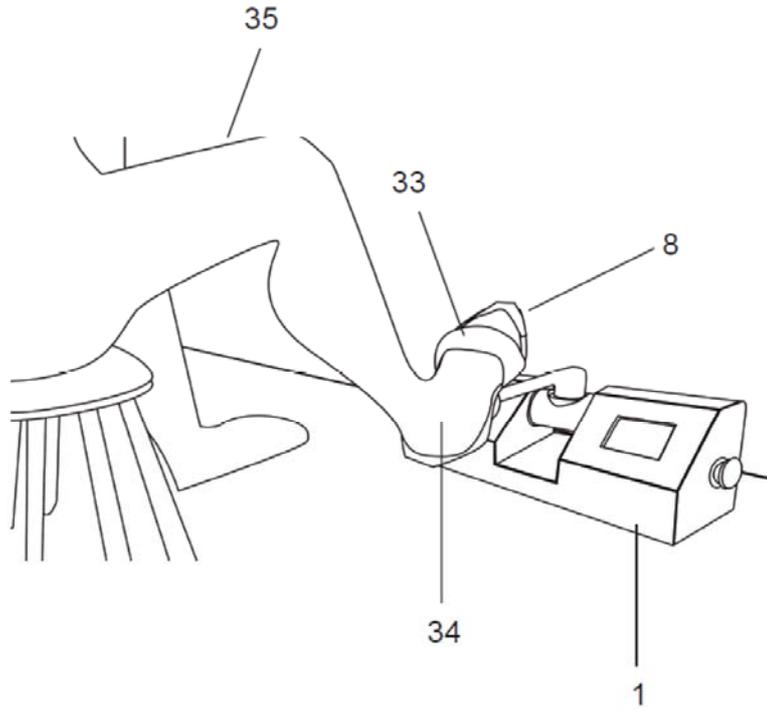


FIGURA 14

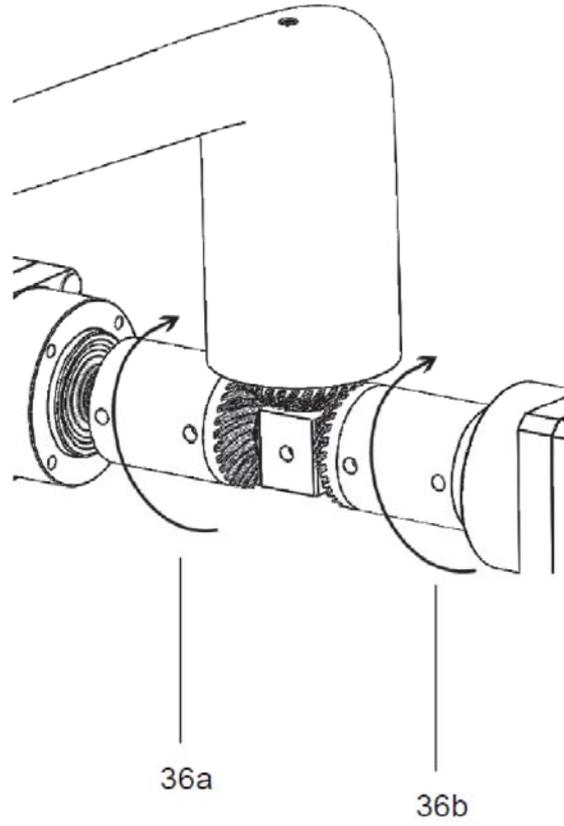


FIGURA 15

