

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 558 024**

21 Número de solicitud: 201400643

51 Int. Cl.:

B25J 9/00 (2006.01)
A61H 1/02 (2006.01)
A61F 5/01 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:
31.07.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:
01.02.2016

Fecha de la concesión:
02.11.2016

45 Fecha de publicación de la concesión:
10.11.2016

73 Titular/es:
**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
(100.0%)
Avda. de la Universidad s/n, Edificio Rectorado y
Consejo Social
03202 Elche (Alicante) ES**

72 Inventor/es:
**GARCÍA ARACIL , Nicolás ;
SABATER NAVARRO , José María ;
FERNÁNDEZ JOVER , Eduardo ;
BADESA CLEMENTE , Francisco J. ;
MORALES VIDAL , Ricardo ;
DÍEZ POMARES , Jorge A. y
ENRIQUEZ URBANO , Samara Catalina**

74 Agente/Representante:
BORRAS ROCHER , Fernando

54 Título: **Dispositivo robótico modular y auto-adaptativo para la rehabilitación de la mano y procedimiento de uso**

57 Resumen:
Dispositivo robótico modular y auto-adaptativo para la rehabilitación de la mano y procedimiento de uso.
La presente invención consiste en un dispositivo robótico modular y auto-adaptativo para la rehabilitación de la mano, que está comprendido por: un dispositivo robótico de tipo exoesqueleto, un sistema de estimulación dorsal y palmar sincronizado con el movimiento asistido de apertura y cierre de la mano, un sistema de fijación y liberalización entre el dispositivo y la mano del usuario basado en el uso de sistemas de tipo clip magnetizados o similares, un sistema de adquisición de señales fisiológicas mediante sensores embebidos en el sistema de fijación del dispositivo, un sistema de control y un sistema de realidad virtual con diferentes actividades terapéuticas.

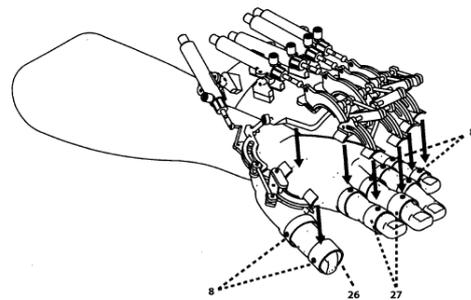


FIG. 3.

ES 2 558 024 B1

DESCRIPCIÓN

DISPOSITIVO ROBÓTICO MODULAR Y AUTO-ADAPTATIVO PARA LA REHABILITACIÓN DE LA MANO Y PROCEDIMIENTO DE USO

5 La presente invención consiste en un dispositivo robótico modular y auto-adaptativo para la rehabilitación de la mano, que está comprendido por: un dispositivo robótico de tipo exoesqueleto, un sistema de estimulación dorsal y palmar sincronizado con el movimiento asistido de apertura y cierre de la mano, un sistema de fijación y liberalización entre el dispositivo y la mano del usuario basado en el uso de sistemas de tipo clip magnetizados o similares, un sistema de adquisición de señales fisiológicas mediante sensores embebidos en el sistema de fijación del dispositivo, un sistema de control y un sistema de realidad virtual con diferentes actividades terapéuticas. Se entiende por auto-adaptación del dispositivo la capacidad del dispositivo en modificar el nivel de asistencia proporcionado por el mismo junto con el nivel de complejidad de la terapia de rehabilitación en función de la estimación en tiempo real de la intención del usuario, estado fisiológico del mismo y su desempeño durante la realización de terapias de rehabilitación asistidas por el dispositivo.

10 15 20 La invención hace posible la rehabilitación total o parcial de personas que han perdido total o parcialmente la función motora de la mano y/o la asistencia a personas en la realización de tareas cotidianas que requieran la funcionalidad de prensión de la mano.

SECTOR TÉCNICO AL QUE SE REFIERE LA INVENCION

25 El presente invento se encuadra en el sector técnico de la robótica médica, más concretamente en lo relativo a robótica de rehabilitación y robótica asistencial.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

30 La presente invención consiste un dispositivo que permite a

personas que han perdido total o parcialmente la función motora de la mano la rehabilitación total o parcial de la función perdida y/o que permita asistir en la realización de tareas cotidianas que requieran la funcionalidad de prensión de la mano.

5 En la actualidad existen diversos dispositivos de tipo exoesqueleto que permiten asistir la función motora perdida o debilitada de la mano. Entre dichos dispositivos cabe destacar el descrito en la patente WO2014068509. Se trata de un dispositivo de tipo exoesqueleto formado por tres unidades robotizadas cada una de las cuales es para la unión a
10 cada uno de los dedos pulgar, índice y dedo medio de la mano de un usuario, donde la unidad robótica: i) primera es para la fijación al pulgar tiene al menos dos elementos de fijación a las falanges distales y proximales del pulgar; ii) la segunda y tercera unidad son para la unión con el índice y el dedo medio y disponen de dos elementos de fijación a las
15 falanges distales, media y proximal del dedo correspondiente. El dispositivo dispone de 5 grados de libertad y fue desarrollado principalmente para asistir o rehabilitar la escritura a mano. La diferencia entre el sistema presentado en la patente WO2014068509 con la presente invención radica en que el sistema descrito en la patente WO2014068509
20 presenta sólo 3 unidades robotizadas para los dedos pulgar, índice y dedo medio mientras que la presente invención puede controlar la apertura y cierre de todos los dedos de la mano. Además la aplicación del dispositivo presentado en la patente WO2014068509 se restringe fundamentalmente a la asistencia o rehabilitación de la escritura a mano mientras que la
25 presente invención tiene un campo de aplicación mucho más amplio gracias a su modularidad y el control de apertura/cierre de todos los dedos de la mano.

 Otro dispositivo que cabe destacar es el descrito en la patente WO2011054983. Se trata de un dispositivo de accionamiento para una
30 mano discapacitada, del tipo que comprende medios para mover, mediante un impulso desde una parte móvil del cuerpo del usuario, uno o más dedos

de dicha mano discapacitada, desde una primera posición en la que la mano está parcialmente abierta a una segunda posición en la que dicho o dichos dedos se han replegado en dirección al pulgar, con el propósito de agarrar o agarrarse de un objeto, comprendiendo dicho dispositivo de accionamiento un exoesqueleto aplicable a la cara dorsal de dicha mano. La diferencia entre el sistema presentado en la patente WO2011054983 con la presente invención radica en que el sistema descrito en la patente WO2011054983 presenta un dispositivo de tipo exoesqueleto que se encuentra recubierto por un guante y de esa forma se fija a la mano mientras que la presente invención se fija a la mano mediante el uso de correas de velcro o similar que contienen los sistemas de tipo clip magnetizados o similares a las falanges proximales y falanges medias de los dedos que se quieren movilizar. Además, la patente WO2011054983 sólo está referida a la descripción de un dispositivo de tipo exoesqueleto mientras que la presente invención reivindica un dispositivo de tipo exoesqueleto que integren en el mismo dispositivo distintas características, entre otras, como: i) la modularidad, que permite localizar tantos accionamientos sobre la base del dispositivo como dedos de la mano se quieran; ii) la estimulación palmar/dorsal durante la realización del movimiento de apertura/cierre de la mano; iii) la auto-adaptación del dispositivo modificando el nivel de asistencia proporcionado por el mismo junto con el nivel de complejidad de la terapia de rehabilitación y iv) la rápida fijación y liberalización entre el dispositivo y la mano del usuario.

