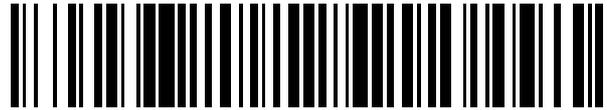


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 614 276**

51 Int. Cl.:

A63B 21/005 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.05.2004 PCT/IL2004/000365**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.11.2004 WO04096501**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.05.2004 E 04730791 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016 EP 1631421**

54 Título: **Sistema para la mejora de movimiento**

30 Prioridad:

30.04.2003 US 466464 P

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

30.05.2017

73 Titular/es:

**BIOXTREME LTD. (100.0%)
Technology Incubator North Industrial Zone
Ashkelon, IL**

72 Inventor/es:

BLUMAN, NINI

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 614 276 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

Sistema para la mejora de movimiento

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un sistema automático para el control y la mejora de movimiento, y es particularmente útil para la mejora de las capacidades de movimiento de los seres humanos y los animales.

Antecedentes de la invención

10 A fin de rehabilitar a las personas que padecen trastornos del movimiento, se emplean diversos tipos de terapias, tales como neuroterapia, fisioterapia, etc. Los cambios en las capacidades de movimiento, en general, pueden obtenerse ya sea mediante cambios biomecánicos (por ejemplo, el uso de fármacos para fortalecer los músculos, o anaeróbicos, aeróbicos, realizando trabajo contra una fuerza), o mediante práctica repetida contra un objetivo predeterminado, enseñando y guiando, antes, durante o después de la práctica. Ambas técnicas podrían basarse en la práctica del movimiento tal cual, sin facilidades externas, o con facilidades como los médicos, juegos de ordenador, realidad virtual, etc. Normalmente, estas técnicas consumen mucho tiempo. En consecuencia, la capacidad para tratar la terapia, por ejemplo, de los médicos, que realizan dichas terapias, está significativamente limitada.

15 Se indica que la mayoría de los dispositivos existentes del tipo especificado son capaces de cambiar principalmente y de mejorar posiblemente las capacidades del movimiento mediante cambios biomecánicos.

20 Un ejemplo de los dispositivos existentes se desvela, por ejemplo, en la patente estadounidense n.º 4.354.676. Según esta técnica, una barra de ejercicio se soporta durante la rotación y actúa contra un cilindro hidráulico con el ángulo de la barra y la presión en el cilindro se mide y se alimenta a un microordenador que, utilizando estos datos de entrada, controla la presión del cilindro de acuerdo con un programa de ejercicios seleccionado, proporcionando el microordenador también los datos de salida a los sistemas de representación de manera que la persona que hace ejercicio pueda monitorizar su progreso.

25 La patente estadounidense n.º 4.544.154 desvela un dispositivo de resistencia programable pasivo que usa una realimentación de bucle cerrado para controlar la resistencia al movimiento de rotación o traslación de un objeto. Se miden uno o más parámetros reales, tales como la fuerza o la posición, y se comparan con los parámetros deseados. Las diferencias se utilizan para proporcionar una señal de control que controla la resistencia al movimiento del objeto.

30 La patente estadounidense n.º 5.466.213 desvela un terapeuta robótico interactivo que interacciona con un paciente para conformar las habilidades motoras del paciente guiando la extremidad del paciente a través de una serie de ejercicios deseados con un brazo robótico. La extremidad del paciente se trata a través de una gama completa de movimientos para rehabilitar múltiples grupos musculares. Se controla un sistema de accionamiento acoplado al brazo robótico mediante un controlador que proporciona los comandos para dirigir el brazo robótico a través de la serie de ejercicios deseados. Este robot también se describe en el sitio web <http://www.interactive-motion.com/> y en el artículo "Robot-Aided Neurorehabilitation", Hermano Igo Krebs, Neville Hogan, Mindy L. Aisen, y Bruce T. Volpe, *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, Vol. 6, No. 1, marzo de 1998.

35 La patente estadounidense n.º 6.413.195 desvela un dispositivo de ejercicio hidráulico pasivo/activo que tiene una porción de base, un soporte vertical y una barra de pivote que se coloca selectivamente ya sea en un modo de resistencia pasiva de tipo empuje y tracción o en un modo de tipo de velocidad activa. En el modo pasivo, una bomba puede estar apagada o encendida durante el "ralenti". Una electroválvula se activa hasta una posición abierta y una servoválvula establece una resistencia para el flujo de fluido en el sistema. Una válvula de retención compensa las áreas diferenciales del cilindro. El modo activo es útil para aplicaciones de terapia física. En este modo, se proporciona una operación de ciclo constante con niveles de fuerza mínima absolutos. La célula de carga detecta la fuerza real generada, y la retroalimentación de posición detecta el movimiento real de la barra de ejercicio. Siempre y cuando el sujeto proporcione suficiente fuerza para mover la barra, el dispositivo de realimentación confirma el movimiento al ordenador que ajusta la resistencia de la válvula electrónica de control de presión a un valor que permitirá al sujeto 45 continuar moviendo la barra. Esta fuerza se mide mediante la célula de carga y se controla mediante la servoválvula.

Se desvela otro dispositivo de rehabilitación en la patente estadounidense 5.078.152.

Sumario de la invención

Existe una necesidad en la técnica de facilitar el control de un movimiento llevado a cabo por un objeto para mejorar este movimiento.

50 Aquí el término "objeto" significa cuerpo humano o animal (por ejemplo, las mascotas o los animales de cría), así como una máquina (por ejemplo, un robot).

La idea principal de la presente invención consiste en el control de movimiento del objeto para permitir que afecte a este movimiento de manera que provoque que el objeto (por ejemplo, el paciente) mejore el movimiento. La mejora de movimiento de la presente invención se basa en la evaluación de un parámetro de movimiento relevante y datos

predeterminados. La presente invención proporciona el análisis de control del movimiento y especialmente para la detección de trastornos del movimiento funcional.

Para el fin de la presente invención, el término "*movimiento*" significa cualquier desplazamiento de un objeto o de una parte del mismo. Como se indica anteriormente, un objeto puede ser un ser humano, un animal o una máquina. Estos pueden ser personas que han nacido con trastornos del movimiento o que se han rehabilitado físicamente. Estos también pueden ser deportistas, personas que van a mejorar su habilidad de movimiento. El rendimiento del movimiento se caracteriza generalmente por los siguientes parámetros: fuerza, aceleración, velocidad, precisión, estabilidad, repetibilidad, amplitud de movimiento y trabajo sin cansancio. La mejora del valor (medido) cualquiera de estos parámetros se mencionarán en el presente documento como "*mejora de movimiento*". Aquí también se usa el término "*control de movimiento*" que significa la capacidad para regular o dirigir los mecanismos esenciales para el movimiento. El término "*fuerza*" usado en el presente documento significa cualquier efecto que acciona, mueve, cambia la posición del objeto, etc. Estos incluyen una fuerza directa, par de torsión, momento, etc.

Según un aspecto no reivindicado, se proporciona un procedimiento para su uso en la mejora del movimiento del objeto, comprendiendo el procedimiento: procesar datos indicativos de un movimiento medido del objeto y determinar una relación entre el movimiento medido y un movimiento correcto predeterminado, siendo dicha relación indicativa de un error en dicho movimiento medido; permitiendo de este modo que la generación de una señal de operación se use para aplicar una fuerza de efecto a dicho objeto, siendo dicha señal de operación tal que dicha fuerza efectiva, cuando se aplique al objeto, aumentará un valor de dicho error.

La señal de operación es tal que la aplicación de la fuerza efectiva provocará que el objeto inicie un movimiento negativo con respecto a esta fuerza, y la resultante del movimiento del objeto se aproximará así al movimiento correcto. Preferentemente, la señal de operación es de tal manera que define al menos uno de los vectores unidimensionales, bidimensionales y tridimensionales de la fuerza efectiva.

El error puede ser indicativo de una diferencia entre los movimientos correctos y los medidos; o puede ser indicativo de una proporción entre los movimientos correctos y los medidos. Preferentemente, la fuerza efectiva se determina como mínimo entre primeros y segundos valores de fuerza determinados, en la que el primer valor de fuerza se determina como una fuerza de límite superior de seguridad aplicable al objeto a la vez que evita el daño al objeto durante la monitorización, y el segundo valor de fuerza se define por el error medido de manera que provoque el aumento del error. La fuerza efectiva puede ser solo una fuerza resistiva.

Preferentemente, tras determinar el error, se analiza para determinar si se cumple una determinada condición de movimiento predefinida con respecto a este error, para generar de este modo la señal de operación, si se cumple esta condición.

Preferentemente, los datos indicativos del movimiento correcto del objeto se proporcionan antes de la monitorización. Esta puede incluir proporcionar una base de datos que incluya los datos del movimiento correcto para diversos tipos de movimientos.

Los datos indicativos del movimiento medido del objeto pueden comprender al menos un parámetro físico del objeto, cuyo movimiento debe mejorarse, por ejemplo, el peso y/o la dimensión del objeto. De forma similar, los datos indicativos del movimiento correcto del objeto pueden comprender al menos un parámetro físico del objeto, tal como el peso y/o la dimensión del objeto. El procedimiento puede utilizar el análisis de los datos generados indicativos del movimiento medido para actualizar los datos indicativos del movimiento correcto del objeto.

La monitorización puede llevarse a cabo sin afectar sustancialmente a los datos indicativos del movimiento medido o proporcionando un efecto conocido sobre los datos indicativos del movimiento medido, en cuyo caso el procesamiento tiene en cuenta este efecto conocido a la vez que determina la relación entre el movimiento medido y el movimiento correcto.

El procedimiento puede utilizar la proporción de direcciones de movimiento al objeto, cuyo movimiento debe mejorarse.

Según otro aspecto no reivindicado, se proporciona un procedimiento para su uso en la mejora del movimiento del objeto, comprendiendo el procedimiento:

- (a) proporcionar datos indicativos de un movimiento correcto del objeto;
- (b) monitorizar el movimiento del objeto y generar datos indicativos de un movimiento medido;
- (c) procesar los datos generados y determinar una relación entre dicho movimiento medido y dicho movimiento correcto, siendo dicha relación indicativa de un error en dicho movimiento medido;
- (d) analizar el error determinado para permitir la generación de una señal de operación que define una fuerza efectiva que se aplicará al objeto, siendo dicha señal de operación tal que la fuerza de aplicación cuando se aplica al objeto aumenta un valor de dicho error.

Según otro aspecto no reivindicado de la invención, se proporciona un sistema para su uso en la mejora del movimiento del objeto, comprendiendo el sistema:

- un conjunto de monitorización configurado y operable para la monitorización;
- movimiento del objeto y generar datos indicativos del movimiento medido;
- un conjunto de aplicación de fuerza configurado y operable para aplicar una fuerza al objeto;
- una unidad de control que tiene una herramienta de memoria para almacenar datos indicativos de un movimiento correcto del objeto; y una herramienta de procesamiento y análisis de datos preprogramada para analizar los datos generados por el conjunto de monitorización, determinando un error en el movimiento medido como una relación entre el movimiento medido y el movimiento correcto, para permitir de este modo que la generación de una señal de operación se use para la operación del conjunto de aplicación de fuerza para aplicar al objeto una fuerza efectiva, siendo dicha señal de operación tal que la fuerza efectiva, cuando se aplique al objeto, aumentará un valor de dicho error.

El sistema puede comprender una disposición de dirección de movimiento que presente instrucciones de movimiento a un usuario, cuyo movimiento debe mejorarse.

La relación entre los movimientos medido y correcto puede determinarse como una diferencia entre estos movimientos; o como una proporción entre ellos.