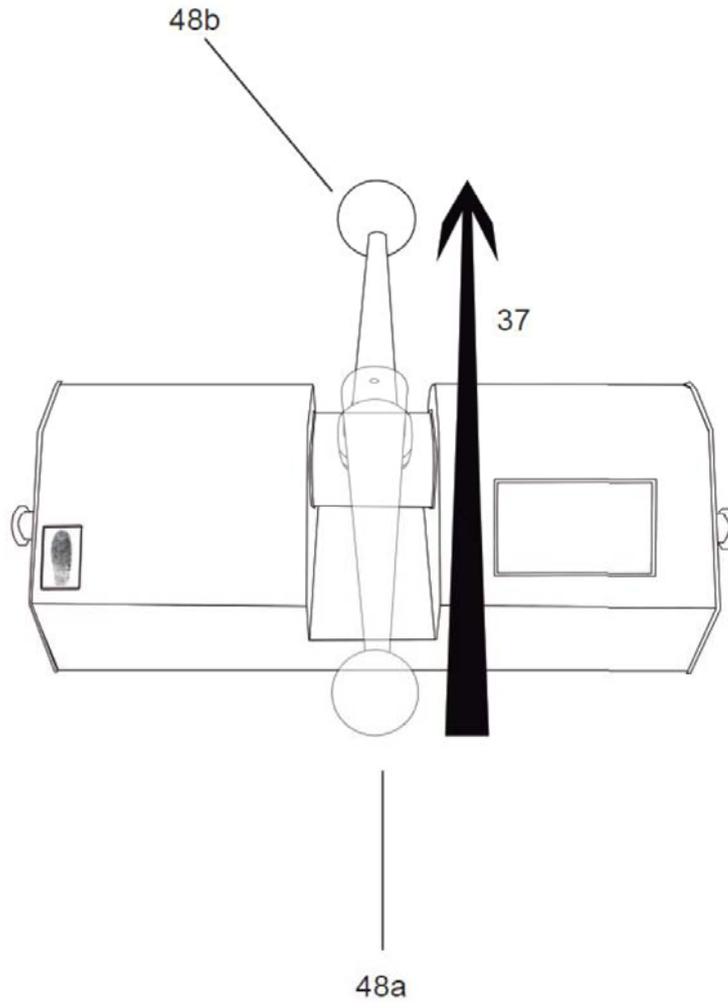


FIGURA 16

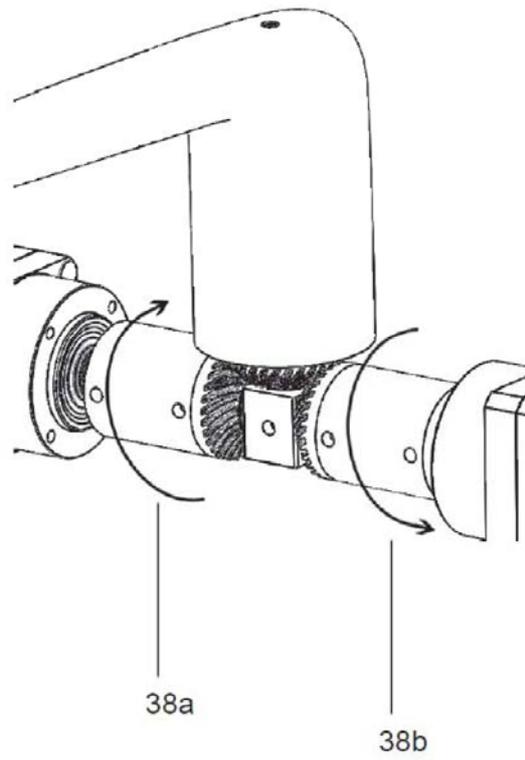


FIGURA 17

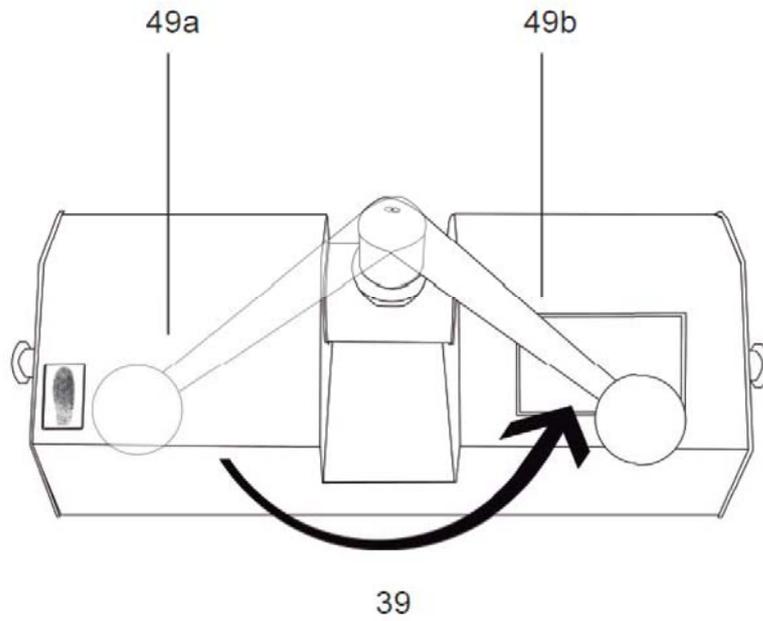