En la patente US2010305717, se presenta un dispositivo de tipo exoesqueleto que se compone de 5 motores lineales de corriente continua que controlan la apertura y cierre de los 5 dedos de la mano según un sistema mecánico de transmisión fijado a la articulación metacarpo falángica (MCP) y a la articulación inter-falángica distal (PIP). La diferencia entre el sistema presentado en la patente US2010305717 con la presente invención radica en que el sistema descrito en la patente US2010305717 no permite: i) localizar tantos accionamientos sobre la base del dispositivo

como dedos de la mano se quieran rehabilitar y/o asistir durante tareas de la vida diaria; ii) estimular palmar/dorsal durante la realización del movimiento de apertura/cierre de la mano; iii) medir señales fisiológicas del usuario para su utilización durante el control del dispositivo. Además, la presente invención permite: i) la rápida fijación y liberalización entre el dispositivo y la mano del usuario mediante el uso de sistemas de tipo clip magnetizados o similares; y ii) la modificación el nivel de asistencia proporcionado por el dispositivo junto con el nivel de complejidad de la terapia de rehabilitación en función de la estimación en tiempo real de la intención del usuario, estado fisiológico del mismo y su desempeño durante la realización de terapias de rehabilitación.

Otro dispositivo es el presentado en la patente WO2014033613. Se trata de un dispositivo de tipo exoesqueleto para la rehabilitación de la mano o para asistir en los movimientos propios de la mano en tareas de la vida diaria. Dicho dispositivo dispone por cada dedo de la mano de tres articulaciones rotacionales activas que se utilizan para actuar sobre: la flexión / extensión distal interfalángica (DIP), proximal interfalángica (PIP) y metacarpofalángicas (MP). En las articulaciones DIP y PIP, la compatibilidad cinemática (alineación entre los ejes de la articulación de la ortesis y los propios de la mano) se obtiene a través de un material flexible situado dentro de la carcasa. En el caso de la articulación de MP, hay una junta pasiva adicional (abducción / aducción) de auto-alineación obtenida a través de un casquillo elástico y hay un (articulación de flexión / extensión) de auto-ajuste obtenidos a través de un mecanismo de corredera-manivela. La diferencia entre el sistema presentado en la patente WO2014033613 con la presente invención radica fundamentalmente en que en la patente WO2014033613 las articulaciones activas del dispositivo se encuentran alineadas y en contacto directo con las articulaciones de los dedos de la mano a movilizar mientras que en la presente invención lo que se alinea con la articulaciones de los dedos es el centro virtual de movimiento de cada una de las guías circulares que forman el mecanismo

de tipo exoesqueleto.

Los dispositivos robóticos de tipo exoesqueleto son también utilizados como interfaces hombre máquina para interactuar con mundos virtuales y proporcionan una reflexión kinestésica, como el dispositivo
5 presentado en la patente WO9510396 y otros similares.

No se han encontrado referencias de dispositivos de tipo exoesqueleto que integren en el mismo dispositivo: i) modularidad, que permite localizar tantos accionamientos sobre la base del dispositivo como
10 dedos de la mano se quieran rehabilitar y/o asistir durante tareas de la vida diaria; ii) estimulación palmar/dorsal durante la realización del movimiento de apertura/cierre de la mano; iii) sistemas de medida de señales fisiológicas para su utilización durante el control del dispositivo y iv) sistema innovador de rápida fijación y liberalización entre el dispositivo y la mano del usuario.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

El dispositivo robótico modular y auto-adaptativo para la rehabilitación de la mano y la asistencia de los movimientos propios de la mano en tareas de la vida diaria, puede ser clasificado como un dispositivo de tipo
20 exoesqueleto. El dispositivo está formado por una base (1) que se coloca sobre la parte dorsal de la mano y se sujeta a ella por medio de cintas de sujeción y una elemento en forma de lengüeta (2) que se cierra sobre la parte palmar de la mano. Sobre la base (1) del dispositivo se localiza el conjunto formado por el mecanismo de tipo exoesqueleto (3) y su actuador lineal (7) correspondiente unidos mediante una unión elástica (6, 20) que
25 permite el movimiento de apertura/cierre de cada uno de los dedos. El mecanismo de tipo exoesqueleto se fija a la falange proximal (4) y media (5) de cada uno de los dedos mediante un sistema innovador de rápida fijación y liberalización entre el dispositivo y la mano del usuario basado en
30 el uso de sistemas de tipo clip magnetizados o similares (8). El mecanismo de tipo exoesqueleto (3) formado por dos guías circulares (9, 18) que se

unen a la base (1) a través de una pequeña base giratoria con topes a los lados para permitir y al mismo tiempo limitar el movimiento propio de separación de los dedos (10). Una ventaja de no tener fija la unión entre cada mecanismo de tipo exoesqueleto a la base, es que no es necesario que el actuador lineal esté alineado con cada mecanismo. Esta característica permite que los actuadores del dispositivo estén ubicados paralelos uno de los otros, a excepción del que corresponde al dedo pulgar, sin afectar al correcto movimiento de la mano y dándole mayor libertad a la posición de los dedos. El actuador lineal que trasmite el movimiento a la guía circular fijada a la falange proximal se une a la base por un sistema de fijación (11) y un soporte (12) que dispone de una articulación rotacional (13) cuyo eje es perpendicular al eje por el cual se describe el movimiento lineal del actuador. Este grado de libertad del actuador lineal hace que el dispositivo sea más ergonómico.

Una de las principales características de la invención es que el dispositivo robótico permite ser configurado localizando sobre la base tantos módulos, formados por actuador lineal (7) y mecanismo de tipo exoesqueleto (3), como dedos de la mano se quieran rehabilitar y/o asistir durante tareas de la vida diaria.

El mecanismo de tipo exoesqueleto esta compuesto por una guía circular (9) cuya parte móvil (17) se encuentra fijada a la falange proximal mediante la fijación semicilíndrica (4) y al mismo tiempo transmite el movimiento a la segunda guía circular (18) mediante un mecanismo de tres barras articuladas (14, 15 y 16). La segunda guía circular (18) transmite el movimiento mediante su parte móvil (19) cuyo efector final de forma semicilíndrica (5) se encuentra fijado a la falange medial. De esta forma se consigue controlar el movimiento de apertura y cierre de la mano.

La presente invención consta de un sistema de control (29) que en función de la información adquirida de los sensores de posición (21) de cada uno de los actuadores lineales, de los sensores de presión (24, 25), de los sensores de pulso (26) y de los sensores de respuesta galvánica de la piel

(27) calcula el nivel de asistencia que debe proporcionar el dispositivo robótico (30), actualiza la actividad terapéutica presentada al usuario por el sistema de realidad virtual (28) y modifica el nivel de complejidad de dicha actividad.

5 La presente invención consta de un software que permite calibrar, configurar y controlar el dispositivo; gestionar los usuarios del mismo; producir informes gráficos y numéricos de las terapias realizadas con el dispositivo; y presentar al usuario diferentes actividades terapéuticas virtuales.

10 Para la colocación y extracción del dispositivo en la mano de la persona con pérdida de movilidad se ha de seguir el siguiente procedimiento de fijación y liberalización del dispositivo robótico a la mano del usuario mediante sistemas de tipo clip magnetizados o similares (8) se realiza relajando la mano del usuario y fijando las correas de velcro o similar que contienen los sistemas de tipo clip magnetizados o similares a las falanges proximales y falanges medias de los dedos que se quieren movilizar. En el caso del dedo pulgar se fijarán a la falange proximal y falange distal. Posteriormente, se configura el dispositivo robótico con tantos conjuntos formados por mecanismo de tipo exoesqueleto y actuador lineal como sean necesarios para movilizar los dedos del usuario. Para finalizar, se fija la base (1) del dispositivo a la mano del usuario mediante correas de sujeción y un elemento de fijación en forma de lengüeta (2); fijando a continuación cada uno de los mecanismos de tipo exoesqueleto a las correas de velcro o similar situadas en las falanges proximales y falanges medias de los dedos (salvo en el caso del dedo pulgar que están situadas en la falange proximal y falange distal) y que contienen los sistemas de tipo clip magnetizados o similares (8).