El sistema preferentemente comprende un conjunto de interfaz interconectado entre el conjunto de aplicación de fuerza y el objeto. El conjunto de interfaz puede configurarse para sujetar el objeto cuyo movimiento debe mejorarse.

El conjunto de interfaz puede configurarse para no afectar sustancialmente a los datos indicativos del movimiento medido; o para proporcionar un efecto conocido sobre los datos indicativos del movimiento medido, en cuyo caso la herramienta de procesamiento y análisis de datos se preprograma para tener en cuenta este efecto conocido a la vez que determina la relación entre el movimiento medido y el movimiento correcto.

El conjunto de interfaz puede configurarse para ser operable en el primer y segundo modos: cuando opera con el primer modo, el conjunto de interfaz afecta al movimiento del objeto, y cuando opera con el segundo modo, el conjunto de interfaz sigue el movimiento del objeto. El conjunto de interfaz puede configurarse y ser operable para permitir al objeto que conduzca el movimiento; o configurarse y ser operable para transferir fuerzas entre el objeto, cuyo movimiento debe mejorarse, y un segundo objeto.

El conjunto de monitorización puede configurarse para medir variaciones de tiempo de una posición del objeto. El conjunto de monitorización puede comprender al menos uno de los siguientes: tacómetro, acelerómetro, potenciómetro, resolucionador, codificador y sistema de formación de imágenes. El conjunto de monitorización puede configurarse para medir una variación de tiempo de una fuerza o presión. El conjunto de monitorización puede comprender al menos uno de los siguientes: un extensómetro, una célula de carga y un sensor de presión.

El conjunto de monitorización puede comprender al menos un sensor de presión que opera para detectar la presión entre el conjunto de aplicación de fuerza y el objeto. Los sensores de presión pueden montarse en planos perpendiculares entre sí y estar al mismo nivel vertical. Los sensores de presión pueden incluir células de carga.

Según un aspecto de la invención, se proporciona una unidad de control según la reivindicación 1.

Breve descripción de los dibujos

A fin de entender la invención y ver cómo puede llevarse a cabo en la práctica, a continuación se describirá una realización preferida, a modo de ejemplo no limitante solo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La **Figura 1A** es una ilustración esquemática de un sistema de mejora de movimiento según la invención;

La **Figura 1B** es un diagrama de flujo de un procedimiento no reivindicado para la mejora del movimiento de un objeto;

Las **Figuras 2A y 2B** ilustran un ejemplo específico pero no limitante del sistema de la invención;

Las **Figuras 3A a 3C** ilustran esquemáticamente varios ejemplos de un conjunto de interfaz entre el sistema y un objeto, adecuado para su uso en el sistema de la presente invención;

Las **Figuras 4A a 4C** ilustran gráficamente los principios de la presente invención para la mejora del movimiento del objeto;

La **Figura 5A** ilustra esquemáticamente otro ejemplo del sistema de la presente invención;

Las **Figuras 5B a 5E** ejemplifican las configuraciones de las unidades de transmisión de fuerza y los conjuntos de interfaz adecuados para su uso en el sistema de la Figura 5A;

La **Figura 6A** ilustra esquemáticamente otro ejemplo del sistema de la presente invención;

Las **Figuras 6B a 6D** muestran tres ejemplos, respectivamente, de una unidad de generación de fuerza adecuada para su uso en el sistema de la Figura 6A; y

La **Figura 6E** muestra un ejemplo de una unidad de transmisión de fuerza adecuada para su uso en el sistema de la Figura 6A.

Descripción detallada de la invención

En referencia a la **Figura 1A**, se ilustra esquemáticamente un sistema **10** para la mejora de movimiento según la

invencción. El sistema **10** comprende un conjunto **12** de monitorización para la monitorización del movimiento llevado a cabo por el objeto, un conjunto **14** de aplicación de fuerza, una unidad **16** de control, que pueden equiparse con una unidad de presentación (por ejemplo, una pantalla visual o un altavoz). Dicha unidad de presentación de datos puede usarse no solo para la presentación de los resultados sino también para la presentación de información al objeto para dirigir de este modo su movimiento (por ejemplo, información de la operación o realidad virtual). El conjunto de aplicación de fuerza (y posiblemente también el conjunto de monitorización) se asocia con un conjunto **35** de interfaz entre el sistema y el objeto, cuyo movimiento debe mejorarse. El conjunto **35** de interfaz está destinado preferentemente a conectar el conjunto **14** de aplicación de fuerza al objeto, pero también puede soportar el conjunto **12** de monitorización o una parte del mismo.

El conjunto **12** de monitorización incluye un sensor o una pluralidad de sensores configurados para la identificación de un movimiento medido llevado a cabo por un objeto (por ejemplo, un paciente, una mascota, una máquina) y la generación de datos indicativos del mismo. El/los sensor/es pueden detectar el movimiento específico de una extremidad, en particular, y evaluar los parámetros de movimiento de una extremidad, en general. El/los sensor/es puede/n unirse al conjunto **14** de aplicación de fuerza, y/o al conjunto **35** de interfaz, y/o al objeto, o puede/n posicionarse en la/s ubicación/es apropiadas fuera de estos conjuntos. Por ejemplo, el/los sensor/es puede/n estar unido/s a la extremidad del paciente o montado/s en su proximidad de manera que sea capaz de monitorizar el movimiento de la extremidad. Dicho sensor puede, por ejemplo, incluir una fuente de luz unida a la extremidad y una cámara CCD para representar continuamente el movimiento de la fuente de luz junto con la extremidad. En caso de que la extremidad se una al conjunto **14** de aplicación de fuerza, que forma conjuntamente una unidad rígida, el sensor puede unirse a cualquier ubicación de esta unidad rígida. En caso de que prevalezca una relación física constante o conocida (en el tiempo y/o espacio) (por ejemplo, una proporción de transmisión) entre la extremidad y el conjunto **14** de aplicación de fuerza, el sensor puede unirse a cualquier ubicación del conjunto **14** de aplicación de fuerza. Generalmente, el sensor se selecciona de acuerdo con el/los parámetro/s de movimiento que se monitoriza/n y puede incluir al menos uno de los siguientes elementos capaces de detectar una posición y medir (un) parámetro/s de movimiento: un codificador, un resolucionador, un potenciómetro, un tacómetro, un acelerómetro, una célula de carga, medidor de deformación, un extensómetro, un transductor de presión, un sensor de par de torsión y un sistema de formación de imágenes.

Los datos indicativos del movimiento medido se reciben en la unidad **16** de control, en la que se procesan estos datos para determinar un error en el movimiento medido y para generar una señal de operación para el conjunto **14** de fuerza. La señal de operación está destinada a aplicar una fuerza efectiva a un objeto a fin de mejorar el movimiento del objeto. Según la invencción, esta señal de operación es tal que la fuerza efectiva en realidad aumenta un valor de error. Por esto, al objeto (por ejemplo, el paciente) se le enseña a corregir por sí mismo este tipo de movimiento específico.

Tal como se muestra en la figura, la unidad **16** de control incluye una herramienta **17** de entrada de datos, una herramienta **18** de memoria, una herramienta **19** de procesamiento y análisis de datos, y una herramienta **20** de salida de datos. La herramienta **17** de entrada de datos se configura para la introducción de datos en la unidad de control, tal como los datos introducidos por el usuario que se almacenan en la herramienta **18** de memoria y/o los datos que provienen del conjunto **12** de monitorización que se reciben mediante la herramienta **19** de procesador. La herramienta de entrada de datos puede incluir un panel de representación, un teclado, una pantalla táctil, una memoria extraíble portátil (discos, unidad flash USB), etc., mediante la que un usuario introduce datos. Debe entenderse que la herramienta de entrada de datos puede configurarse para la recepción de datos a partir de dispositivos remotos, así como para la transmisión de datos recibidos a dispositivos remotos. Esto puede incluir dispositivos de comunicación tales como componentes basados en RS232, herramienta de correo electrónico, hardware de comunicación inalámbrica o componentes de recepción de entrada de datos basados en infrarrojos o USB (Bus en Serie Universal), etc. La herramienta **18** de memoria almacena determinados datos de referencia indicativos de un movimiento correcto predeterminado para cada tipo de movimiento. La herramienta **19** de procesador se preprograma con el software adecuado basado en un modelo matemático predeterminado capaz de analizar los datos relacionados con el movimiento medido y determinar una relación entre estos datos y los datos de referencia correspondientes. Esta relación es indicativa de un error en el movimiento medido. Tras determinar el error, la herramienta **19** de procesador genera la señal de operación a la herramienta **14** de aplicación de fuerza para aplicar una determinada fuerza efectiva al objeto para mejorar de este modo el movimiento del objeto. Como se indica anteriormente, la señal de operación es tal que la fuerza efectiva aumenta un valor de error.

Debe entenderse que la herramienta de procesador puede ser el denominado "sistema experto" capaz de llevar a cabo un modo de aprendizaje (por ejemplo, mediante redes neuronales) y, por consiguiente, actualizar los datos de referencia. Por ejemplo, el perfil de movimiento medido de una extremidad, que se detecta mediante el conjunto de monitorización y se transfiere a la herramienta **19** de procesador a través de la herramienta **17** de entrada de datos, puede compararse con los perfiles de movimiento anterior almacenados en la herramienta **18** de memoria. La configuración puede ser tal que, basándose en los resultados del procesamiento de datos, la herramienta **19** de procesador sea capaz de tomar una decisión sobre si generar una señal para operar el conjunto **14** de aplicación de fuerza para aplicar una fuerza de efecto a un objeto. En otras palabras, la señal de operación se genera solo en determinadas circunstancias o basada en una determinada condición del movimiento medido. La generación de la señal de operación puede ser a base de cualquier técnica adecuada conocida. Esto puede, por ejemplo, ser una técnica que utiliza alternativas condicionadas preprogramadas: una vez que se cumple una condición predeterminada,

se elige la alternativa. Este procedimiento se conoce comúnmente como 'tabla de consulta'. Otro ejemplo se basa en una decisión aprendida o creada mediante un sistema de redes neuronales. La red neuronal puede ser un algoritmo general o adaptado específicamente a un tipo de movimiento. La señal de operación puede contener parámetros suficientes para provocar que una fuerza se aplique a una extremidad. Dichos parámetros pueden incluir la magnitud de fuerza, sus componentes (si es más de una fuerza unidimensional), su duración, etc. Debe entenderse que tanto la unidad de control como el conjunto de aplicación de fuerza están configurados para la comunicación apropiada entre ellos. La unidad **16** de control se diseña preferentemente como un módulo independiente compatible con diversos tipos de conjunto de aplicación de fuerza y conjunto de monitorización.

Además, la unidad **16** de control opera y controla un control en bucle abierto o cerrado sobre la fuerza que se aplica. El operador del sistema selecciona uno cualquiera de los controles en bucle abierto y en bucle cerrado basándose en las consideraciones relevantes. Dicho bucle puede formarse solo mediante la unidad **16** de control y el conjunto **14** de aplicación de fuerza, o puede también incluir la entrada de datos a partir del conjunto **12** de monitorización. La entrada de datos para el control en bucle cerrado puede incluir datos sobre las fuerzas aplicadas y anteriores, características del objeto, y datos sobre los movimientos actuales y anteriores del objeto. También puede incluir datos sobre la interacción entre el objeto y la fuerza, tal como la fuerza resultante entre el objeto y el conjunto **35** de interfaz.