FIGURA 18

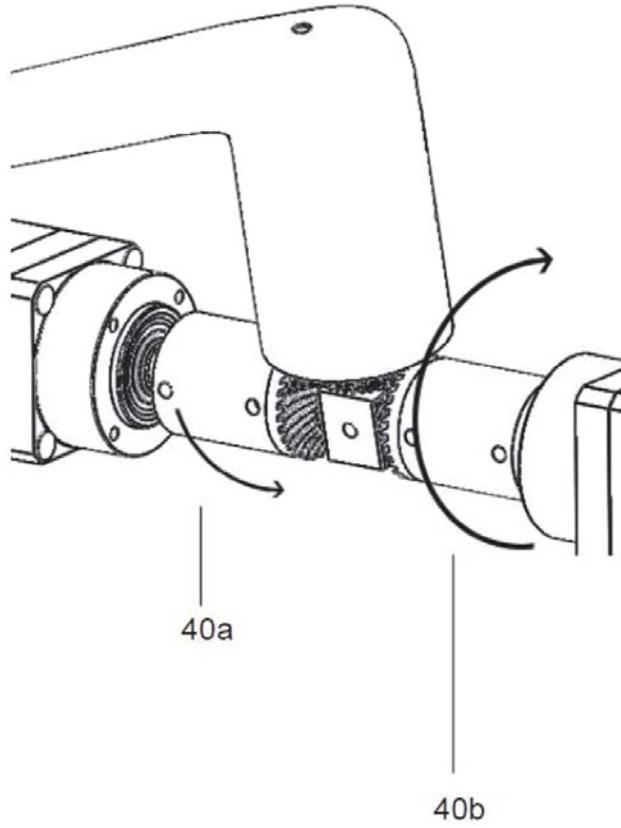


FIGURA 19

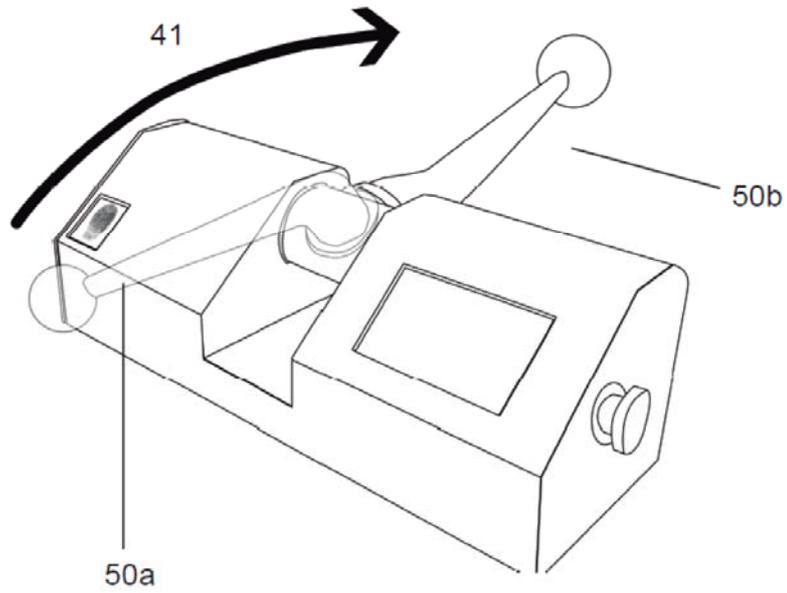