25 Una vez fijado el dispositivo a la mano del usuario se realiza su calibración mediante un software de calibración que permite definir los rangos de movimiento máximo y mínimo de cada uno de los dedos de la mano, la velocidad en la ejecución del movimiento para cada dedo y si se configura

el sistema para que todos los dedos de la mano se abran/cierren al mismo tiempo. Una vez finalizada la calibración se realizan 5 movimientos de ajuste para determinar mediante el software de calibración los parámetros de control necesarios.

5 Para poder utilizar la característica de auto-adaptación de la presente invención, se debe llevar a cabo la fase de aprendizaje de los algoritmos de estimación del estado psicofisiológico del usuario durante la utilización del dispositivo robótico y que consiste en: la realización de un protocolo de adquisición de información de los sensores fisiológicos embebidos en el
10 dispositivo durante la realización de terapias de rehabilitación; el entrenamiento de los algoritmos de inteligencia artificial que estiman el estado psicofisiológico del usuario; y la continua adaptación de los algoritmos de inteligencia artificial a su deriva en el tiempo mediante un fase de entrenamiento antes de cada sesión de rehabilitación.

15 Una vez realizada la fase de aprendizaje de los algoritmos de estimación, se deben llevar a cabo los siguientes pasos que permiten la auto-adaptación del dispositivo robótico al usuario durante la realización de tareas de rehabilitación de la mano: la configuración de niveles mínimos y máximos de asistencia y complejidad de la terapia; la estimación en tiempo
20 real de la intención del usuario, estado fisiológico del usuario y desempeño durante la realización de terapias de rehabilitación asistidas por el dispositivo; y la modificación del nivel de asistencia proporcionado por el dispositivo y del nivel de complejidad de la terapia de rehabilitación.

25 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Figura 1. Vista en perspectiva del sistema para rehabilitación de la mano de acuerdo a la presente invención;

30 Figura 2. Vista del dispositivo robótico configurado para movilizar los 5 dedos de la mano (izquierda) y configurado para movilizar el dedo pulgar, índice y corazón de la mano (derecha).

Figura 3. Vista de detalle del proceso de fijación del dispositivo a la mano del usuario.

Figura 4. Vista de detalle de un conjunto formado por el mecanismo de tipo exoesqueleto y el actuador lineal del sistema para rehabilitación de la mano de acuerdo a la presente invención;

5

Figura 5. Vista de detalle del mecanismo de tipo exoesqueleto.

Figura 6. Vista en perspectiva del sistema para asistencia en los movimientos de apertura/cierre de la mano en tareas de la vida diaria de acuerdo a la presente invención;

10

Figura 7. Vista en perspectiva del sistema con el detalle de los sensores de posición y presión.

Figura 8. Esquema de bloques de la utilización del dispositivo para la rehabilitación de la mano.

Figura 9. Ejemplo de modo de realización de la invención como dispositivo vestible para asistir en la realización de tareas cotidianas que requieran la funcionalidad de prensión de la mano y que dispone de un interface.

15

Leyenda de las figuras:

- (1) Base del dispositivo.
- (2) Lengüeta de sujeción del dispositivo a la mano del paciente.
- (3) Mecanismo de tipo exoesqueleto.
- (4) Elemento semicilíndrico de fijación del mecanismo de tipo exoesqueleto a la falange proximal de los dedos de la mano.
- (5) Elemento semicilíndrico de fijación del mecanismo de tipo exoesqueleto a la falange medial de los dedos de la mano.
- (6) Unión elástica entre el mecanismo de tipo exoesqueleto y el actuador lineal.
- (7) Actuador lineal.
- (8) Sistema de fijación y liberalización entre el dispositivo y la mano del usuario basado en el uso de sistemas de tipo clip magnetizados o similares.
- (9) Primera guía circular del mecanismo de tipo exoesqueleto

20

25

30

- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- (10) Base giratoria del mecanismo de tipo exoesqueleto que permite un pequeño movimiento de separación de los dedos de la mano.
 - (11) Sistema de fijación del actuador lineal
 - (12) Soporte del actuador lineal
 - (13) Articulación rotacional del soporte del actuador lineal
 - (14) Primera barra articulada que transmite el movimiento ente las dos guías circulares de las que se compone el mecanismo de tipo exoesqueleto
 - (15) Segunda barra articulada que transmite el movimiento ente las dos guías circulares de las que se compone el mecanismo de tipo exoesqueleto
 - (16) Tercera barra articulada que transmite el movimiento ente las dos guías circulares de las que se compone el mecanismo de tipo exoesqueleto
 - (17) Parte móvil de la primera guía circular del mecanismo de tipo exoesqueleto
 - (18) Segunda guía circular del mecanismo de tipo exoesqueleto
 - (19) Parte móvil de la segunda guía circular del mecanismo de tipo exoesqueleto
 - (20) Punto de fijación del actuador lineal a la parte móvil de la primera guía circular del mecanismo de tipo exoesqueleto a través de la unión elástica (6).
 - (21) Sensor de posición.
 - (22) Fijación del sensor de posición a la parte no móvil del actuador lineal.
 - (23) Fijación del sensor de posición a la parte móvil del actuador lineal.
 - (24) Sensor de presión de una cámara del actuador lineal de tipo cilindro neumático.
 - (25) Sensor de presión de la otra cámara del actuador lineal de tipo cilindro neumático.
 - (26) Sensor de pulso
 - (27) Sensores para medir la respuesta galvánica de la piel
 - (28) Sistema de realidad virtual
 - (29) Sistema de control
 - (30) Dispositivo robótico
 - (31) Dispositivo vestible para asistir en la realización de tareas cotidianas que requieran la funcionalidad de prensión de la mano.

(32) Interface mediante el cual el usuario puede indicar al dispositivo la apertura/cierre de la mano así como la velocidad y la fuerza con la que realizar el movimiento.

5 EXPOSICIÓN DETALLADA DE UN MODO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se ilustra adicionalmente mediante los siguientes ejemplos, los cuales no pretenden ser limitativos de su alcance. La figura 1 muestra una vista en perspectiva de una realización preferida del dispositivo robótico para rehabilitación de la mano. En esta realización los actuadores lineales (7) de cada uno de los conjuntos, formados por ellos y el mecanismo de tipo exoesqueleto, son cilindros neumáticos de doble efecto de baja fricción y de carrera entre 40-50 mm. Esta configuración permite que el usuario pueda mover el conjunto que actúa sobre cada dedo con facilidad. El movimiento del cilindro en ambos sentidos se realiza mediante la variación de presión en las cámaras del mismo contraladas mediante dos válvulas de presión proporcionales. La posición del vástago del cilindro neumático se mide con un sensor de posición que en esta realización preferida es un potenciómetro lineal (21). Además, la fuerza realizada por el cilindro neumático se estima mediante la información proporcionada por dos sensores de presión (24,25) localizados en las dos entradas/salidas de aire del mismo. En esta realización el dispositivo dispone de un sensor de pulso (26) embebido en las correas de fijación de la falange distal del dedo pulgar y dos sensores: uno en la falange media del dedo índice y otro sensor en la falange media del dedo corazón que miden la respuesta galvánica de la piel (27).

El sistema de control (29) en esta realización preferida se encuentra implementado en un computador y que adquiere los datos de los sensores y manda información de actuación al dispositivo y al software de realidad virtual asociado al mismo mediante tarjetas electrónicas de entrada/salida

conectadas a los puertos usb del computador. El algoritmo de control implementado modificar el nivel de asistencia proporcionado por el dispositivo (30), así como actualizará las posiciones de los dedos de la mano en el sistema de realidad virtual (28) y modificará el nivel de complejidad de la terapia virtual de rehabilitación.