El conjunto **14** de aplicación de fuerza se configura y opera para crear y aplicar una fuerza a un objeto. Además, puede permitir que un objeto se mueva dentro de la libertad de movimiento predeterminada del conjunto **14** de aplicación de fuerza, es decir, el objeto puede moverse libremente siempre que no exceda los límites de recorrido del conjunto **14** de aplicación de fuerza, incluso cuando este último ejerce una (contra)fuerza más fuerte. La fuerza aplicada mediante el conjunto **14** de aplicación de fuerza puede actuar con, contra o en otra dirección con respecto a la dirección de movimiento del objeto (por ejemplo, en dirección ortogonal al movimiento del objeto). Debe indicarse que el conjunto **14** de aplicación de fuerza incluye una unidad de generación de fuerza, aunque no se muestra específicamente aquí. Esto puede ser un muelle, un peso o un motor eléctrico (por ejemplo, un motor de pasos, un servomotor), que puede asociarse con un conductor. El motor puede ser un motor lineal o de rotación. Este conjunto de aplicación de fuerza puede incluir una unidad de transmisión de fuerza, tal como las ruedas de engranaje; una disposición de palanca; o un sistema hidráulico o neumático que incluye un cilindro con un pistón, y un motor eléctrico (que en este caso sería la unidad de generación de fuerza), que produce, respectivamente, la presión de aceite y aire, resistiendo o imponiendo el movimiento. Como se indica anteriormente, la interfaz **35** adecuada entre el conjunto **14** de aplicación de fuerza y el objeto se proporciona preferentemente para permitir de este modo la transmisión de fuerzas bidireccionales, es decir, entre los anteriores al objeto y *viceversa*. En determinadas aplicaciones, en las que se requiere un movimiento con libertad de una extremidad, en dimensiones apropiadas, la interfaz se diseña preferentemente de manera que altere la extremidad durante su movimiento.

El sistema **10** puede incluir una pantalla, que puede ser el monitor de la unidad de control o un visor adicional, para la interfaz de usuario o paciente. Dicha pantalla puede presentar los objetivos a seguir de un paciente durante su terapia, escenas de realidad virtual en una a tres dimensiones, así como instrucciones escritas. Estos medios auxiliares pueden facilitar la operación del sistema, así como mejorar los logros del paciente. La pantalla se opera mediante la unidad **16** de control, que puede cargarla con información almacenada desde la herramienta de memoria o desde fuentes externas (por ejemplo, un sitio web o una memoria extraíble).

La **Figura 1B** muestra las etapas principales del procedimiento de mejora de movimiento. El movimiento del objeto se monitoriza y se proporcionan los datos indicativos del movimiento medido. Los datos medidos se procesan y analizan mediante datos indicativos de un movimiento correcto del objeto. El procesamiento se destina a determinar una relación entre los datos indicativos del movimiento medido y los datos indicativos del movimiento correcto para determinar de este modo un error en el movimiento medido y generar una señal de operación que se usa para definir una fuerza efectiva que se aplica al objeto. La señal de operación es tal que la fuerza efectiva, cuando se aplica al objeto, aumenta el valor de error.

En referencia a las **Figuras 2A y 2B** se muestra un ejemplo específico pero no limitante de un sistema **10** de la invención destinado a mejorar el movimiento de una extremidad del paciente. El sistema **10** se configura para seguir la trayectoria del brazo del paciente durante el movimiento del brazo, monitorizar (medir) este movimiento y, tras detectar un error en el movimiento medido, aplicar una fuerza efectiva requerida al brazo. Como se indica anteriormente, la fuerza aplicada es de tal manera que aumenta un valor del error. El propio paciente puede mover su brazo con libertad o según objetivos predeterminados. Los objetivos se le pueden presentar como un mensaje de voz o mensaje visual (sobre una pantalla) como instrucciones del tipo "MUEVA SU BRAZO A LA IZQUIERDA, DESPUÉS MUEVA...", como alternativa o adicionalmente, tal como se muestra en el presente ejemplo (**Figura 2A**), un plano de movimiento **MP** puede usarse por debajo del brazo del paciente con los objetivos T estando marcados sobre el plano de movimiento. Dicho movimiento que dirige el conjunto (por ejemplo, una pantalla, un plano de movimiento) puede presentar escenas de realidad virtual, objetivos a seguir, etc.

El sistema **10** tiene un conjunto **12** de monitorización; un conjunto **14** de aplicación de fuerza y una unidad **16** de control. Como puede verse mejor en la **Figura 2B**, el conjunto **12** de monitorización incluye dos sensores en forma de codificadores **36A** y **36B** montados en ejes (no mostrados) de dos motores **30A** y **30B**, respectivamente, que se asocian con una disposición **31** de palanca. El conjunto **14** de aplicación de fuerza se forma mediante estos dos motores y la disposición **31** de palanca. Los motores presentan una unidad de generación de fuerza, y la disposición **31**

de palanca presenta una unidad de transmisión de fuerza. En el ejemplo presente, los motores son preferentemente motores eléctricos con ejes de rotación. La disposición **31** de palanca se asocia con un elemento **35** de sujeción del brazo que se monta preferentemente sobre un elemento **37** de guía para permitir de este modo al paciente que ajuste su posición del brazo sobre la disposición de palanca. La sujeción **35** del brazo en realidad presenta la interfaz entre el objeto y el sistema. Las configuraciones posibles de la interfaz se describirán más específicamente más adelante.

Los codificadores **36A** y **36B** detectan el movimiento de la disposición **31** de palanca a lo largo de dos ejes perpendiculares entre sí, respectivamente, provocado por el movimiento del brazo del paciente, y transmiten los datos indicativos de la misma a la unidad de control. La herramienta de procesador de la unidad de control analiza estos datos y, tras detectar un error, genera la señal de operación a los motores **30A** y **30B** de modo que aplique al brazo del paciente la fuerza efectiva que aumenta este error. La monitorización del movimiento del brazo y el control de este movimiento mediante la señal de operación se llevan a cabo a través de los motores y la disposición de palanca de la siguiente manera.

La disposición **31** de palanca incluye los brazos **33A** y **33B** de palanca conectados de forma pivotante entre sí a través de un elemento **32** de pasador. El brazo **33A** de palanca se monta sobre un elemento **34**, que es rotativo por el motor **30A** a través de una cinta **32A**, que se conecta al eje del motor **30A** y al del elemento **34**. Por lo tanto, el motor **30A** inicia la rotación del elemento **34** e inicia así el movimiento pivotante del brazo **33A** y **33B**. El eje del motor **30B** se conecta a su vez al elemento **32** de pasador a través de la cinta **32B**, siendo una fuerza generada por el motor **30B** transferida de este modo al brazo **33B**, que se conecta a la interfaz **35** con el brazo del paciente. De este modo, la operación del motor **30A** efectúa la rotación del elemento **34** y, consecuentemente, el movimiento pivotante del brazo **33A**. La operación del motor **30B** efectúa la rotación del elemento **32** de pasador y, consecuentemente, el movimiento pivotante del brazo **33B**. De esta manera, cualquier movimiento (fuerza), puede efectuarse a lo largo del plano x-y horizontal con la interfaz **35** dentro de los límites de la potencia motores y las dimensiones de la unidad de transmisión de fuerza. Por otro lado, el movimiento actual del brazo del paciente a lo largo de dos ejes perpendiculares entre sí se transfiere a los codificadores **36A** y **36B** a través de la disposición de palanca y los ejes de los motores. Los sensores adicionales pueden usarse, estando unidos a la interfaz **35**, para la monitorización de las tensiones y las fuerzas entre la extremidad y el brazo **33B** de palanca, tal como se describirá a continuación con referencia a la **Figura 3A**.

Debe entenderse que la técnica de la presente invención proporciona también la mejora del movimiento de una máquina automática, especialmente cuando la máquina no realiza un movimiento preciso debido a una falta de control, o cuando se debe actualizar una máquina y es necesario un control estricto del movimiento. Además, se puede requerir que los robots automáticos se muevan de un punto a otro o sigan una trayectoria específica para realizar sus tareas. El sistema de la presente invención puede usarse para enseñar a un robot a realizar estos movimientos a la vez que el robot se une a la interfaz **35**. El sistema puede usarse para estabilizar un sistema de control de sistemas no estables tales como en armas militares y para estimular trastornos del movimiento. El sistema puede usarse para intensificar los trastornos mediante la aplicación de fuerzas, por ejemplo, en un paciente que padece dichos trastornos. Las respuestas del paciente a dichas fuerzas se monitorizan mediante el sistema, y los datos monitorizados y los datos de entrada, se analizan para determinar diferentes fuerzas para permitir de este modo corregir los trastornos.

El conjunto de interfaz entre el conjunto de aplicación de fuerza y el objeto puede ser uno de los siguientes tipos:

a) Interfaz "solo de seguimiento" que permite únicamente la unión y la transmisión de fuerza al objeto. El objeto queda así libre para moverse, y el movimiento del objeto conduce la interfaz, a menos que el conjunto **14** de aplicación de fuerza aplique una fuerza al objeto. Un ejemplo de tal conjunto de interfaz se muestra en la **Figura 3A**. Aquí, el conjunto **135** de interfaz incluye un anillo **35** para rodear y sujetar el brazo de un paciente. El anillo **35** se conecta al final del brazo **33B** de palanca (es decir, a la unidad de transmisión de fuerza) a través de una disposición **40** de conexión. Esta última incluye un cojinete **41** esférico directamente acoplado al anillo **35**; soportes **42**; y una placa **46** que se acopla directamente al brazo **33B**. El cojinete **41** esférico permite el movimiento tridimensional del brazo del paciente según la elección del paciente, además del movimiento a lo largo del eje vertical por el eje deslizante (**37** en la **Figura 2B**). Los sensores (no mostrados) también se proporcionan preferentemente estando unidos en (una) ubicación/es apropiada/s entre el brazo **33B** de palanca y el anillo **35**. A fin de miniaturizar la estructura global del conjunto de interfaz, se utilizan las células **44A** y **44B** de carga estando conectadas entre sí por los soportes **42** para estar al mismo nivel vertical y en planos perpendiculares entre sí. Dicha estructura asegura la detección de tensiones y fuerzas en dos direcciones ortogonales y, además, ahorra el volumen y reduce la flexibilidad potencial.

b) Interfaz de "transferencia de interacción", que se usa para permitir la interacción entre un primer objeto, cuyo movimiento debe mejorarse, y un segundo objeto que se usa para ayudar en esta tarea. La **Figura 3B** ejemplifica dicho conjunto de interfaz, generalmente denominado **235**. El conjunto **235** de interfaz se configura para ayudar a enseñar a un paciente a usar correctamente sus dedos (que constituyen el primer objeto) para realizar una operación de agarre, por ejemplo, agarrar un lápiz **92** (que constituye el segundo objeto). El conjunto **235** de interfaz incluye dos cajas **94A** y **94B** abiertas especialmente diseñadas. El lápiz **92** se posiciona entre las cajas **94A** y **94B**. Cada una de estas cajas es móvil en dirección perpendicular al lápiz **92**, tal como se muestra mediante las flechas **95**. La enseñanza se realiza dejando que el paciente introduzca dos de sus dedos, por ejemplo, el dedo gordo y el dedo índice, en las cajas. Después, el paciente puede intentar agarrar el lápiz. Las cajas limitan el movimiento. Los sensores (no mostrados) se unen a las cajas **94A** y **94B** y monitorizan el movimiento de los dedos. En consecuencia, el sistema de mejora de movimiento puede aplicar una fuerza a los dedos moviendo ya sea una

o ambas cajas **94A** y **94B**, todo tal como se ha descrito anteriormente. Puede usarse una interfaz similar para enseñar a un paciente a presionar un objeto (segundo objeto), tal como un botón. Por tanto, estas son las interfaces "solo de seguimiento" con características especiales adicionales: la interacción entre el primer y segundo objeto se lleva a cabo a través de esta interfaz.

c) Interfaz de "posibilitación de movimiento", que permite el movimiento propiamente dicho y, además de permitir que la interfaz siga el objeto, permite recibir y transferir fuerzas desde y hacia el objeto. Por lo tanto, se necesita la interfaz para permitir el movimiento, es decir, sin dicha interfaz no se puede realizar ningún movimiento. Tal como se muestra en la **Figura 3C**, dicho conjunto de interfaz puede incluir una rueda **335** motriz sujeta por los brazos del paciente y rotada por él. El ejemplo adicional puede ser el uso de pedales de una bicicleta, sobre la que se posicionan las piernas del paciente y que se rotan mediante las piernas del paciente.