FIGURA 20

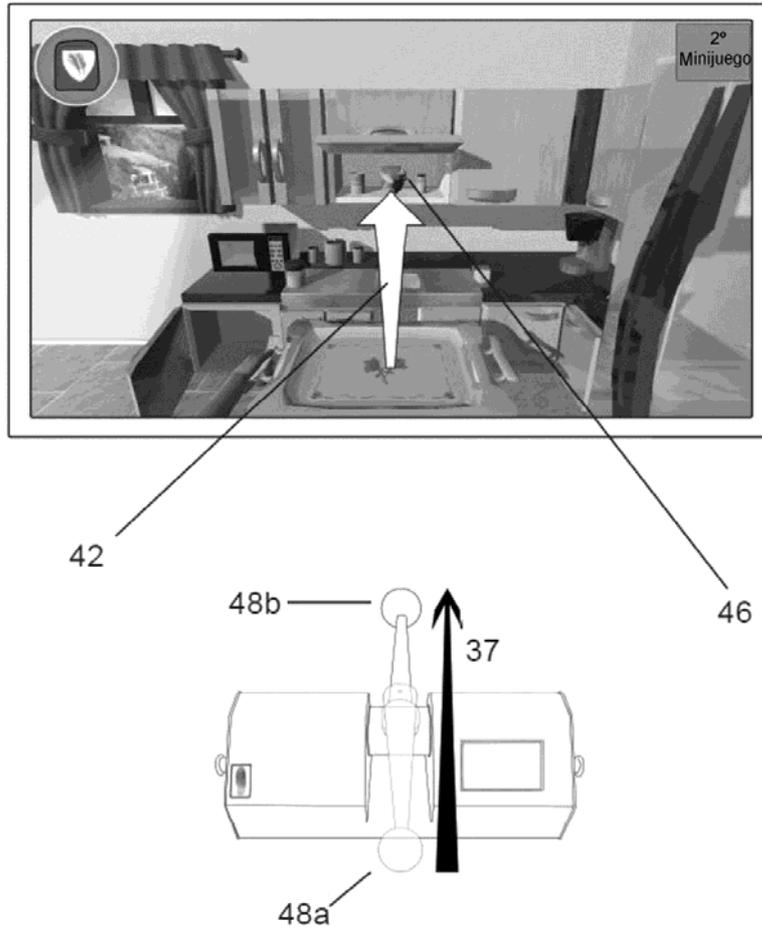


FIGURA 21

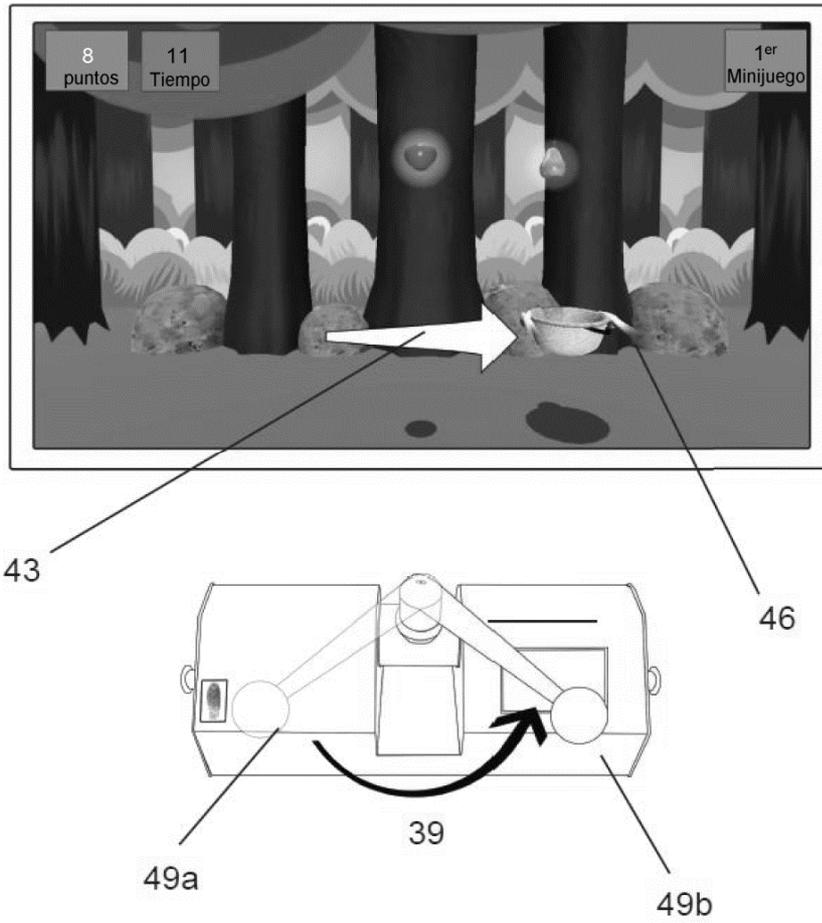


