

DISPOSITIVO DE EFECTOR FINAL ADAPTABLE PARA ROBOT DE REHABILITACIÓN DE MIEMBROS SUPERIORES

5 CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere al campo de la rehabilitación del cuerpo humano, en particular a un dispositivo del tipo de efector final para conectarse a un robot manipulador de rehabilitación de miembros superiores.

10

ESTADO DE LA TÉCNICA

Un accidente cerebrovascular es una enfermedad de alto riesgo, y la hemiplejía inducida por un accidente cerebrovascular afecta en gran medida la vida diaria de los pacientes. Actualmente las terapias de rehabilitación de movilidad de brazo y antebrazo son predominantemente basadas en ejercicios manuales en donde interactúan por contacto directo el fisioterapeuta y el paciente. Las sesiones de terapia requieren tiempos entre 45 y 60 minutos. Un fisioterapeuta en su jornada laboral diaria atiende mínimo 8 pacientes. Esto genera que a medida que transcurre el día de trabajo los ejercicios pierdan precisión y repetibilidad debido al normal agotamiento físico de este profesional de la salud. También se debe tener en cuenta que varios de estos ejercicios requieren la aplicación de una fuerza resistiva, haciendo más exigente la tarea. A todo lo expuesto se suma la aparición del Covid-19 que hace que estas tareas de contacto físico entre paciente y profesional de la salud por tiempos prolongados aumente las probabilidades de posibles contagios.

Para ampliar el rango de movimiento de las articulaciones que se han reducido debido a una lesión, se requiere rehabilitación realizando repetidamente movimientos de flexión y extensión alrededor de las articulaciones. En general, la rehabilitación articular es difícil de realizar correctamente sin acudir a un hospital bien equipado. Como resultado, el costo y el tiempo necesarios para ir al hospital

se vuelven una carga y, como resultado, muchas personas realizan la rehabilitación a medias. Como resultado de una rehabilitación a medio terminar, si el área afectada vuelve a la vida normal sin estar completamente curada, el área afectada empeorará, como la recurrencia de lesiones y el estrechamiento del rango de movimiento de las articulaciones del área afectada.

Por lo tanto, con el fin de reducir los problemas anteriores, se desea ansiosamente que la rehabilitación sea realizada mediante un sistema de rehabilitación robótica.

A través del entrenamiento científico sistemático de las extremidades superiores de robots de rehabilitación, se puede restaurar el rango de movimiento de las extremidades, la fuerza muscular, la flexibilidad, etc. del lado afectado de los pacientes hemipléjicos, y se puede mejorar la capacidad de la vida diaria. Durante el proceso de rehabilitación, la extremidad superior del paciente debe moverse de acuerdo con una determinada trayectoria, esto requiere de un dispositivo que pueda reproducir un movimiento posicional relativo, y que al mismo tiempo el brazo del paciente esté cómodo durante la rutina. En la actualidad, no existe ningún método o dispositivo similar a la presente invención para un dispositivo de efector final universal adaptable para diferentes robots de rehabilitación.

Con el fin de resolver los problemas implicados durante largas, agotadoras y repetitivas sesiones de terapia y rehabilitación, se ha propuesto una solución de diseñar un dispositivo que pueda transmitir los movimientos generados por el manipulador robótico al brazo y antebrazo del paciente.

De esta manera se plantea un dispositivo de efector final para robot de rehabilitación que desempeña el papel de conexión intermedia entre el brazo robótico y el brazo humano, en donde el dispositivo tipo efector final es adaptable a un brazo manipulador robótico que genera secuencias de movimiento controladas, precisas y repetibles sobre un paciente con limitación de movimiento del brazo y el antebrazo. El que el dispositivo de efector final sea adaptable gracias a su sistema de conexión/desconexión permite que dicho dispositivo de efector final pueda ser intercambiable y universal entre distintos robots de rehabilitación o brazos robóticos,

lo cual es una ventaja ante los efectores finales que ya están incorporados o son parte del robot de rehabilitación como, por ejemplo, el modelo de utilidad descrito en CN205339472U o el aparato de rehabilitación divulgado en US4936299A, en donde el usuario se sujeta al efector final que es un pequeño elemento 14 el cual es parte del brazo robótico controlado por software, quedando los brazos del usuario suspendidos en el espacio sin que ello asegure que se realicen todos los movimientos necesarios para la rehabilitación de la extremidad superior. Otro aparato de rehabilitación que hace que el brazo del usuario esté suspendido en el espacio es el descrito en el documento JP2006247280A.