Ahora se hace referencia a las **Figuras 4A-4C** que ilustran los principios de la presente invención para el procesamiento de datos y la generación de la señal de operación para mejorar el movimiento del objeto. En el ejemplo presente, el movimiento considerado es el movimiento de un brazo del paciente a la vez que sostiene un vaso de vidrio de agua y lo mueve de una posición X_1 a una posición X_2 .

La **Figura 4A** describe el movimiento en forma de parámetro de velocidad de movimiento como función de la distancia de movimiento. Debe indicarse que también podrían usarse otros parámetros, tales como la velocidad frente al tiempo. Un punto inicial se establece en la coordenada X_1 . Los perfiles de velocidad relevantes del movimiento incluyen un Perfil **A**, que se denomina "perfil de velocidad ideal", y un Perfil **B**, que es el perfil de movimiento medido, es decir, el movimiento realmente medido de la mano del paciente durante un período determinado de tiempo t_1 .

El Perfil **A** es un perfil que describe el movimiento correcto en dichas circunstancias (es decir, para este tipo específico de movimiento). Puede ser un perfil experimental construido a partir de información obtenida como resultado de experimentos. Por ejemplo, estos pueden ser experimentos por los que se pide a varios pacientes que realicen un movimiento similar. Los resultados se basan de media en un/unos parámetro/s relevante/s tal/es como la edad, el sexo, etc., y, como consecuencia, se determina el Perfil **A** como el movimiento correcto para circunstancias específicas (personas que pertenecen a un grupo de edad determinado, sexo, etc.). El Perfil **A** también podría ser un perfil teórico obtenido a partir de la consideración teórica. Por ejemplo, la aportación teórica puede obtenerse haciendo pruebas en un paciente que mueve dicho vaso, sin ningún trastorno. Para el fin del ejemplo mostrado en la **Figura 4A**, el perfil teórico puede considerarse como el de movimiento correcto. El Perfil **A** también podría ser una combinación de los resultados experimentales y teóricos.

El Perfil **B**, que corresponde al movimiento medido que debe mejorarse, podría medirse mediante sensores configurados y alojados para la detección del movimiento a lo largo de la trayectoria del movimiento. En el ejemplo presente, la velocidad de movimiento del Perfil **B** es mayor que la velocidad del Perfil **A**, en todos los puntos de distancia, excepto en los puntos de inicio y de finalización X_1 y X_2 . Sin embargo, tanto el Perfil **A** como **B** tienen un patrón similar, es decir, la velocidad de movimiento aumenta desde el punto inicial X_1 hasta un determinado punto P_1 , después permanece estable hasta un punto de distancia P_2 , y después disminuye a cero en un punto de finalización X_2 .

La **Figura 4B** muestra los Perfiles **A'** y **B'** que corresponden a las derivadas de tiempo de los Perfiles **A** y **B** (es decir, las aceleraciones del movimiento), respectivamente, como función de la misma distancia. Los Perfiles **A'** y **B'** pueden dividirse en cinco segmentos comunes: segmento **I** que corresponde a las aceleraciones positivas constantes, segmento **II** que corresponde a las aceleraciones decrecientes positivas, segmento **III** que corresponde a las aceleraciones cero, segmento **IV** que corresponde a las aceleraciones decrecientes negativas, y segmento **V** que corresponde a las aceleraciones negativas constantes. Según este ejemplo, el valor absoluto de la aceleración (medida) actual (Perfil **B'**) es mayor que la aceleración correcta (Perfil **A'**) en todas las distancias, excepto en la del segmento **III**. Por tanto, en este ejemplo específico, el paciente aplica fuerzas significativamente excesivas (adicionales) para realizar este movimiento y, probablemente, el agua se derrame fuera del vaso. Esto por supuesto puede dar lugar a efectos adversos como la incapacidad para realizar movimientos delicados, aumento del agotamiento y el cansancio y más. Por lo tanto, el error determinado así es indicativo de una fuerza aumentada aplicada por el paciente.

La **Figura 4C** ejemplifica una aceleración unidimensional correctiva del Perfil **D** (perfiles de una fuerza efectiva) que se aplica a la mano del paciente según la presente invención, en comparación con la aceleración del Perfil **C** que se aplicaría según el enfoque convencional de mejora de movimiento tal como el implementado por el sistema MIT-MANUs, disponible en el mercado gracias a Interactive Motion Technologies, Inc. y descrito, por ejemplo, en el sitio de Internet <http://www.interactive-motion.com/>. La aceleración del Perfil **C** está relacionada con la diferencia positiva entre el Perfil **B'** y el Perfil **A'** de la **Figura 4B** (es decir, $(A'-B')$). Así que, según el enfoque convencional, la fuerza efectiva se aplica contra la fuerza del paciente, es decir, de manera que disminuya la fuerza en exceso (error) aplicada por el paciente a lo largo de la trayectoria del movimiento. La aceleración del Perfil **D** resultante de la señal de operación de la presente invención es diferente: el Perfil **D** está relacionado con la diferencia negativa entre los Perfiles **B'** y **A'** (es decir, $-(A'-B')$), es decir, la fuerza efectiva se aplica de manera que disminuya la diferencia (error) entre los Perfiles **B'** y **A'**.

En general, pueden usarse diversas relaciones entre el movimiento medido de un objeto y el movimiento correcto en la

presente invención y, generalmente, se denominan como "Error". El Error es una indicación de la relación entre las dos cantidades. En el caso general, el Error es una función de las coordenadas de tiempo y espacio, así como de la relación mencionada anteriormente. Por tanto, el Error se determina como:

$$Error(x_3, y_3, z_3, t_3) = f\{a(x_1, y_1, z_1, t_1), b(x_2, y_2, z_2, t_2)\}; \quad (1)$$

5 en el que f es una función de (x_i, y_i, z_i) que son coordenadas de espacio en un sistema de coordenadas ortogonal o curvilíneo, t_i es la coordenada de tiempo; $a(x_1, y_1, z_1, t_1)$ y $b(x_2, y_2, z_2, t_2)$ son, respectivamente, los movimientos correctos y medidos (caracterizados por dicho/s parámetro/s, tal como la aceleración, la velocidad, etc.) de un objeto en unas coordenadas de espacio y tiempo determinadas.

10 Como se muestra en la ecuación (1), las causas que llevan a la determinación de Error pueden originarse en coordenadas de tiempo (anterior) y espacio diferentes entre sí. A este respecto, el Error puede ser un retraso del sistema. Sin embargo, la ecuación general (1) puede degenerarse en casos apropiados; por ejemplo, b tendrá las mismas coordenadas de tiempo y espacio que el Error, mientras que a puede ser invariable con el tiempo (teniendo en cuenta que a es una variable).

Por ejemplo, el error en las coordenadas de tiempo t_2 y espacio x_2, y_2, z_2 se define como:

15
$$Error(x_2, y_2, z_2, t_2) = a(x_2, y_2, z_2) - b(x_2, y_2, z_2, t_2); \quad (2)$$

en el que $a(x_2, y_2, z_2)$ es la aceleración correcta del objeto en las coordenadas de espacio x_2, y_2, z_2 ; y $b(x_2, y_2, z_2, t_2)$ es la aceleración medida en cualquier coordenada de tiempo y espacio x_2, y_2, z_2 .

Según este ejemplo, el $Error(x_2, y_2, z_2, t_2)$ es una propiedad fundamental para la determinación de la fuerza efectiva (es decir, su magnitud y dirección).

20 El valor de $Error(x_2, y_2, z_2, t_2)$ puede determinarse como sigue: Se determina la aceleración actual del objeto en las coordenadas de tiempo t_2 y espacio x_2, y_2, z_2 . A este fin, se dan los siguientes datos con respecto al objeto específico: su masa, las fuerzas de fricción internas que se ejercen durante el movimiento del objeto (es decir, dentro del objeto, tal como la fricción de los músculos, etc.), la interfaz del conjunto de aplicación de fuerza, su masa y sus fuerzas de fricción internas. Para el fin de este cálculo, la interfaz unida al objeto se considera en primer orden un cuerpo rígido.

25 Después, la ecuación de fuerza (segunda ley de Newton) se aplica a la interfaz y al objeto y, por consiguiente, se determina la aceleración neta (equivalente a la aceleración medida) del objeto ($a(x_2, y_2, z_2, t_2)$). En segundo orden, el perfeccionamiento de este cálculo puede hacerse usando los datos adicionales sobre las fuerzas internas entre la interfaz y el objeto, eliminando la suposición de un cuerpo rígido. Dichos datos pueden obtenerse mediante medidores de presión o fuerza adecuados montados entre los dos (por ejemplo, la célula **44A** y **44B** de carga de la **Figura 3A** o los transductores de presión activos, tal como se ejemplificará a continuación).

30

El Error se determina mediante una de las siguientes ecuaciones:

$$Error(x_2, y_2, z_2, t_2) = \frac{a(x_2, y_2, z_2, t_2)}{b(x_2, y_2, z_2)}; \quad (3a)$$

$$Error(x_2, y_2, z_2, t_2) = \frac{a(x_2, y_2, z_2, t_2) - b(x_2, y_2, z_2)}{b(x_2, y_2, z_2)}; \quad (3b)$$

La fuerza efectiva $F_{aplicada}$ que se aplica al objeto en las coordenadas de tiempo t_2 y espacio x_2, y_2, z_2 se determina según la siguiente función de fuerza general:

35
$$F_{aplicada}(x_2, y_2, z_2, t_2) = f\{Error(x_2, y_2, z_2, t_2), CF_1, CF_2, SC, VC, FC, SF\}; \quad (4)$$

en la que f es una función de CF_1 y CF_2 , que son coeficientes destinados a desactivar las fuerzas de inercia y de fricción; SC , VC , y FC son los coeficientes de corrección de espacio, velocidad y fuerzas, respectivamente, destinados a corregir errores en el conjunto de monitorización o la influencia mutua del conjunto de monitorización y la propia interfaz, o la compensación de datos específicos del objeto, tales como el peso y las dimensiones; SF define una fuerza de límite superior de seguridad que se aplica y usa para consideraciones de seguridad, para evitar daños al objeto durante el período de conexión a la interfaz y, en particular, cuando se aplica la fuerza efectiva (por ejemplo, la prevención de rotura de la extremidad). Los coeficientes CF_1 , CF_2 , SC , VC , FC y SF se determinan según dichos parámetros del objeto, tales como la velocidad, el sexo, la edad, las dimensiones y el peso. Debe indicarse que todos estos coeficientes se expresan en unidades de fuerza.