5

La presente invención dispone en su realización preferida de un interface hombre máquina implementado en un software que permite calibrar, configurar y controlar el dispositivo; gestionar los usuarios del mismo; producir informes gráficos y numéricos de las terapias realizadas con el dispositivo; y presentar al usuario diferentes actividades terapéuticas virtuales.

10

La presente invención en su realización preferida para asistir en la realización de tareas cotidianas que requieran la funcionalidad de prensión de la mano (31) y que dispone de un interface (32) mediante el cual el usuario puede indicar al dispositivo la apertura/cierre de la mano así como la velocidad y la fuerza con la que realizar el movimiento mediante comandos de voz.

15

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo robótico modular y auto-adaptativo para la rehabilitación de la mano, que está comprendido por:

- i. Un dispositivo robótico de tipo exoesqueleto que comprende una base ergonómica (1) que se coloca sobre la parte dorsal de la mano y se sujeta a ella por medio de cintas de sujeción y una elemento en forma de lengüeta (2) que se cierra sobre la parte palmar de la mano; sobre la base (1) del dispositivo se localizan tantos conjuntos, formados por un mecanismo de tipo exoesqueleto (3) y su accionamiento lineal (4) correspondiente, como dedos de la mano se quieran rehabilitar.
- ii. Un sistema de estimulación palmar alojado en el elemento en forma de lengüeta (2) que se cierra sobre la parte palmar de la mano y un sistema de estimulación dorsal que se localiza en la base del dispositivo en la cara que está en contacto con la parte dorsal de la mano.
- iii. Un sistema de fijación y liberalización entre el dispositivo y la mano del usuario basado en el uso de sistemas de tipo clip magnetizados o similares (6).
- iv. Un sistema de adquisición de señales fisiológicas mediante sensores embebidos en el sistema de fijación del dispositivo que evalúan el pulso (26) y la respuesta galvánica de la piel (27).
- v. Un sistema de control que gobierna de forma independiente la apertura y cierre de cada uno de los dedos de la mano a los que se fija el dispositivo de tipo exoesqueleto.
- vi. Un software que permite calibrar, configurar y controlar el dispositivo; gestionar los usuarios del mismo; producir informes gráficos y numéricos de las terapias realizadas con

el dispositivo; y presentar al usuario diferentes actividades terapéuticas virtuales.

2. Dispositivo robótico modular y auto-adaptativo para la rehabilitación de la mano de acuerdo a la reivindicación 1, donde el mecanismo de tipo exoesqueleto (3) comprende 2 guías circulares unidas mediante un conjunto de palancas que transmiten el movimiento de la articulación carpometacarpiana a la articulación metacarpofalángica y a la articulación interfalángica en todos los dedos menos en el pulgar que lo transmiten desde la articulación carpometacarpiana a la articulación interfalángica.
3. Dispositivo robótico modular y auto-adaptativo para la rehabilitación de la mano de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de disponer de 1 a 5 mecanismos de tipo exoesqueleto que se fijan a la falange proximal y media de cada uno de los dedos.
4. Dispositivo robótico modular y auto-adaptativo para la rehabilitación de la mano de acuerdo a la reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que dispone de un actuador lineal unido a la guía circular más cercana al extremo proximal de la mano mediante un elemento elástico; el actuador lineal es de tipo: cilindro neumático, músculos neumáticos, motor lineal de corriente continua o cilindros hidráulicos.
5. Dispositivo robótico modular y auto-adaptativo para la rehabilitación de la mano de acuerdo a la reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por fijar el mecanismo de tipo exoesqueleto (3) a la base del dispositivo mediante una pequeña base giratoria (10) con topes a los lados que permite y al mismo tiempo limita el movimiento de separación de los dedos de la mano.
6. Dispositivo robótico modular y auto-adaptativo para la rehabilitación de la mano de acuerdo a la reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que los actuadores del dispositivo están ubicados paralelos uno de los otros, a excepción del que corresponde al dedo pulgar, sin

afectar al correcto movimiento de la mano y dándole mayor libertad a la posición de los dedos.

- 5
7. Dispositivo robótico modular y auto-adaptativo para la rehabilitación de la mano de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque el sistema de fijación y liberalización entre el dispositivo y la mano del usuario comprende una serie de correas que se fijan mediante velcro o similar (6) a las falanges proximales y falanges medias de los dedos que se quieren movilizar con asistencia del dispositivo robótico; Las correas localizadas en las falanges y el mecanismo de tipo exoesqueleto se fijan y liberan mediante un sistema de tipo clip magnetizado o similar.
- 10
8. Dispositivo robótico modular y auto-adaptativo para la rehabilitación de la mano de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque consta de un sensor embebidos en las correas de fijación de la falange distal del dedo pulgar para medir el pulso (26); un sensor en la falange media del dedo índice y otro sensor en la falange media del dedo corazón que mide la respuesta galvánica de la piel (27).
- 15
9. Dispositivo robótico modular y auto-adaptativo para la rehabilitación de la mano de acuerdo a la reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por disponer de sensores de posición (21), presión (22), pulso (26), respuesta galvánica de la piel (27) de los distintos elementos que componen el dispositivo.
- 20
10. Dispositivo robótico modular y auto-adaptativo para la rehabilitación de la mano de acuerdo a la reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por disponer de un sistema de realidad virtual con diferentes actividades terapéuticas.
- 25
11. Dispositivo robótico modular y auto-adaptativo para asistir en la realización de tareas cotidianas que requieran la funcionalidad de prensión de la mano (31) de acuerdo a la reivindicaciones 1 a 7 que dispone de un interface (32) mediante el cual el usuario puede
- 30

indicar al dispositivo la apertura/cierre de la mano así como la velocidad y la fuerza con la que realizar el movimiento.

12. Procedimiento de fijación y liberalización del dispositivo robótico descrito en la reivindicación 1 y la mano del usuario que comprende los siguientes pasos:

- i. Relajar la mano del usuario y fijar las correas mediante velcro o similar a las falanges proximales y falanges medias de los dedos que se quieren movilizar. En el caso del dedo pulgar se fijarán a la falange proximal y falange distal.
- ii. Configuración del dispositivo robótico con tantos conjuntos formados por mecanismo de tipo exoesqueleto y actuador lineal como sean necesarios para movilizar los dedos del usuario.
- iii. Fijación de la base (1) del dispositivo robótico que se coloca sobre la parte dorsal de la mano y se sujeta a ella por medio de cintas de sujeción y un elemento en forma de lengüeta (2) que se cierra sobre la parte palmar de la mano.
- iv. Fijación del mecanismo de tipo exoesqueleto a las correas situadas en las falanges de los dedos a movilizar mediante el dispositivo.

13. Procedimiento de calibración del dispositivo robótico descrito en la reivindicación 1 que comprende los siguientes pasos:

- i. Ajuste del dispositivo a la mano del usuario
- ii. Ejecución de un software de calibración que permite definir los rangos de movimiento máximo y mínimo de cada uno de los dedos de la mano, la velocidad en la ejecución del movimiento para cada dedo y si se configura el sistema para que todos los dedos de la mano se abran/cierren al mismo tiempo.

- iii. Realización de 5 movimientos de ajuste para determinar mediante el software de calibración los parámetros de control necesarios.

5 14. Procedimiento de aprendizaje de los algoritmos de estimación del estado psicofisiológico del usuario durante la utilización del dispositivo robótico descrito en la reivindicación 1 que comprende los siguientes pasos:

- 10 i. Realización de un protocolo de adquisición de información de los sensores fisiológicos embebidos en el dispositivo durante la realización de terapias de rehabilitación.
- ii. Entrenamiento de los algoritmos de inteligencia artificial que estiman el estado psicofisiológico del usuario.
- 15 iii. Adaptación de los algoritmos de inteligencia artificial a su deriva en el tiempo mediante un fase de entrenamiento antes de cada sesión de rehabilitación.