Además, el contacto físico se minimiza entre el paciente y el fisioterapeuta. Por último, la exigencia física para el fisioterapeuta se reduce considerablemente pues el ejercicio lo guía directamente la máquina, dejando al fisioterapeuta tareas de alto nivel como la planeación de las rutinas de ejercicio, el monitoreo de desempeño del paciente durante la sesión de rehabilitación, y la evaluación del progreso del paciente a medida que transcurre el tratamiento.

Además, el diseño del dispositivo tipo efector final tiene la ventaja de ser compatible para usarse con pacientes diferentes para poder realizar los movimientos de las trayectorias del robot de rehabilitación sin provocar un daño colateral ya que no está restringido por las limitaciones de las características físicas de cada brazo tales como la diferencia en la edad, los parámetros de las extremidades, nivel de afectación, etc. del paciente.

Por ejemplo, el documento de solicitud de patente CN210250466U describe un dispositivo de ejecución de efector final de un robot de rehabilitación de miembros superiores que necesita adicionalmente un anillo inflable de contacto que rodea al antebrazo del usuario para ajustarse a pacientes con diferentes parámetros de diámetro del brazo, dicho anillo inflable presiona al antebrazo del paciente con el fin de que cuando giren los anillos, el antebrazo realice el movimiento de pronación-supinación, dicha configuración tiene la desventaja de tener un sistema que controle la presión ejercida sobre el antebrazo, dado que una presión baja conllevaría a no cumplir con la función de rotar el antebrazo y una presión mayor puede ocasionar

una lesión secundaria como hematomas en la parte de contacto con el antebrazo del paciente o abrasión en su piel por la fricción con el anillo inflable. JP2021083765A es otro documento de solicitud de patente que divulga un mecanismo similar al anterior en donde una primera porción de sujeción 20 que
5 sujeta al antebrazo (teniendo la misma desventaja anteriormente mencionada) y una segunda porción de sujeción 30 que es sostenida con la mano, giran en una dirección u otra para ocasionar el movimiento de pronación-supinación. Además, dicho dispositivo divulgado no es pasivo dado que cuenta con actuadores para realizar dichos movimientos rotacionales, lo cual difiere de la presente invención.

10 Pero uno de los problemas que tiene dichas divulgaciones es tener que realizar ajustes en el dispositivo de efector final debido a los diferentes parámetros del diámetro del brazo de los usuarios o implementar un mecanismo adicional que resuelva este problema.

Algunos otros documentos, adicionalmente a las desventajas anteriormente
15 mencionadas, no tienen en su alcance proporcionar todos los movimientos de traslación y rotación para proporcionar los movimientos de flexión-extensión del hombro, abducción-aducción del hombro, rotación interna-externa del hombro, así como flexión-extensión del codo, y pronación-supinación en el antebrazo, ya que solo se enfocan en ciertos miembros de la extremidad superior como por ejemplo
20 en el documento CN113397904A que está limitado al movimiento de la muñeca, por lo cual no tiene la capacidad de desplazamiento en el plano para producir los movimientos en el hombro o la flexión/extensión del codo. Otro ejemplo de este tipo se muestra en CN111281745A, en donde se describe que una muñequera se fija a la almohadilla de arrastre de ajuste de altura y la almohadilla de arrastre de ajuste
25 de altura sostiene el antebrazo del usuario y en donde la muñequera se usa para asegurar el antebrazo del usuario y reducir el desplazamiento del antebrazo en relación con el dispositivo en general. De igual manera el dispositivo de rehabilitación omnidireccional multifuncional del documento de solicitud de patente US20190308053A1, aunque cuenta con dos grados de libertad debido al uso de
30 ruedas en la base causando así que el dispositivo se desplace en el plano, dicho

dispositivo no cuenta con un tercer grado de libertad rotacional para proporcionar el movimiento de pronación-supinación en el antebrazo, adicionalmente dicho dispositivo no es totalmente pasivo ya que cuenta con un modo activo que utiliza un control interno, lo cual difiere de la presente invención.

5 Por lo tanto, estos documentos no describen alguna configuración específica para ejercitar el antebrazo, particularmente la pronación-supinación, en consecuencia, no es posible realizar fácilmente una pluralidad completa de ejercicios con un mismo dispositivo o aparato.