40

La fuerza efectiva que se aplica es preferentemente una de las siguientes:

$$F_{aplicada}(x_2, y_2, z_2, t_2) = \min \left(\begin{array}{l} -k_1 \times [a(x_2, y_2, z_2, t_2) - b(x_2, y_2, z_2)] + CF_1 + CF_2 + \\ k_2 \times [x_2 - x_0] + k_3 \times [v_m - v_c] + k_4 \times [f_m - f_c], SF \end{array} \right); \quad (5)$$

5 en la que k_1 es positivo, k_2-k_4 son factores positivos o negativos, todos ellos basados en, respectivamente, la aceleración del objeto, la posición actual del objeto, la velocidad del objeto y las fuerzas de fricción; v_m y v_c son, respectivamente, la velocidad correcta y actual del objeto en las coordenadas de tiempo t_2 y espacio x_2, y_2, z_2 ; f_m y f_c son, respectivamente, las fuerzas medida y corregida; SF es el valor de seguridad, en la unidad de fuerza (si la fuerza efectiva es mayor que SF es probable que el objeto se vea perjudicado por la interfaz).

Los factores k pueden determinarse de diversas maneras. Por ejemplo, se determinan en procedimientos iterativos; se corrigen basados en la información detectada, desde el primer ciclo de monitorización hasta el siguiente. Según otro

10 ejemplo, el factor k pertenece a la fórmula $k = \left(p - \min \left[\frac{c}{a} \right], p \right)$ en la que p es constante, c es constante y a es el movimiento medido del objeto.

La unidad de control, que es una unidad independiente o una parte del sistema 10, genera continuamente la señal de operación a fin de operar el conjunto de aplicación de fuerza. La señal se cambia según el resultado del cálculo de las ecuaciones anteriores.

15 La unidad de control puede que no genere dicha señal de operación, a menos que se cumpla una determinada condición. Una condición ejemplar puede ser que el Error está por encima de un valor predeterminado. El propio umbral puede ser una constante, dependiente del tiempo, o el resultado de un algoritmo de red neuronal.

Por tanto, la fuerza efectiva $F_{aplicada}$ es el valor mínimo entre el coeficiente de consideración de seguridad SF y la expresión de fuerza anterior (5): a fin de prevenir daños al objeto, la fuerza aplicada debería limitarse, lo que se hace siempre imponiendo una fuerza máxima que se aplica, es decir, la función min. El primer término de la ecuación (5), $-k_1 \times [a(x_2, y_2, z_2, t_2) - b(x_2, y_2, z_2)]$, es el que se considera importante en la determinación de la fuerza efectiva $F_{aplicada}$. Este término está destinado a aumentar el valor de error y, por consiguiente, la fuerza aplicada. Como resultado, se aumenta la diferencia entre el movimiento medido del objeto y su movimiento correcto. Este primer término se precede con (-) en la ecuación (5) a fin de hacer hincapié en que cuando se aplica a la aceleración correcta $b(x_2, y_2, z_2)$, la aceleración total (es decir, la fuerza efectiva) por la que se mueven los objetos es mayor que el caso en que no se precede con el signo (-). El resto de los términos de la ecuación (5) pueden ser de orden superior o eliminarse en diversos casos.

La fuerza efectiva puede calcularse con un algoritmo de red neuronal teniendo en cuenta los datos específicos del objeto, tales como su característica de trastorno de movimiento (por ejemplo, si este es un paciente espástico), su peso, edad y sexo.

Ahora se hace referencia a las **Figuras 5A-5E y 6A-6E** que ilustran algunos ejemplos más del sistema de mejora de movimiento de la presente invención.

La **Figura 5A** muestra un sistema 10 que tiene un conjunto 12 de monitorización, un conjunto 14 de aplicación de fuerza y una unidad 16 de control. El conjunto 14 de aplicación de fuerza incluye una unidad 50 hidráulica o neumática. La unidad 50 incluye un pistón 52 móvil dentro de un cilindro 54 operado mediante un líquido o aire bombeado por un motor (no mostrado) que se regula mediante una o más válvulas 56A y 56B. Las válvulas 56A y 56B se operan mediante un motor adicional o solenoide (no mostrado). Los dos transductores de presión 58A y 58B se montan en dos lados del pistón 52 y se destinan a medir la presión usada para evaluar las fuerzas entre una interfaz y el objeto.

El sistema 12 de monitorización incluye un codificador 150 lineal montado en la salida del pistón 52 y operado para medir el movimiento del pistón. Los datos monitorizados se procesan mediante la unidad 16 de control a fin de determinar el parámetro de movimiento del objeto a través del movimiento del pistón 52.

Como se muestra en la **Figura 5B**, el pistón 52 puede conectarse directamente a un mango 101 de práctica que sujeta el paciente que practica un movimiento lineal que debe controlarse y, si es necesario, mejorarse. El mango 101 presenta un interfaz de "posibilitación de movimiento".

45 Como se muestra en la **Figura 5C**, una disposición de rueda se conecta al pistón 52. La disposición de rueda incluye la primera y segunda ruedas 105 y 107 montadas sobre un eje común. La rueda 105 se monta sobre el pistón 52. Un cable 109 que se extiende desde la rueda 107 hasta el mango 101 se proporciona sobre la circunferencia de la rueda 107. Un movimiento lineal del pistón 52 efectúa así la rotación de la rueda 105, que a su vez efectúa la rotación de la rueda 107 y, como resultado, efectúa el movimiento del cable 109 conectado al mango 101 sujetado por el paciente

que practica un movimiento lineal. Un codificador **111** se une a la rueda **105** para la medición del movimiento de esta rueda.

La **Figura 5D** ejemplifica el uso de un conector **113** rígido (palo) entre la rueda **107** y el mango **101** (en lugar del cable **109** de la **Figura 5C**), a fin de practicar el movimiento rotativo.

5 En el ejemplo de la **Figura 5E**, la fuerza efectiva se transmite directamente a y se monitoriza a través del movimiento de un conector **115** lineal rígido entre la rueda **107** y el mango **101** a la vez que controla un movimiento lineal practicado por un paciente.

10 La **Figura 6A** ilustra un sistema **10** que utiliza un conjunto **14** de aplicación de fuerza con una unidad **60** de generación de fuerza y una unidad **62** de transmisión de fuerza que se conecta a un elemento **101** (conjunto de interfaz) manejado por un usuario a la vez que lleva a cabo un movimiento lineal. Los ejemplos de la unidad **60** de generación de fuerza se muestran en las **Figuras 6B-6D**. La unidad **60** de generación de fuerza se conecta a la unidad de transmisión de fuerza a través de un elemento **136** rotativo.

15 La unidad **62** de transmisión de fuerza incluye un acoplamiento **64** de fricción que transmite el movimiento desde la unidad **60** de generación de fuerza a una polea **66** rotativa rodeada por un cable **68** de tracción conectado al mango **101**. El acoplamiento **64** se compone de dos discos **64A** y **64B**, que están enfrente entre sí mediante superficies de diseño idénticas. El disco **64A** se monta sobre el extremo distal del elemento **136** rotativo, a la vez que se monta el disco **64B** sobre la polea **66**. El acoplamiento **64** (su disco **64B**) se regula mediante un motor o solenoide **69** a través de un husillo de torno (no mostrado) que efectúa el movimiento de un lado del acoplamiento **64** (el disco **64B**) contra su segundo lado (disco **64A**), aumentando o disminuyendo así la fricción entre los discos **64A** y **64B**. Como resultado, se controla el movimiento de la polea **66**. El conjunto de monitorización incluye un codificador **70** montado sobre la polea **66** para medir su desplazamiento. La unidad **60** de generación de fuerza y la unidad **62** de transmisión de fuerza se operan mediante la unidad **16** de control. Los datos generados mediante el codificador **70** se transmiten a la unidad de control.

25 Como se muestra en la **Figura 6B**, la unidad **60** de generación de fuerza incluye un muelle **130** activo que afecta a un movimiento lineal. El movimiento lineal se transmite mediante un cable **132** a una polea **134** montada sobre el elemento **136**. Por esto, la rotación de la polea **134** se transfiere al elemento **136** y, por consiguiente, al disco **64A**, que entra en contacto con el disco **64B** iniciado por el movimiento del mango **101**, es decir, por el usuario, o por el motor **69**, es decir, por la unidad de control.

30 Según el ejemplo de la **Figura 6C**, la unidad de generación **60** de fuerza es un motor activo que rota directamente el elemento **136**.

En el ejemplo de la **Figura 6D**, la unidad **60** de generación de fuerza es generalmente similar a la de la **Figura 6B** pero se distingue de la misma porque en lugar de usar un muelle **130** activo (en la **Figura 6B**), una polea **144** se usa estando cargada con una masa **142** a través de un cable **132** de tracción.

35 Como se muestra en la **Figura 6E**, la unidad **62** de transmisión de fuerza puede componerse de un engranaje continuo. Esto se implementa usando una primera rueda **76A** cónica conectada a la unidad **60** de generación de fuerza a través del elemento **136** y se rota mediante esta pieza, una segunda rueda **76B** cónica, y una rueda **75** de transmisión ubicada entre las dos ruedas **76A** y **76B**. Cualquier rotación de la rueda **76A** cónica provocará así la rotación de la rueda **75** de transmisión que, a su vez, rotará la segunda rueda **76B** cónica. La segunda rueda **76B** cónica rota la polea **66** y el cable **68**, tal como se describe anteriormente con referencia a la **Figura 6A**. Un mecanismo mediante el que se determina y efectúa la proporción de transferencia de fuerza entre las ruedas **76A** y **76B** cónicas utiliza un motor **73** adicional que rota un husillo **74** de torno al que se une la rueda **75** de transmisión.

40 Como resultado, cualquier rotación del husillo **74** de torno afecta al movimiento de la rueda **75** a lo largo del eje **78** conductor. Debe indicarse que podría usarse un solenoide en lugar de usar el motor **73** y el husillo **74**. Por lo tanto, se puede determinar la proporción de transmisión de fuerza mediante la ubicación de la rueda **75** en una determinada posición.

45 Debe entenderse que la presente invención puede usarse ventajosamente en una máquina de mariposa o el sistema similar que incluye un levantamiento de peso de manera que ejerce un momento variable a lo largo de una palanca rotativa que cambia el momento debido a un cambio en el ángulo entre la palanca y el eje de la fuerza de gravitación. Dicha máquina de mariposa que utiliza la presente invención incluye un conjunto a base de muelles configurado para ser desplazable entre sus posiciones plegada y extendida, con una fuerza de tensión del muelle que disminuye durante el desplazamiento, en lugar de aumentarse como en la máquina convencional.

50 Los expertos en la técnica apreciarán fácilmente que se pueden aplicar diversas modificaciones y cambios a las realizaciones de la invención, como se ha ejemplificado anteriormente, sin alejarse de su alcance definido en y por las reivindicaciones adjuntas. Los conjuntos de aplicación de fuerza y de monitorización pueden ser de cualquier tipo adecuado conocido que permita, respectivamente, medir el movimiento actual de un objeto y aplicar una fuerza que afecte a este movimiento. La herramienta de procesamiento y análisis de datos puede ejecutar cualquier algoritmo adecuado que permita determinar una relación entre el movimiento medido y el movimiento correcto, determinando así un error en el movimiento medido, y permita determinar una fuerza efectiva óptima que, cuando se aplique al objeto,

aumente el valor de error.