15 15. Procedimiento de auto-adaptación del dispositivo robótico al usuario para la realización de tareas de rehabilitación de la mano comprende los siguientes pasos:

- 20 i. Configuración de niveles mínimos y máximos de asistencia y complejidad de la terapia
- ii. Estimación en tiempo real de la intención del usuario, estado fisiológico del usuario y desempeño durante la realización de terapias de rehabilitación asistidas por el dispositivo.
- 25 iii. Modificación del nivel de asistencia proporcionado por el dispositivo y variación del nivel de complejidad de la terapia de rehabilitación.

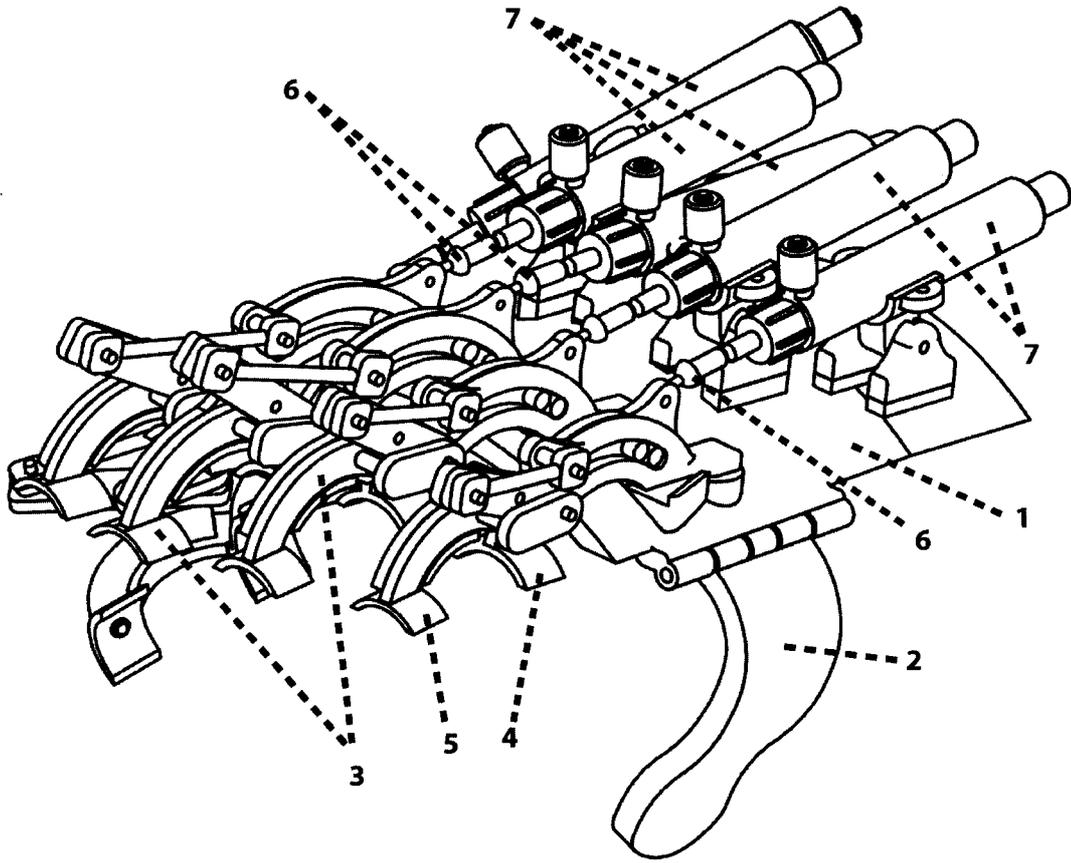


FIG. 1

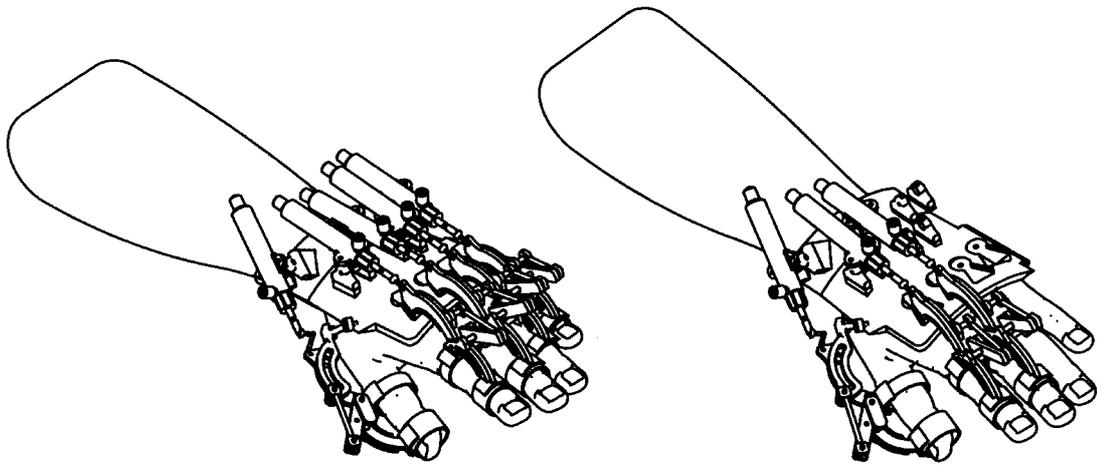


FIG. 2.

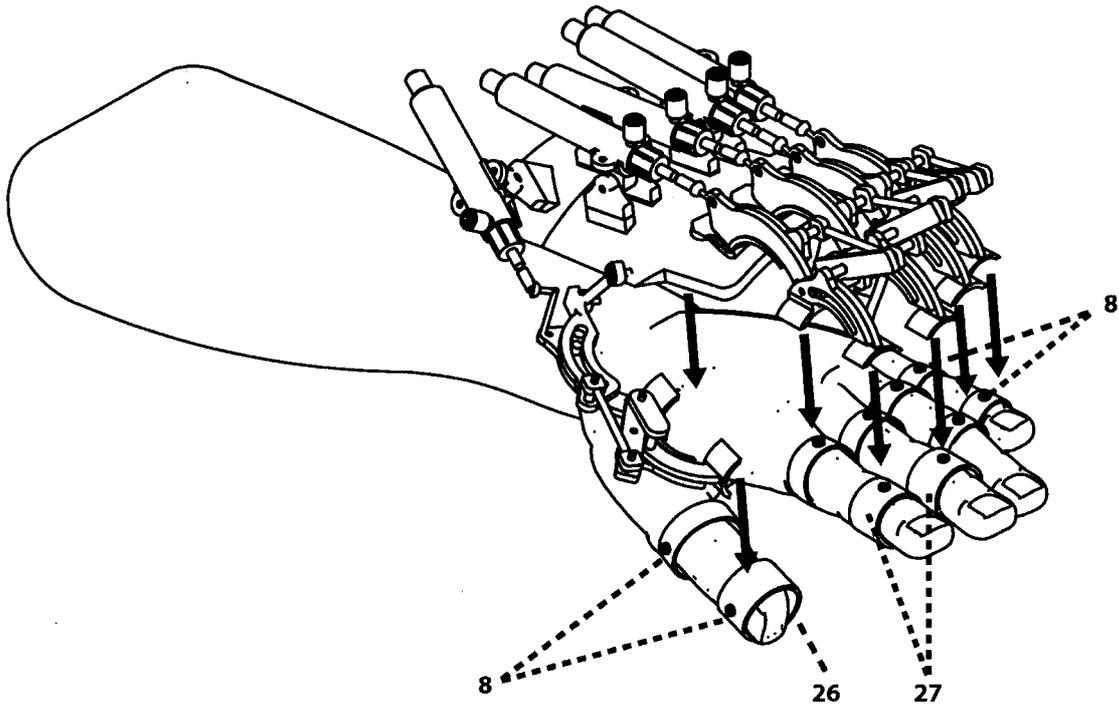


FIG. 3.