Adicionalmente a los problemas que se encontraron en el estado del arte, es
10 de importancia mencionar que ninguno de los anteriores proporciona la ventaja técnica de proporcionar un sistema de detección de presión para medir la fuerza ejercida sobre el dispositivo de efector final por el usuario, a lo mucho sugiere el uso sensores para medir ángulos de rotación.

En vista de esto, con el fin de resolver los problemas mencionados
15 anteriormente en el estado de la técnica, la presente invención proporciona un dispositivo de efector final para un robot de rehabilitación de miembros superiores, que utiliza un mango de agarre y la rotación relativa del disco proximal y el disco distal para guiar el movimiento del brazo del paciente. El dispositivo de efector final puede seguir trayectorias en el plano, además de movimientos de rotación
20 simultánea, comandados por el extremo (último eslabón) de un robot manipulador. El dispositivo es particularmente adecuado para la rehabilitación del robot de rehabilitación de miembros superiores con movimientos impulsados por un robot manipulador fácil de usar, fácil de acoplar al robot manipulador, y con la capacidad de ajustarse al usuario al cumplir con las necesidades y antropometría del paciente.

25

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Un objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo de efector
final capaz de adaptarse y conectarse fácilmente a cualquier brazo robótico o robot
30 de rehabilitación y que pueda ayudar a realizar los movimientos del brazo y

antebrazo durante trayectorias preestablecidas en el plano.

Así el dispositivo de tipo efector final permite realizar secuencias de movimiento controladas, precisas y repetibles sobre un paciente con limitación de movimiento del brazo y el antebrazo. Además, el contacto físico se minimiza entre el paciente y el fisioterapeuta. Por último, la exigencia física para el fisioterapeuta se reduce considerablemente pues el ejercicio o rutina es llevado a cabo solo por el dispositivo de efector final acoplado al manipulador, dejando al fisioterapeuta tareas de alto nivel como la planeación de las rutinas de ejercicio, el monitoreo de desempeño del paciente durante la sesión de rehabilitación, y la evaluación del progreso del paciente.

La presente invención consta de un dispositivo que comprende dos discos, uno proximal y uno distal, ensamblados de manera que giren relativamente entre sí mediante un anillo de acoplamiento que está sobre una base de soporte que se puede desplazar omnidireccionalmente en un plano horizontal, debido a esta configuración de los discos y el anillo de acoplamiento, el anillo de acoplamiento puede guiar los movimientos de rotación y traslación en el plano, permitiendo realizar diferentes ejercicios terapéuticos sobre el brazo y el antebrazo del paciente.

En el interior de los discos se encuentra un sistema de agarre en forma de mango que permite que el usuario lo sujete con la palma de la mano, el mango al estar sujeto al disco proximal ocasiona que el mango pueda rotar junto con el sistema de discos y así producir los movimientos de pronación-supinación en el antebrazo. Adicionalmente, el sistema de agarre cuenta con sensores de presión para medir la fuerza ejercida por la mano del usuario sobre el mango.

Dependiendo de la orientación del paciente con respecto al dispositivo, dicho dispositivo es capaz de producir los movimientos de flexión-extensión del hombro, abducción-aducción del hombro, rotación interna-externa del hombro, así como flexión-extensión del codo, y pronación-supinación en el antebrazo. El dispositivo se considera pasivo dado que los movimientos del dispositivo son generados por el manipulador robótico al cual está conectado. El dispositivo es el intermediario para que los movimientos generados por el manipulador robótico puedan ser transmitidos

al brazo y el antebrazo humanos.

La invención también consta de un sistema de conexión que permite que el dispositivo de efector final se conecte de manera inamovible pero desacoplable a un brazo manipulador robótico o robot de rehabilitación de tal manera que una vez
5 conectados, tanto el dispositivo de efector final y el brazo manipulador robótico se muevan en conjunto; en donde el robot de rehabilitación tiene una base de robot; la base de robot se usa para proporcionar el espacio de trabajo del robot de rehabilitación, así como el plano en donde se desplaza el dispositivo de efector final.

El dispositivo de efector final adaptable para robot de rehabilitación de
10 miembros superiores logra un proceso de entrenamiento de rehabilitación de miembros superiores seguro, repetitivo y práctico.