FIGURA 22

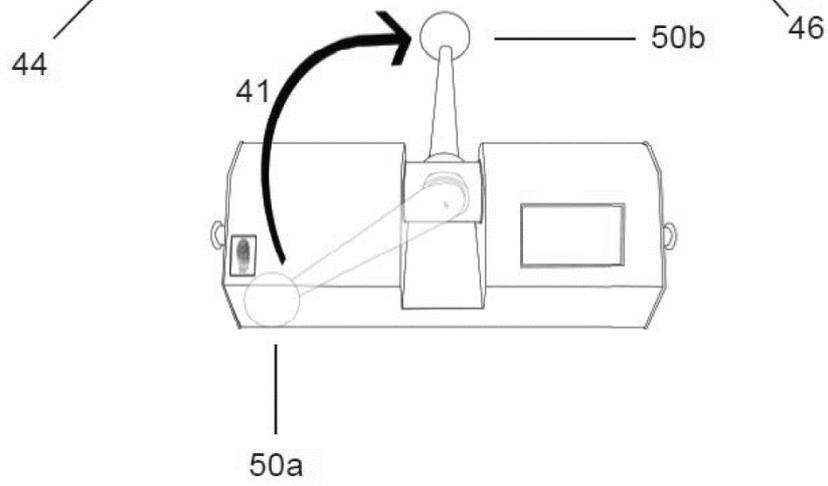


FIGURA 23

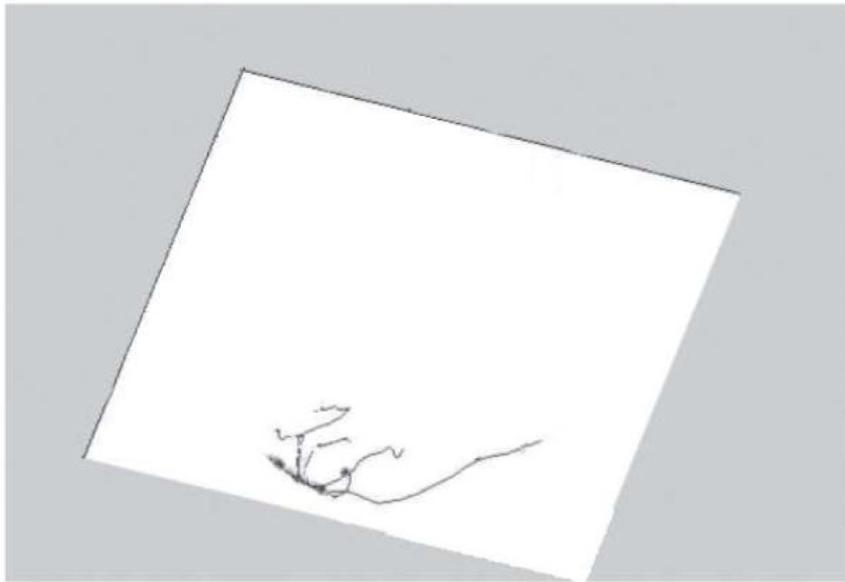


FIGURA 24