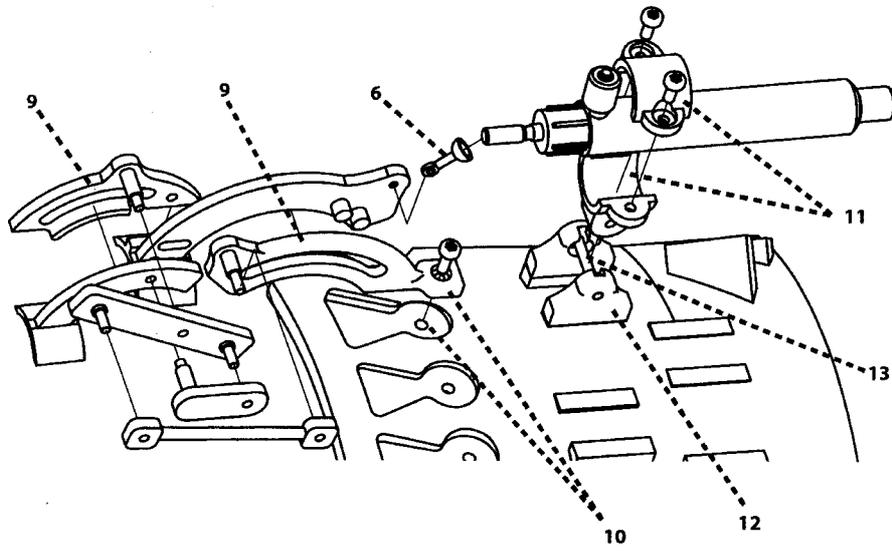


FIG. 4.