REIVINDICACIONES

1. Una unidad de control para su uso en un sistema para la mejora del movimiento de un objeto, comprendiendo la unidad de control:

- 5 - una herramienta de entrada para recibir datos indicativos de movimiento medido del objeto;
- una herramienta de memoria para almacenar al menos los datos indicativos de movimiento correcto del objeto;
- una herramienta de procesamiento y análisis de datos preprogramada para analizar los datos recibidos indicativos del movimiento medido del objeto y generar una señal de operación,

10 estando la unidad de control **caracterizada porque** dicho análisis de los datos indicativos del movimiento medido comprende determinar un error en el movimiento medido como una relación entre dicho movimiento medido y dicho movimiento correcto y, tras identificar una determinada condición del movimiento medido, generar la señal de operación que corresponde a una fuerza efectiva, usándose dicha señal de operación para la operación de un conjunto de aplicación de fuerza del sistema, teniendo dicha fuerza efectiva magnitud y dirección como una función de dicho error, de manera que dicha fuerza efectiva, cuando se aplique al objeto, aumente un valor de dicho error.

2. Un sistema (10) para su uso en la mejora del movimiento de un objeto, comprendiendo el sistema:

- 15 (a) un conjunto (12) de monitorización configurado y operable para monitorizar un movimiento del objeto y generar datos indicativos del movimiento medido;
- (b) un conjunto (14) de aplicación de fuerza configurado y operable para aplicar una fuerza al objeto; y
- (c) la unidad (16) de control de la reivindicación 1 configurada para la comunicación con el conjunto de
- 20 monitorización para recibir los datos indicativos del movimiento medido y para la comunicación con el conjunto de aplicación de fuerza para operar selectivamente dicho conjunto de aplicación de fuerza mediante la señal de operación que corresponde a la fuerza efectiva que tiene la magnitud y dirección de manera que la fuerza efectiva, cuando se aplique al objeto, aumente un valor de dicho error.

3. El sistema de la reivindicación 2, que comprende un conjunto (35, 101, 135, 235, 335) de interfaz interconectado entre dicho conjunto (14) de aplicación de fuerza y el objeto.

25 4. El sistema de la reivindicación 2 o 3, en el que el conjunto (12) de monitorización está configurado para medir variaciones de tiempo de una posición del objeto.

5. El sistema de la reivindicación 4, en el que el conjunto (12) de monitorización comprende al menos uno de los siguientes: tacómetro, acelerómetro, potenciómetro, resolucionador, codificador (36A, 36B. 70, 111, 150) y sistema de formación de imágenes.

30 6. El sistema de la reivindicación 2 o 3, en el que el conjunto (12) de monitorización está configurado para medir una variación de tiempo de una fuerza o presión.

7. El sistema de la reivindicación 6, en el que el conjunto (12) de monitorización comprende al menos uno de los siguientes: un extensómetro, una célula (44A, 44B) de carga y un sensor de presión.

35 8. El sistema de la reivindicación 2 o 3, en el que el conjunto (12) de monitorización comprende al menos un sensor de presión que opera para detectar la presión entre el conjunto de aplicación de fuerza y el objeto.

9. El sistema de la reivindicación 8, en el que los sensores de presión están montados en planos perpendiculares entre sí y están al mismo nivel vertical.

10. El sistema de la reivindicación 8, en el que los sensores de presión incluyen células (44A, 44B) de carga.

40 11. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 9, en el que dicho conjunto de interfaz está configurado para sujetar el objeto cuyo movimiento debe mejorarse.

12. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 9, en el que dicho conjunto (35, 101, 135, 235, 335) de interfaz está configurado para no afectar sustancialmente a los datos indicativos del movimiento medido.

45 13. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 9, en el que dicho conjunto (35, 101, 135, 235, 335) de interfaz está configurado para aplicar un efecto conocido sobre los datos indicativos del movimiento medido, estando dicha herramienta (19) de procesamiento y análisis de datos preprogramada para tener en cuenta dicho efecto conocido a la vez que determina la relación entre dicho movimiento medido y dicho movimiento correcto.

50 14. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 9, en el que dicho conjunto (35, 101, 135, 235, 335) de interfaz está configurado para ser operable en el primer y segundo modos, cuando opera con el primer modo, el conjunto de interfaz afecta al movimiento del objeto y, cuando opera con el segundo modo, el conjunto de interfaz sigue el movimiento del objeto.

15. El sistema de la reivindicación 14, en el que el conjunto de interfaz está configurado y es operable para permitir que

el objeto conduzca el movimiento.

16. El sistema de la reivindicación 14, en el que el conjunto de interfaz está configurado y es operable para transferir fuerzas entre el objeto, cuyo movimiento debe mejorarse, y un segundo objeto.

5 17. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 16, que comprende una disposición de dirección de movimiento que presenta instrucciones de movimiento a un usuario, cuyo movimiento debe mejorarse.

18. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 17, en el que dicha relación se determina como una diferencia entre dicho movimiento correcto y dicho movimiento medido.

19. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 17, en el que dicha relación se determina como una proporción entre dicho movimiento correcto y dicho movimiento medido.

10 20. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 19, en el que dicha fuerza efectiva es solo una fuerza resistiva.