En comparación con el estado de la técnica, la invención presenta las siguientes ventajas y efectos técnicos:

La invención puede mejorar en gran medida el ámbito de aplicación del
15 dispositivo de efector final, puede proporcionar adicionalmente el movimiento de pronación-supinación en el antebrazo, puede medir la fuerza ejercida por la mano del usuario sobre el mango del sistema de agarre mediante los sensores de fuerza. Todo el dispositivo es compacto y ocupa poco espacio.

20 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FIGURAS

A continuación, se describirá en detalle al dispositivo de tipo efector final de la presente invención con referencia a los dibujos, tomando como referencia un manipulador robótico de rehabilitación.

25 La **Figura 1** es un diagrama de referencia de un dispositivo de tipo efector final 20 sobre una superficie de apoyo 12 conectado a un manipulador robótico 21 según una modalidad preferida de la presente invención.

La **Figura 2** es una vista en perspectiva de frontal lateral derecha del dispositivo de tipo efector final 20.

30 La **Figura 3** es una vista inferior del dispositivo de tipo efector final 20.

La **Figura 4A** es una vista superior del dispositivo de tipo efector final 20.

La **Figura 4B** es una vista lateral izquierda del dispositivo de tipo efector final 20.

La **Figura 4C** es una vista lateral derecha del dispositivo de tipo efector final 20.

La **Figura 5** es una vista frontal del dispositivo de tipo efector final 20.

La **Figura 6** es un diagrama explosionado que muestra el ensamble del dispositivo de tipo efector final 20.

La **Figura 7** es una vista en perspectiva que muestra al dispositivo de tipo efector final 20 en un estado de supinación del antebrazo humano.

La **Figura 8** es una vista posterior del dispositivo de tipo efector final 20.

La **Figura 9** es una vista en perspectiva de frontal lateral derecha del disco distal 3 del dispositivo de tipo efector final 20.

15 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La invención se describirá más adelante con referencia a modalidades específicas, pero no se limita a ellas.

La Figura 1 muestra de un dispositivo de efector final 20 para un robot de rehabilitación de miembros superiores que, en una modalidad preferida, está conectado de forma separable a un manipulador robótico o brazo robótico 21, en donde el dispositivo de efector final se coloca sobre una superficie de apoyo 12 que es la superficie del plano del espacio de trabajo para realizar las trayectorias de desplazamiento de las rutinas de rehabilitación.

La presente invención consta de un sistema de conexión que realiza la función de conectar o acoplar de manera inamovible pero desacoplable al dispositivo de efector final 20 con el brazo manipulador robótico 21 de tal manera que una vez conectados, tanto el dispositivo de efector final 20 y el brazo manipulador robótico 21 se muevan en conjunto y la posición de conexión del dispositivo de efector final 20 y el brazo manipulador robótico 21 debe permanecer

sin cambios; dicho sistema de conexión también permite la desconexión de manera que sea adaptable con otros robots de rehabilitación. Este sistema de conexión del dispositivo de efector final 20 sirve como interfaz para que los movimientos generados por el manipulador robótico 21 puedan ser transmitidos al brazo y el antebrazo humanos.

Al estar acoplado el dispositivo de efector final 20 a un robot manipulador 21 se garantiza que las rutinas se ejecuten siempre a la misma velocidad y con las mismas trayectorias, algo que es difícil de controlar cuando lo hace una persona, evitando así movimientos inapropiados.

Tal como se muestra en la Figura 2, el dispositivo de efector final 20 comprende de un ensamble que incluye un anillo de acoplamiento 7 que tiene una base de soporte 8 fija que en su parte inferior comprende un conjunto de rodamientos 11. Dicho conjunto de rodamientos 11 se une a la base de soporte 8 por medio de resortes 15, un resorte 15 por cada rodamiento 11, dicho resorte 15 se mantiene en su posición gracias a un elemento cilíndrico que atraviesa por la parte superior de la base de soporte 8 hasta su parte inferior. Este elemento cilíndrico se une a la cara superior de cada rodamiento.

El objetivo de esta disposición del conjunto de rodamientos 11 con los resortes 15 es lograr compensar cualquier desalineación de la superficie de apoyo 12. Es decir, ese mecanismo de resorte 15 anula cualquier problema de alineación de la superficie de apoyo 12 permitiendo que la traslación se realice de manera suave y continua, sin que las imperfecciones de desalineación sean notadas por el paciente. Esta característica técnica es relevante para el correcto funcionamiento del sistema, y proporciona una ventaja técnica que la diferencia de otros dispositivos.