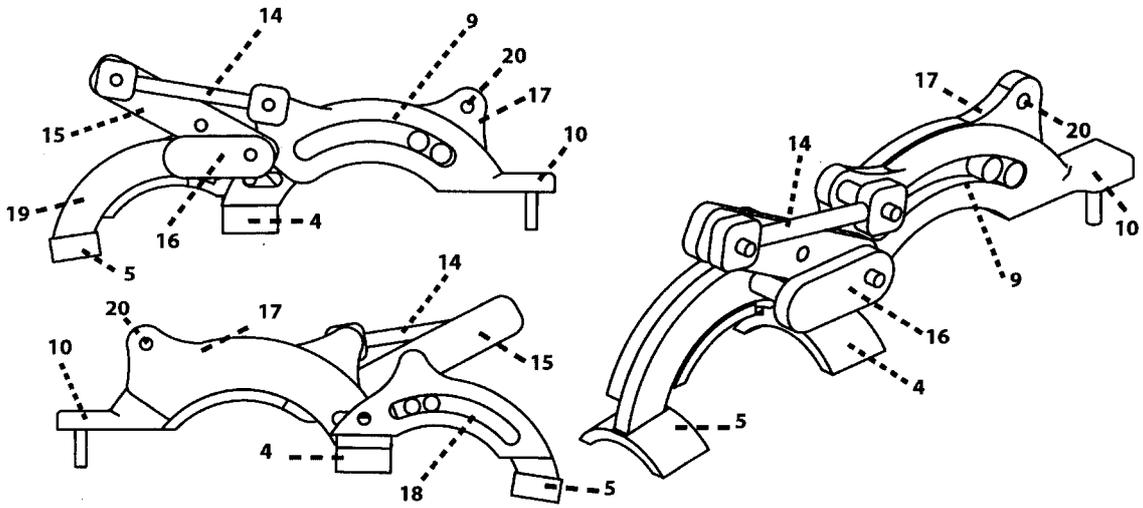


FIG. 5

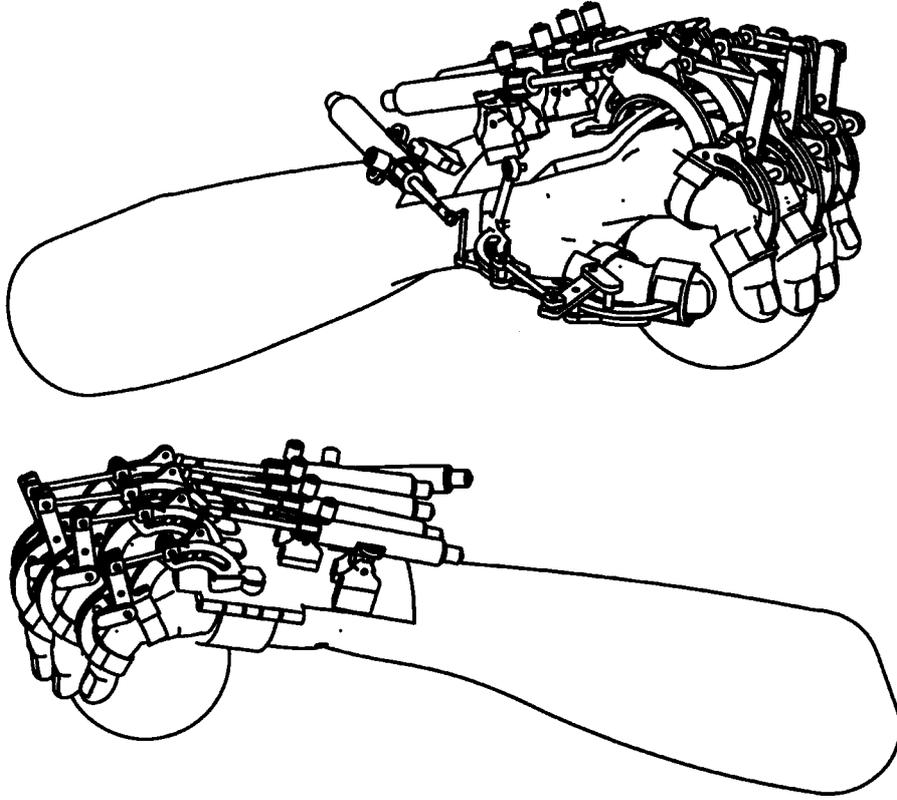


FIG.6

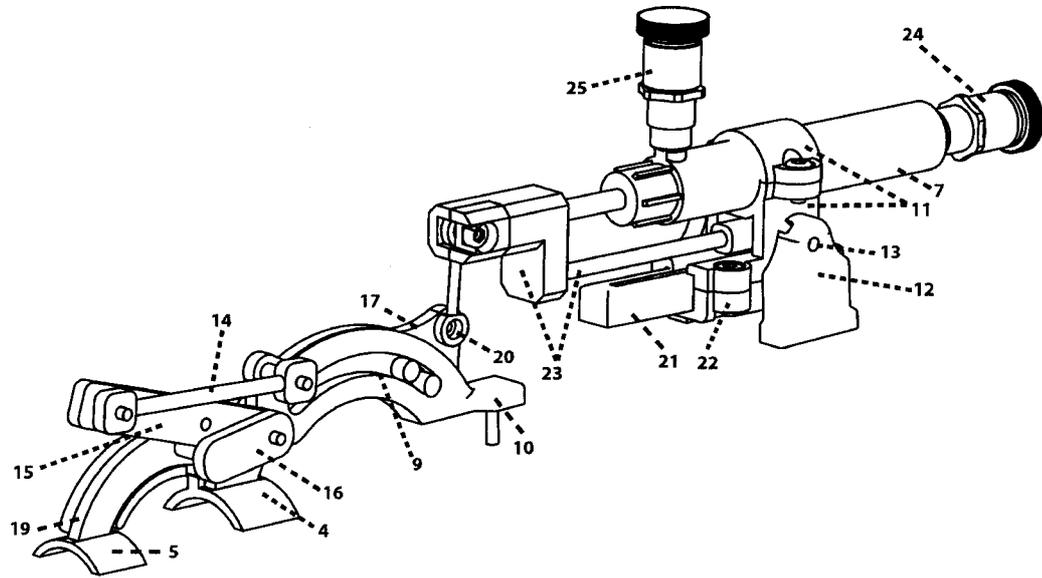


FIG. 7

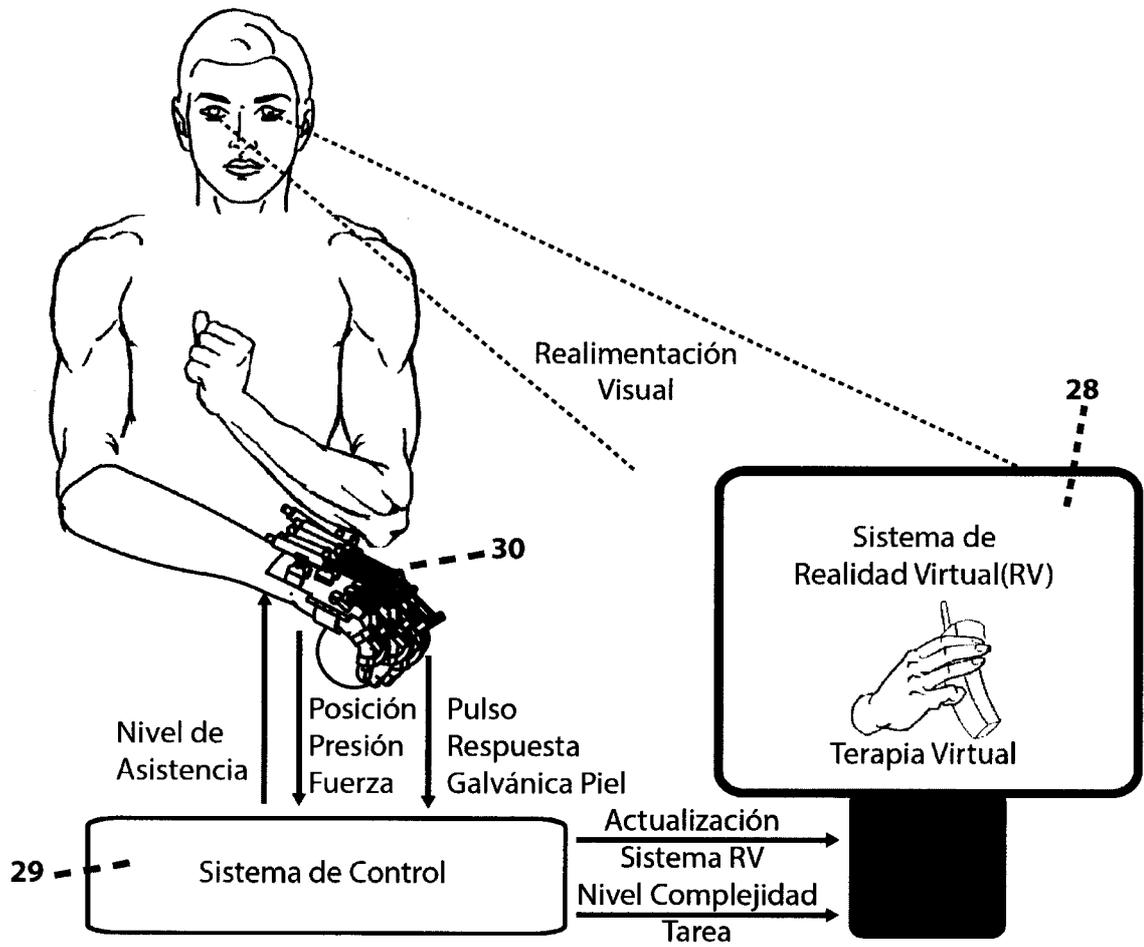


FIG. 8



FIG. 9



②① N.º solicitud: 201400643

②② Fecha de presentación de la solicitud: 31.07.2014

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	US 2010305717 A1 (TONG et al.) 02.12.2010, párrafos [3-88]; figuras.	1-15
Y	US 2012059291 A1 (BES REHAB LTD.) 08.03.2012, párrafos [4],[31-83]; figuras.	1-15
A	WO 2014068509 A2 (UNIVERSITY OF CAPE TOWN) 08.05.2014, página 3, línea 27 – página 5, línea 19; página 7, línea 27 – página 10, línea 18; página 11, línea 12 – página 12, línea 3; figuras.	1-3,9-10

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
19.05.2015

Examinador
J. Cuadrado Prados

Página
1/6

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

B25J9/00 (2006.01)

A61H1/02 (2006.01)

A61F5/01 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B25J, A61H, A61F.

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, PAJ.

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: **19.05.2015**

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-15	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-15	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2010305717 A1 (TONG et al.)	02.12.2010
D02	US 2012059291 A1 (BES REHAB LTD.)	08.03.2012

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

La solicitud se refiere a un dispositivo robótico de tipo exoesqueleto, que permite a personas que han perdido total o parcialmente la función motora de la mano la rehabilitación de la función perdida y/o que permite asistir en la realización de tareas cotidianas que requieran la funcionalidad de prensión de la mano.

El objeto de la invención que se desprende de la **reivindicación principal**, se considera que **carece de actividad inventiva** por resultar del estado de la técnica de una manera evidente para un experto en la materia.

De los citados en el Informe sobre el Estado de la Técnica (IET), el **documento D01** puede ser considerado como el **estado de la técnica más cercano** ya que, en relación al objeto definido por la reivindicación principal, anticipa un **(ver partes citadas en el IET, las referencias entre paréntesis se aplican a ese documento)**:

- Dispositivo robótico modular y auto-adaptativo para la rehabilitación de la mano (**título, párrafos 67, 19, 84**), que está comprendido por:
 - i. Un dispositivo robótico de tipo exoesqueleto que comprende una base ergonómica (**24**) que se coloca sobre la parte dorsal de la mano (**figura 3**) y se sujeta a ella por medio de cintas de sujeción y un elemento en forma de lengüeta (**140, 141, figura 14**) que se cierra sobre la parte palmar de la mano; sobre la base (**24**) del dispositivo se localizan tantos conjuntos, formados por un mecanismo de tipo exoesqueleto (**finger assembly 71, figuras 10-13**) y su accionamiento lineal (**12, párrafo 68, figuras 1, 3, 13**) correspondiente, como dedos de la mano se quieren rehabilitar (**figura 2**).
 - ii. Un sistema de estimulación palmar alojado en el elemento en forma de lengüeta (**140, 141**) que se cierra sobre la parte palmar de la mano y un sistema de estimulación dorsal que se localiza en la base del dispositivo (**24**) en la cara que está en contacto con la parte dorsal de la mano.
 - iii. Un sistema de adquisición de señales fisiológicas mediante sensores embebidos en el sistema de fijación del dispositivo (**40, 41, 42, figuras 4, 5, párrafo 66**).
 - iv. Un sistema de control que gobierna de forma independiente la apertura y cierre de cada uno de los dedos de la mano a los que se fija el dispositivo de tipo exoesqueleto (**párrafos 84, 85**).
 - v. Un software que permite calibrar, configurar y controlar el dispositivo; gestionar los usuarios del mismo; producir informes gráficos y numéricos de las terapias realizadas con el dispositivo; y presentar al usuario diferentes actividades terapéuticas virtuales (**párrafos 79, 88**).