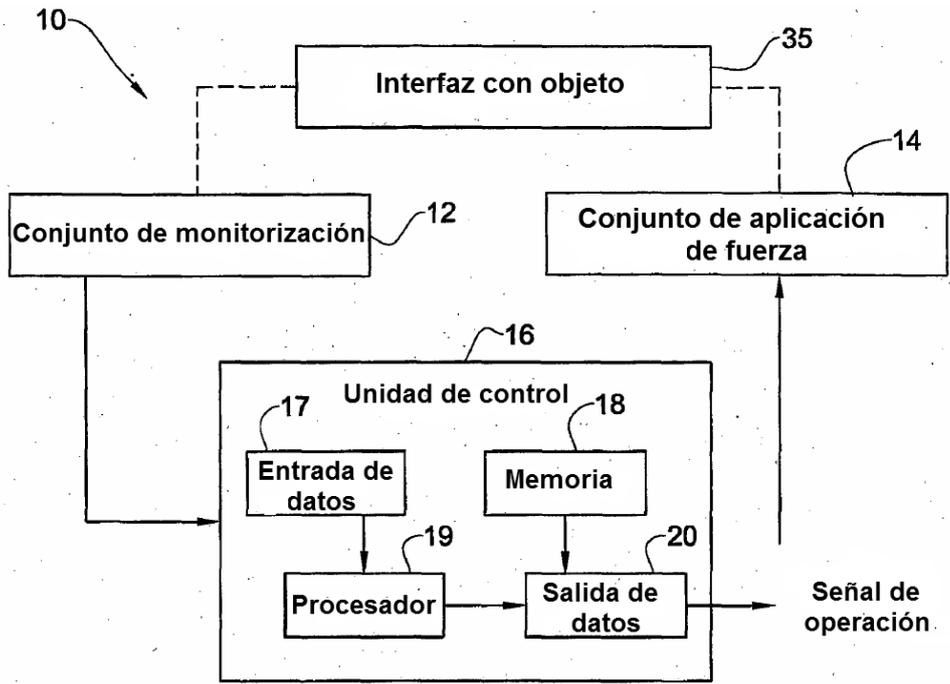


FIG. 1A

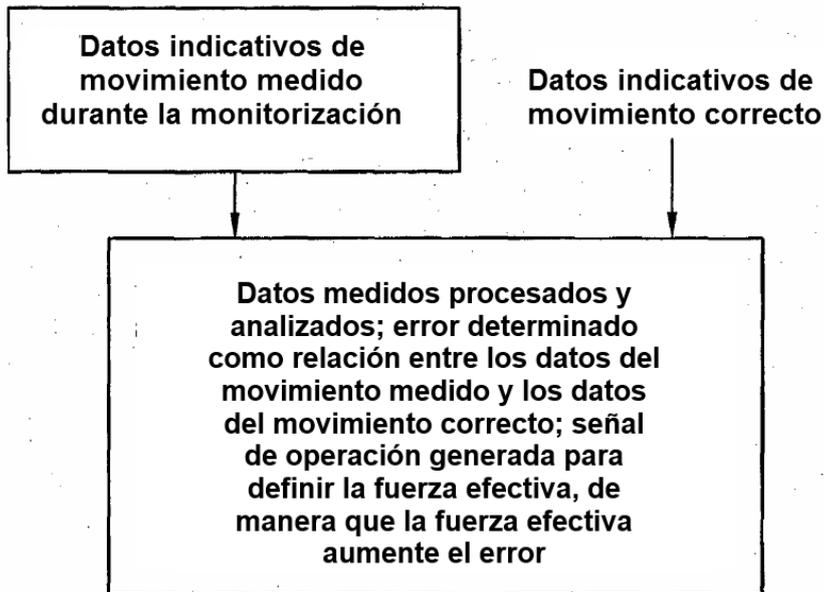


FIG. 1B

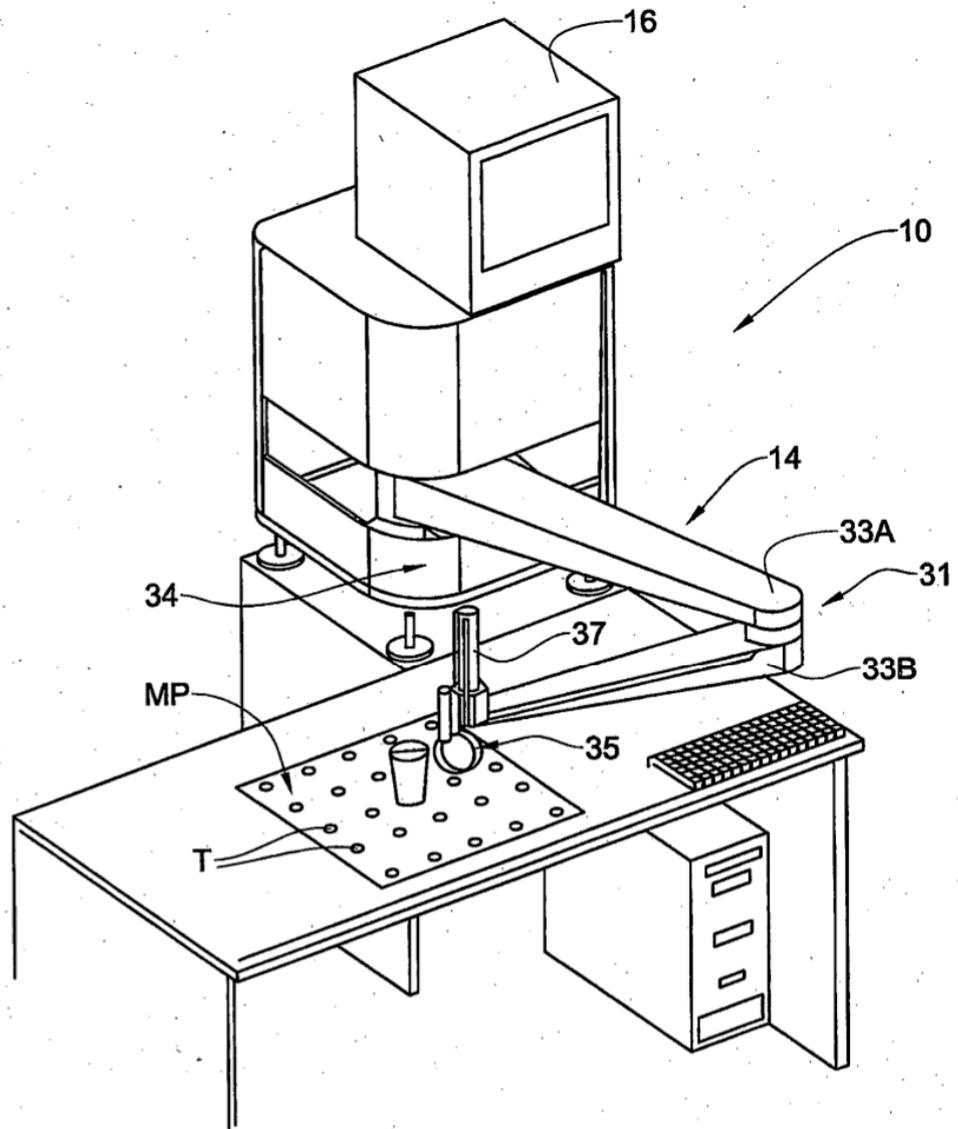


FIG. 2A

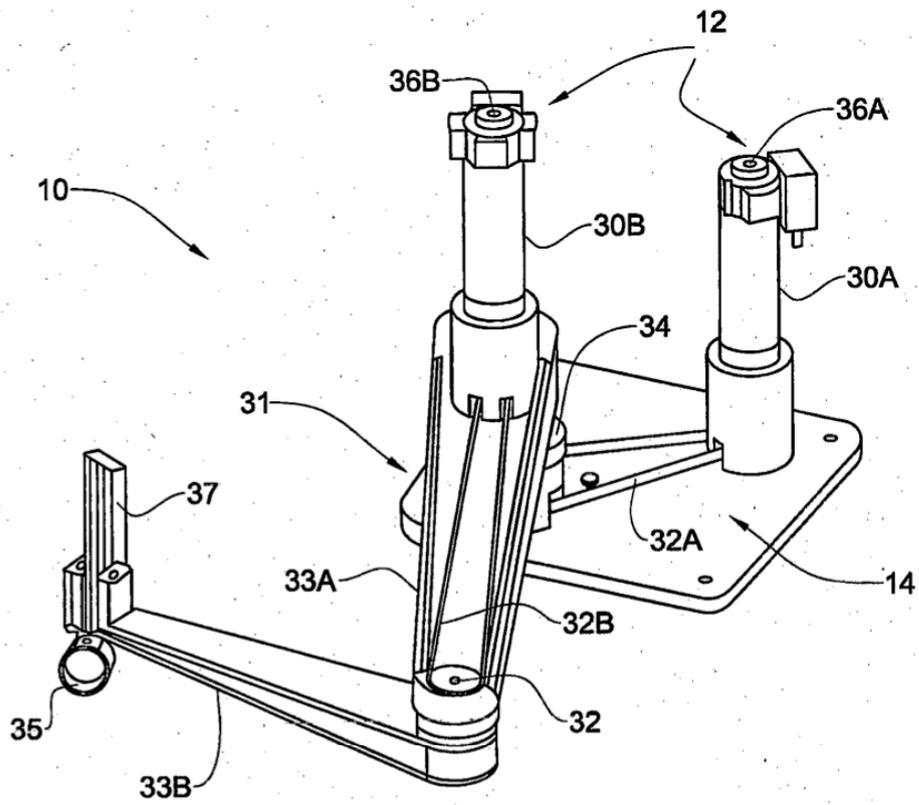


FIG. 2B

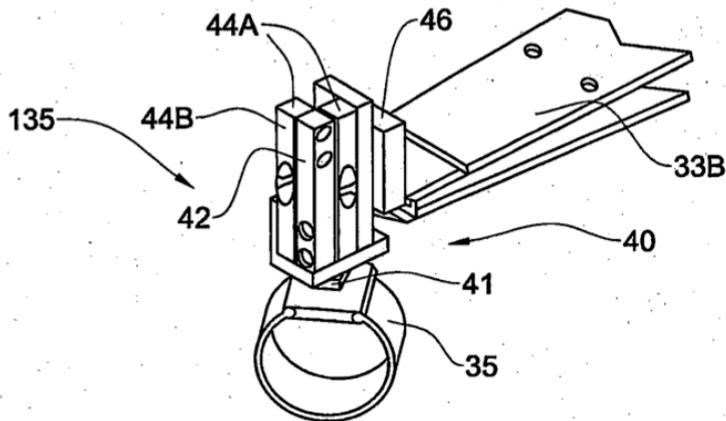


FIG. 3A

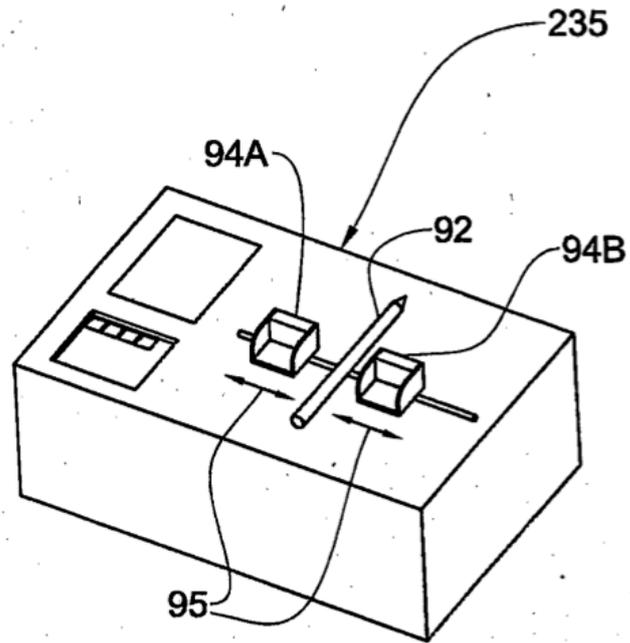


FIG. 3B

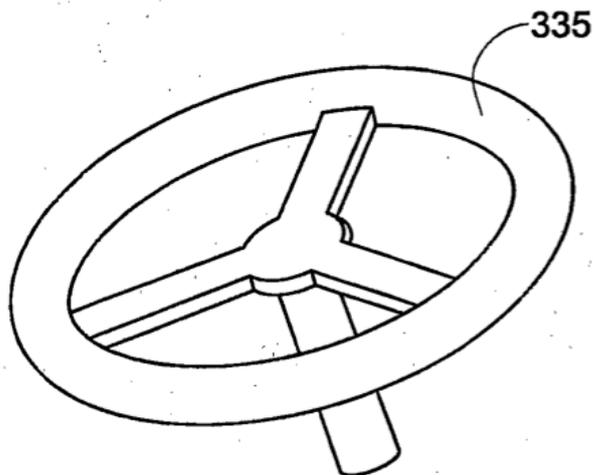


FIG. 3C

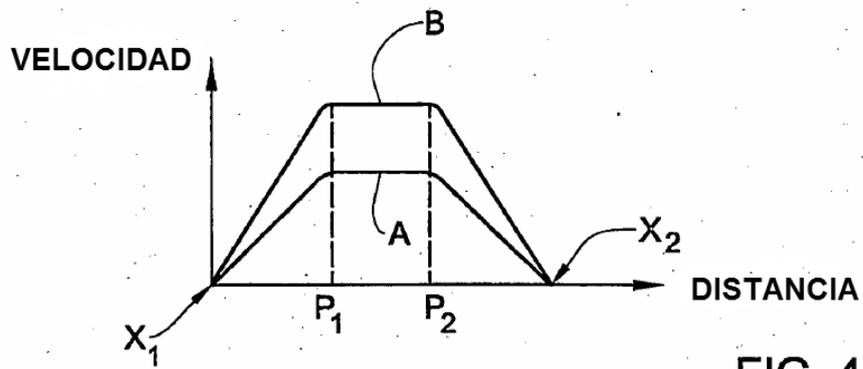


FIG. 4A

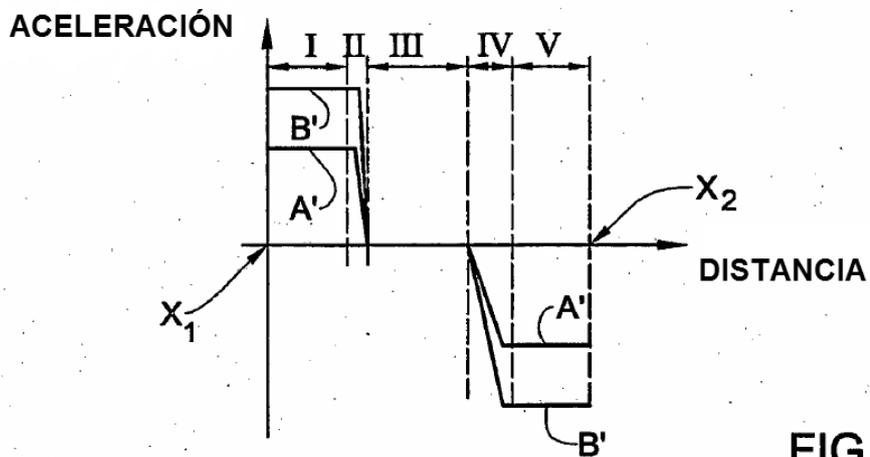


FIG. 4B

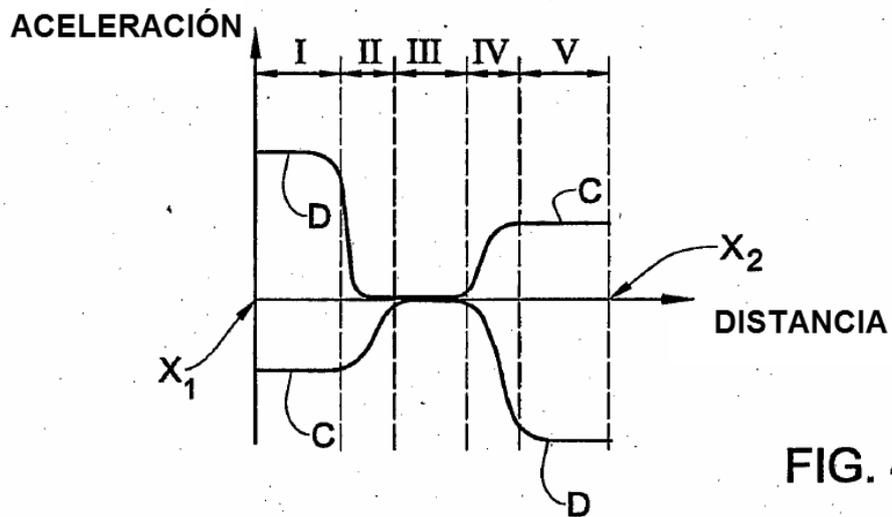


FIG. 4C