La base de soporte 8 permite que el peso del propio dispositivo de efector final 20 y del brazo del paciente sea transferido en gran parte a la superficie de apoyo plana. Esto facilita el uso de sistemas de impulsión de menor potencia requerida para el manipulador robótico 21.

En la Figura 3 se muestra el conjunto de rodamientos 11 que soporta el peso

del ensamble y está en contacto directo con la superficie de apoyo 12, lo que permite que dicho dispositivo de efector final se pueda movilizar omnidireccionalmente sobre un primer plano horizontal. En donde el rodamiento puede ser una rueda loca.

El anillo de acoplamiento 7 que sirve de soporte, ya que sobre dicho anillo de acoplamiento se acopla un disco proximal 2 en la parte frontal y un disco distal 3 en la parte posterior del anillo de acoplamiento 7 de tal manera que el disco proximal 2 esté dispuesto coaxialmente con el disco distal 3 formando así el ensamble (Figuras 4A, 4B y 4C).

El anillo de acoplamiento 7 también cumple la función de un cojinete de deslizamiento entre los discos proximal 2 y distal 3 para que puedan girar sincrónicamente entre sí. Este movimiento de deslizamiento relativo entre los discos proximal 2 y distal 3, y el anillo de acoplamiento 7 permite que se genere una rotación relativa del dispositivo efector final 20, dicha rotación relativa se utiliza para inducir el movimiento de pronación-supinación del antebrazo humano.

El disco proximal 2 mostrado en la Figura 5 incluye una pluralidad de orificios de fijación 4a dispuestos en la periferia del disco proximal 2 de tal manera que dicho disco proximal 2 quede unido al disco distal 3 mediante medios de fijación 13 que atraviesan la pluralidad de orificios de fijación 4a para facilitar el ensamble y desensamble.

El diseño de fácil desensamble del dispositivo de efector final 20 permite que sus componentes sean desinfectados de manera fácil y eficiente evitando así la propagación de virus y bacterias. El material con el cual están fabricados los discos proximal 2 y distal 3, y el mango de agarre 1 puede ser cualquier que tenga una capacidad antioxidante y anticorrosiva ante el uso de desinfectantes químicos. En una modalidad preferida dicho material es polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE).

Por otro lado, el material del anillo de acoplamiento 7 es acero inoxidable, sin que el uso de este material sea limitativo. De tal modo que el uso de este material en el anillo de acoplamiento facilite el deslizamiento rotacional relativo con los discos proximal 2 y distal 3 debida generando una fuerza de fracción mínima.

En la Figura 6 se puede observar que el disco proximal 2 además incluye un orificio de anclaje 5 ubicado sobre una cara plana rectangular en la pared interna del disco proximal 2 que soporta a un sistema de agarre 14 que comprende un mango de agarre 1 en forma cilíndrica (pero no limitativo a esta forma, por ejemplo, puede ser de forma cilíndrica elíptica) que está centrado axialmente, dicho orificio de anclaje 5 está configurado para que el mango 1 sea acoplado de manera fija al disco proximal 2, de tal manera que el disco proximal 2 y el mango de agarre 1 giren de manera sincronizada sobre un eje de pronosupinación de antebrazo del usuario de tal modo que se realiza el movimiento del pronación-supinación del antebrazo del usuario.

El disco proximal 2 también tiene a lo largo de su periferia una ranura de disco proximal 9 formando un canal para que se introduzca parcialmente en su interior el anillo de acoplamiento 7.

En la Figura 7 se puede apreciar que el mango de agarre 1 permite que el usuario realice un agarre cilíndrico con la palma de la mano, de tal manera que dicho mango 1 se convierte en la interfaz entre el usuario y el dispositivo efector final 20, en donde el mango 1 al estar sujeto al disco proximal 2 pueda rotar dentro del ensamble ocasionando los movimientos de rotación (pronación-supinación) del antebrazo humano sobre un segundo plano.

Adicionalmente, el sistema de agarre 14 cuenta con elementos de detección de fuerza mediante una pluralidad de sensores de presión (no mostrados en las figuras) para medir la fuerza ejercida por la mano del usuario sobre el mango.