Respecto al sistema de estimulación palmar y al sistema de estimulación dorsal la única indicación en relación al mismo en la solicitud consiste en que *"se sincroniza con el movimiento asistido de apertura y cierre de la mano"* (**página 2, líneas 7-8**) y que permite *"la estimulación palmar/dorsal durante la realización del movimiento de apertura/cierre de la mano"* (**página 4, líneas 19-20, página 5, líneas 2-3, página 6, líneas 10-11**). De este modo, se sobreentiende que el sistema de estimulación palmar y dorsal viene condicionado como consecuencia de la capacidad del dispositivo de conseguir la apertura y cierre de la mano, por lo que es anticipado en D01.

En relación al sistema de adquisición de señales fisiológicas mediante sensores que evalúan el pulso y la respuesta galvánica de la piel, no se ha indicado en toda la solicitud la razón para escoger estas señales fisiológicas y no otras, siendo la única justificación dada que sirven para que, en función de la información adquirida de los distintos sensores, el sistema de control calcule *"el nivel de asistencia que debe proporcionar el dispositivo robótico, actualice la actividad terapéutica presentada al usuario por el sistema de realidad virtual y modifique el nivel de complejidad de dicha actividad"* (**página 8, líneas 1-4**). Esto se anticipa en D01 (**ver párrafos 66, 85-87**), de modo que la elección del tipo de sensor se considera no inventivo para un experto en la materia, ya que parece una mera elección entre distintas posibilidades y no se indica o insinúa en toda la solicitud el posible efecto técnico que se obtiene con esa elección particular, ni el problema técnico que se pretende resolver con el mismo.

Así pues, la reivindicación principal de la solicitud tiene, con respecto a este documento D01, la siguiente característica técnica diferenciada:

- En D01 no se prevé un sistema de fijación y liberación entre el dispositivo y la mano del usuario basado en el uso de sistemas de tipo clips magnetizados o similares. La solicitud se refiere al mismo como un *"sistema innovador de rápida fijación y liberalización (sic) entre el dispositivo y la mano del usuario"* (**página 6, líneas 28-29**).

El efecto técnico producido por esa característica técnica adicional (sistema de fijación y liberación) es conseguir una colocación y liberación del dispositivo sobre la mano del usuario de una forma más rápida.

Cabe concluir, por tanto, que el problema técnico objetivo resuelto por la solicitud, con respecto al estado de la técnica más próximo, sería como conseguir una colocación y liberación rápida del dispositivo sobre la mano del usuario.

Sin embargo, el **documento D02 (véanse las partes citadas en el IET)** presenta un dispositivo para la rehabilitación de la mano de un usuario (**párrafo 4**) en el que se anticipa un sistema de fijación y liberación entre el dispositivo y la mano del usuario basado en el uso de sistemas de tipo clips magnetizados (**ver párrafos 77-78, figuras 8A-8B**).

Este documento D02 plantea el mismo problema técnico (**ver párrafo 4, “an individual requiring rehabilitation of limbs requires ease of attachment of CPM devices to fingers”**) y lo resuelve de la misma manera, incorporando un sistema de fijación y liberación entre el dispositivo y la mano del usuario basado en el uso de sistemas de tipo clips magnetizados.

Como D02 pertenece al mismo campo tecnológico (**dispositivos robóticos de tipo exoesqueleto para la rehabilitación de la mano**), resulta evidente para un experto en la materia su combinación con el documento D01 para destruir la actividad inventiva de la reivindicación principal de la solicitud.

Las **reivindicaciones 2-15** añaden una serie de características opcionales y consideradas no esenciales. Se estima que estas reivindicaciones, en combinación con la reivindicación principal de la que dependen, **no contienen características adicionales de actividad inventiva** con respecto a la combinación de los documentos D01 y D02 por las siguientes razones:

Reivindicación segunda: Está anticipada y se incluye expresamente en D01 (**ver figuras 2, 3, 6, 10-12**).

Reivindicación tercera: Está anticipada y se incluye expresamente en D01 (**ver figura 2**).

Reivindicación cuarta: Está anticipada y se incluye expresamente en D01 (**ver figuras 1, 13**).

Reivindicación quinta: No se considera inventiva, en D01 el mecanismo de tipo exoesqueleto se fija a la base mediante unas bases (**23**) y un tornillo (**70**) que podría permitir pequeños ajustes laterales (**figura 7**).

Reivindicación sexta: Está anticipada y se incluye expresamente en D01 (**ver figura 2**).

Reivindicación séptima: Se considera al alcance de un experto en la materia y por lo tanto no inventiva a partir de la combinación de D01 y D02. En D01 se muestran una *“serie de correas que se fijan mediante velcro o similar a las falanges proximales y falanges medias de los dedos que se quieren moviliza”* (**121,122, figuras 10, 12**) y en D02 se muestra el sistema de tipo clip magnetizado para fijar el mecanismo exoesqueleto a las correas (**figuras 8A, 8B**).

Reivindicación octava: Se considera no inventiva y al alcance de un experto en la materia por los razonamientos dados en relación a la reivindicación principal, ya que no se indica o insinúa en toda la solicitud el posible efecto técnico que se obtiene con esa elección particular, ni el problema técnico que se pretende resolver con el mismo.

Reivindicación novena: Se considera no inventiva y al alcance de un experto en la materia por los razonamientos dados en relación a la reivindicación principal, ya que no se indica o insinúa en toda la solicitud el posible efecto técnico que se obtiene con esos sensores particulares, ni el problema técnico que se pretende resolver con los mismos. En D01 se incluyen sensores de fuerza (**26**). La alternativa que se deriva de esta reivindicación se considera una elección al alcance de un experto en la materia.

Reivindicación décima: No se considera inventiva, ya que en D01 se incorpora una *“retroalimentación visual para guiar al usuario durante diferentes tipos de tareas de entrenamiento o rehabilitación”* (**ver párrafo 88**), por lo que un genérico *“sistema de realidad virtual con diferentes tareas terapéuticas”* no parece inventivo.

Reivindicación undécima: No se considera inventiva, ya que la alternativa presentada de una manera genérica en esta reivindicación podría considerarse al alcance de un experto en la materia. Un *“interface mediante el cual el usuario puede indicar al dispositivo la apertura/cierre de la mano así como la velocidad y la fuerza con la que realizar el movimiento”* parece una idea evidente para un experto. En el párrafo 84 de D01 se describe un proceso para el control adaptativo del dispositivo en el que interviene el usuario y a partir del cual se puede considerar evidente el objeto de esta reivindicación.

La **reivindicación duodécima** se refiere a un procedimiento de fijación y liberación del dispositivo robótico descrito en la reivindicación primera a la mano del usuario, y que comprende una serie de pasos o etapas que resultan evidentes a partir de la combinación de los documentos D01 y D02. Alcanzado sin esfuerzo inventivo el dispositivo de la reivindicación principal, el procedimiento aquí descrito para colocarlo sobre un usuario resulta evidente.

La **reivindicación decimotercera** se refiere a un procedimiento de calibración del dispositivo robótico descrito en la reivindicación primera y que igualmente se considera evidente para un experto en la materia ya que en D01 también se describe un procedimiento de calibración del dispositivo (**párrafos 17, 79-84, figuras 16-17**).

Por último, los objetos de las **reivindicaciones decimocuarta y decimoquinta**, relativas a un procedimiento de aprendizaje de los algoritmos de estimación del estado psicofisiológico del usuario durante la utilización del dispositivo robótico descrito en la reivindicación primera y a un procedimiento de auto-adaptación del dispositivo robótico al usuario para la realización de tareas de rehabilitación de la mano, definen de forma genérica unos procedimientos que se pueden considerar igualmente carentes de actividad inventiva a partir de lo divulgado en el documento D01, que incluye un módulo de ajuste de la velocidad del motor auto adaptativo para ajustar automáticamente la velocidad de cada motor (**párrafo 19**) y que también incluye una estimación del estado del usuario a partir de señales fisiológicas del mismo (**párrafo 66**).