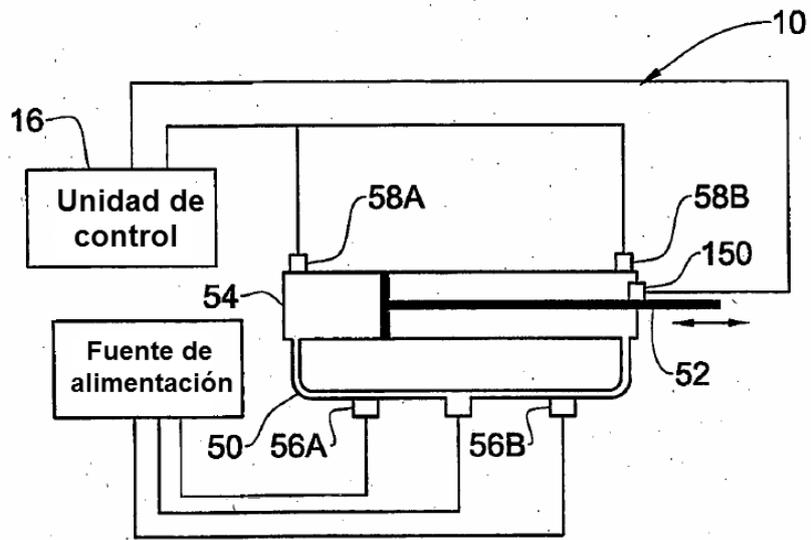


FIG. 5A

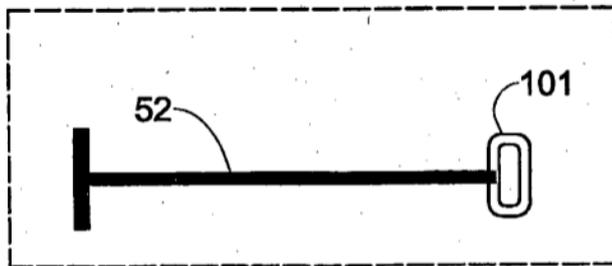


FIG. 5B

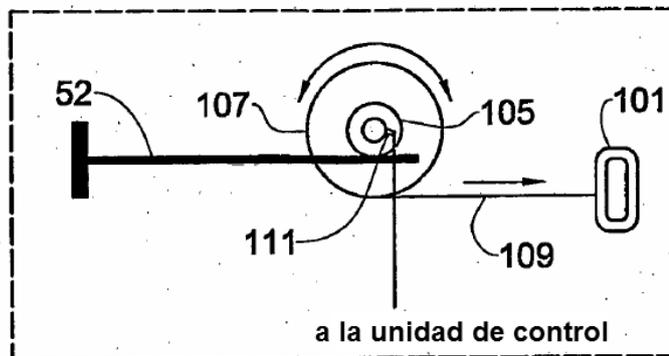


FIG. 5C

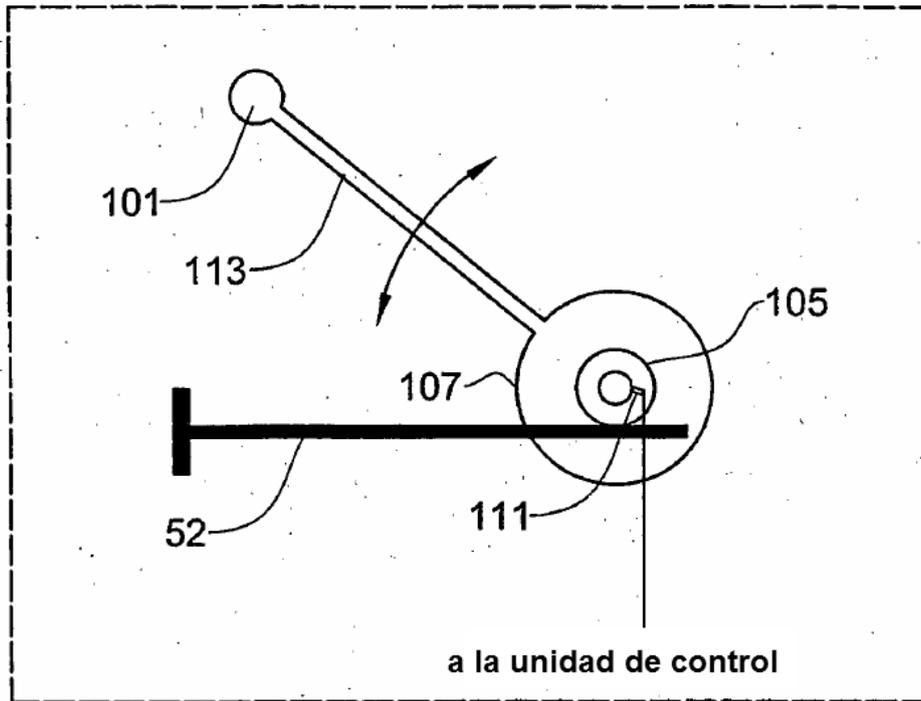


FIG. 5D

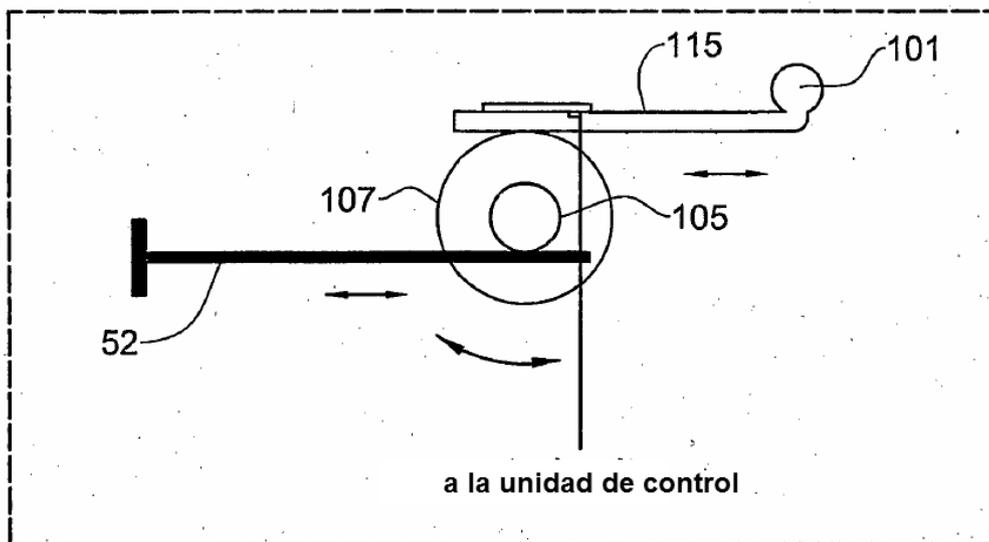


FIG. 5E

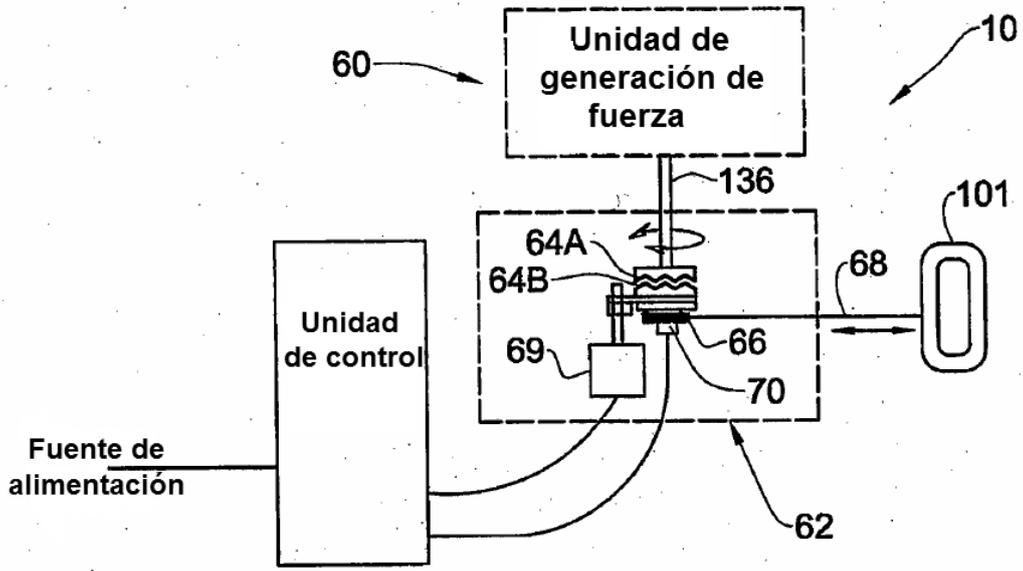


FIG. 6A

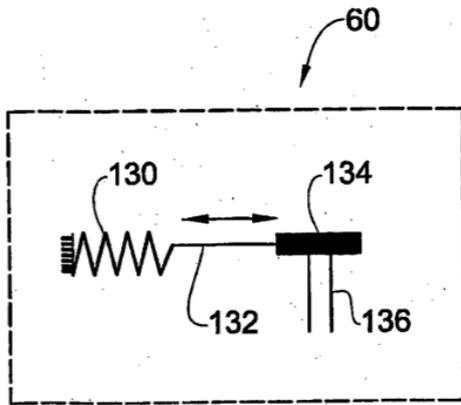


FIG. 6B

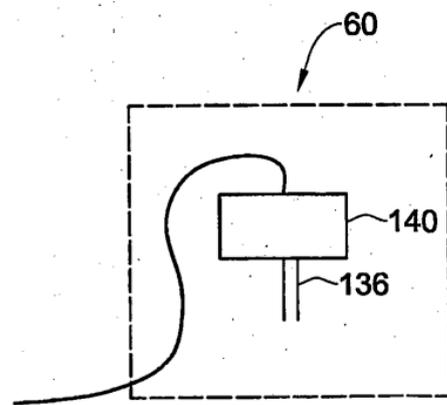


FIG. 6C

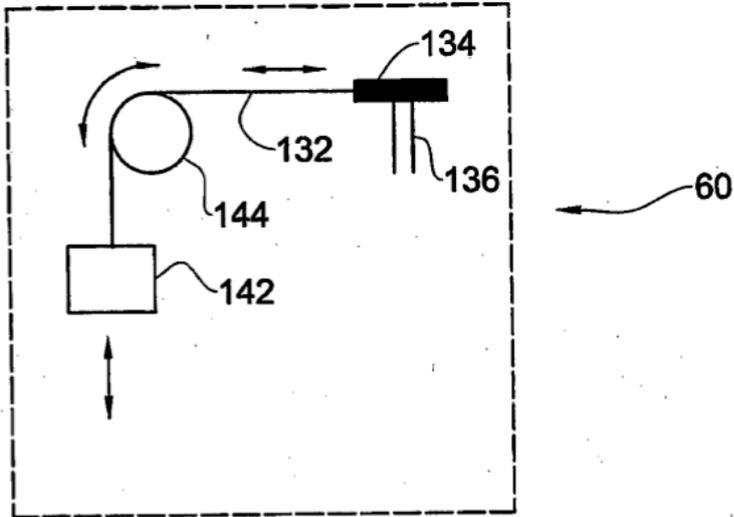


FIG. 6D

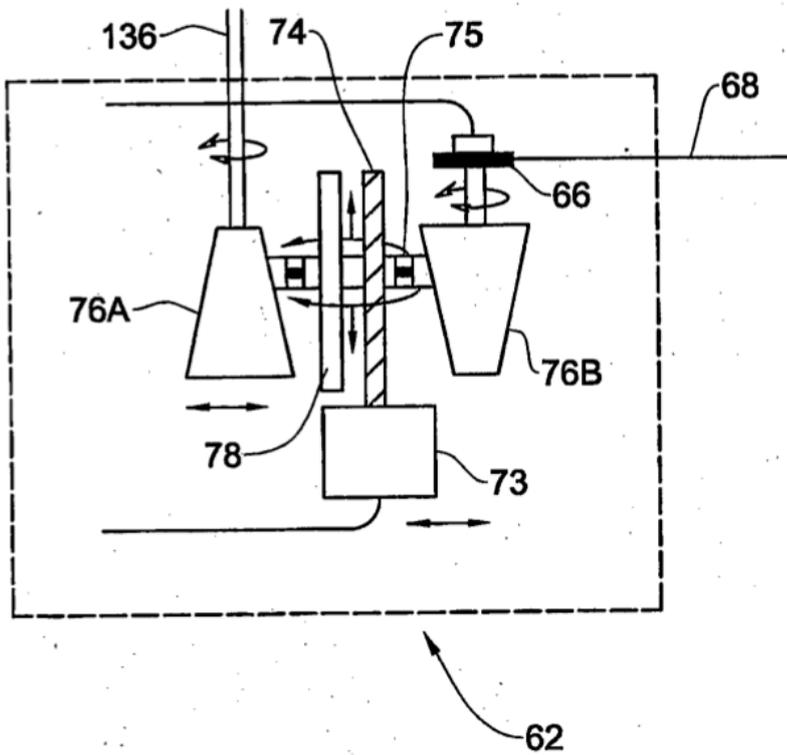


FIG. 6E