En una modalidad factible de la presente invención, el mango está provisto de un material con un gran coeficiente de fricción que evita que el usuario suelte el mango fácilmente durante las rutinas de rehabilitación.

El disco distal 3 mostrado en la Figura 8 incluye una pluralidad de orificios de fijación 4b dispuestos en la periferia del anillo distal 3 coincidentes con los orificios de fijación 4a del disco proximal 2. El disco distal 3 además incluye una superficie posterior 16 ubicada en la parte posterior extrema que comprende orificios de conexión 6 que forman parte del sistema de conexión para unirse con el último

eslabón móvil del manipulador robótico 21 mediante medios de fijación 17.

El disco distal 3 también tiene a lo largo de su periferia una ranura de anillo distal 10 formando un canal para que se introduzca parcialmente en su interior el anillo de acoplamiento 7 (Figura 9) para facilitar el ensamble y desensamble.

5 Los materiales con los cuales están fabricados el dispositivo de efector final tienen una capacidad antioxidante y anticorrosiva ante el uso de desinfectantes químicos. En una modalidad preferida dicho material es polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE),

10 Dada la configuración de la presente invención, el dispositivo de efector final tiene tres grados de libertad de movimiento, dos de traslación en el plano y uno de rotación, lo que permite realizar los movimientos de rotación y traslación, permitiendo realizar variadas secuencias de movimiento sobre el brazo y el antebrazo del paciente apropiadas para un tratamiento fisioterapéutico.

15 Dependiendo de la orientación del paciente con respecto al dispositivo, dicho dispositivo es capaz de ocasionar los movimientos de flexión-extensión del hombro, abducción-aducción del hombro, rotación interna-externa del hombro, así como flexión-extensión del codo, y pronación-supinación en el antebrazo.

20 El dispositivo de efector final 20 del robot de rehabilitación de miembros superiores en la modalidad anterior se puede utilizar bien en el proceso de rehabilitación. En el proceso de rehabilitación, el miembro superior es impulsado por el brazo robótico a través del dispositivo de efector final que transmite el movimiento al brazo afectado para que se mueva a fin de lograr un uso más cómodo, un contacto más cómodo y una rehabilitación más personalizada durante el proceso rehabilitación del miembro superior.

25 El diseño del dispositivo de efector final 20 permite que sea utilizado para el brazo derecho o para el brazo izquierdo, sin tener que hacer ajustes adicionales en las piezas del mecanismo en el momento de realizar un cambio de extremidad objetivo.

30 El dispositivo de efector final 20 mejora la eficiencia del trabajo realizado por el fisioterapeuta ya que le evita el desgaste y la fatiga física generada tras largas

jornadas de trabajo con los pacientes, delegando la generación de movimientos sobre los pacientes a un mecanismo tipo efector final impulsado por un robot manipulador que puede realizar la misma tarea un sinnúmero de veces de la misma manera y sin agotamiento.

5 De acuerdo con la exposición y las enseñanzas de la descripción anterior, los expertos en la técnica a la que pertenece la presente invención también pueden realizar cambios y modificaciones en las modalidades anteriores. Por lo tanto, la presente invención no se limita a las modalidades específicas divulgadas y descritas anteriormente, y algunas modificaciones y cambios a la presente invención también
10 deberían estar dentro del alcance de protección de las reivindicaciones de la presente invención.

Como puede apreciarse, la presente invención ha resuelto los problemas convencionales de este tipo de dispositivos o mecanismos del tipo efector final para un robot de rehabilitación para miembros superiores.

15 Las modalidades específicas discutidas en este documento son simplemente ilustrativas de formas específicas en las que realizar y usar la invención y no deben interpretarse como limitantes del alcance de la presente invención. Varias modificaciones de las modalidades descritas, así como modalidades alternativas de la invención, resultarán evidentes para los expertos en la técnica al hacer referencia
20 a la descripción de la invención.

Si bien esta invención se ha mostrado y descrito particularmente con referencias a ejemplos de modalidades de la misma, los expertos en la técnica entenderán que se pueden realizar varios cambios en la forma y detalles sin apartarse del alcance de la invención abarcada por las reivindicaciones adjuntas.

25 Los expertos en la técnica también deberían darse cuenta de que tales construcciones equivalentes no se apartan del espíritu y alcance de la invención tal como se establece en las reivindicaciones adjuntas.