

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 843**

51 Int. Cl.:

A61B 34/30 (2006.01)

A61B 34/37 (2006.01)

A61B 90/50 (2006.01)

A61B 90/11 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.03.2014 PCT/US2014/026115**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.09.2014 WO14151621**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.03.2014 E 14770569 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2019 EP 2967521**

54 Título: **Sistema quirúrgico electromecánico**

30 Prioridad:

15.03.2013 US 201361791248 P

20.11.2013 US 201361906802 P

26.11.2013 US 201361908888 P

12.12.2013 US 201361915403 P

05.02.2014 US 201461935966 P

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

15.07.2020

73 Titular/es:

**SRI INTERNATIONAL (100.0%)
333 Ravenswood Avenue
Menlo Park, CA 94025, US**

72 Inventor/es:

**KILROY, PABLO EDUARDO GARCIA;
EGAN, THOMAS D. y
KOENIG, KAREN SHAKESPEAR**

74 Agente/Representante:

MIAZZETTO , Fabrizio

ES 2 773 843 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 quirúrgico electromecánico

5 **Antecedentes****Campo**

10 Los robots quirúrgicos permiten a los cirujanos operar a los pacientes de una manera mínimamente invasiva. La presente solicitud se refiere a sistemas y a métodos quirúrgicos, y más concretamente, a un sistema quirúrgico hiperdiestro con uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros y una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras, y a métodos para manejar los mismos.

Descripción de la técnica relacionada

15 Actualmente, los cirujanos deben seleccionar entre modos diferenciados de cirugía mínimamente invasiva utilizando muchas técnicas. En general, la cirugía laparoscópica se divide en dos categorías: cirugía laparoscópica con herramientas manuales y cirugía laparoscópica con herramientas robóticas. En la cirugía laparoscópica con herramientas manuales, los procedimientos normalmente se realizan a través de pequeñas incisiones. Las herramientas manuales pueden ser sometidas a traslación, rotación y/o movimiento en torno a un fulcro. Para las herramientas manuales que giran en torno a un fulcro, el cirujano sujeta el mango de la herramienta. A medida que el cirujano mueve el mango en una dirección, el extremo distal de la herramienta se mueve en otra dirección. El movimiento resultante del extremo distal de la herramienta en relación con el movimiento del extremo proximal de la herramienta puede no ser natural, haciendo necesario que el cirujano ejecute la técnica.

25 Los movimientos de la herramienta laparoscópica son capturados por una cámara laparoscópica. La cámara laparoscópica tiene un eje largo que se inserta en el cuerpo a través de una incisión como una herramienta manual. La cámara laparoscópica se sitúa para ver las puntas distales de las herramientas manuales, y captura el movimiento del extremo distal de las herramientas. La pantalla normalmente muestra el movimiento de las herramientas en relación con el marco de referencia de la cámara. Para las herramientas manuales que giran en torno a un fulcro, la herramienta se mueve en un sistema de coordenadas polares que puede no ser muy visible según las imágenes de la cámara laparoscópica.

30 Otro modo de cirugía laparoscópica es la cirugía robótica. En los sistemas quirúrgicos robóticos del mercado, un gran brazo robótico controla una herramienta robótica. La herramienta se inserta en una pequeña incisión. El extremo distal de la herramienta robótica normalmente incluye un efector final (por ejemplo, un dispositivo de aprehensión, grapadora, etc.) para realizar un procedimiento dentro del cuerpo del paciente. El efector final realiza la traslación en el espacio, dentro de las limitaciones de las capacidades del brazo robótico. El cirujano normalmente controla el brazo robótico desde una consola inmersiva que está alejada del paciente. La herramienta robótica está configurada para hacer bien ciertas tareas quirúrgicas, pero no es adecuada para otras tareas quirúrgicas.

45 En los sistemas robóticos quirúrgicos del mercado, los movimientos de la herramienta robótica, en general, son capturados por una cámara robótica. Los movimientos de la cámara robótica son controlados por un brazo robótico, también bajo el control del cirujano como los brazos robóticos que controlan las herramientas robóticas. El cirujano puede asignar los movimientos de la mano al movimiento de la herramienta robótica en el marco de referencia de la cámara. Los movimientos de las manos del cirujano se asignan a los efectores extremos distales de las herramientas robóticas dentro del marco de referencia de la cámara robótica. Por lo tanto, el marco de referencia se limita a la vista proporcionada por la cámara. La pantalla normalmente muestra el movimiento del extremo distal de las herramientas robóticas en relación con el marco de referencia de la cámara. Por lo tanto, el cirujano debe crear un modelo mental de la anatomía con la información limitada proporcionada por la cámara para controlar las herramientas robóticas según se desee para una tarea en particular. Debido a su ubicación remota, el cirujano no puede adquirir vistas adicionales del paciente para aumentar su conocimiento del espacio quirúrgico. Este modo de operación es limitante para grandes movimientos o movimientos en los que es más natural moverse con respecto a un marco de referencia fuera del cuerpo del paciente. Por lo tanto, el control de las puntas distales de las herramientas robóticas en relación con el marco de referencia de la cámara robótica hace que algunos aspectos del procedimiento quirúrgico sean más naturales en comparación con la cirugía laparoscópica con herramientas manuales. Por ejemplo, puede ser más fácil manejar una herramienta porta agujas en una tarea de sutura. Sin embargo, el marco de referencia limitado de la cámara robótica hace que otros aspectos de la cirugía sean menos naturales. Por ejemplo, la realización de grandes movimientos de un cuadrante del abdomen a otro, en especial, los movimientos que implican el barrido de la cámara a través de un arco que incluye la línea media del paciente, es todo un desafío. Estos mismos movimientos se pueden lograr de manera natural con herramientas manuales desde un marco de referencia externo al cuerpo del paciente.

65 Los sistemas Del mercado tienen mecanismos complejos que controlan la herramienta, por ejemplo, controlando la rotación y la traslación de la herramienta. En algunos sistemas robóticos actuales, la traslación de la herramienta se logra usando una serie compleja y voluminosa de correderas lineales de anidación. Para que la longitud total del eje de la herramienta esté disponible para cirugía, las correderas están unidas al extremo proximal final de la herramienta.

Como resultado de ello, en cualquier condición, excepto en la extensión completa de la herramienta en el cuerpo, el mecanismo de traslación se extiende lejos del cuerpo del paciente. En esta posición, el mecanismo de traslación está sujeto a la interferencia con otros componentes del brazo robótico u otros brazos robóticos. El tamaño del mecanismo de rotación y traslación no permite el posicionamiento cercano de los brazos robóticos adyacentes, así que, en algunos casos, las herramientas robóticas se colocan a una mayor separación. El mecanismo de traslación confiere una alta carga de inercia sobre el brazo robótico cuando la herramienta se mueve a través de cabeceo y guiñada, por lo tanto necesita un mayor brazo más potente. Los mecanismos de rotación y traslación añaden peso al extremo distal del brazo robótico. Por lo tanto, los segmentos de enlace y los motores para controlar los segmentos de enlace deben ser mayores para mover los complejos mecanismos de rotación y traslación que controlan la herramienta robótica. Cada segmento adicional y cada motor adicional añaden peso que agrava el problema. El extremo distal del brazo robótico es pesado, y debe ser soportado por articulaciones proximales cada vez más potentes para mantener un nivel adecuado de rigidez.

Por lo tanto, los brazos robóticos son voluminosos y ocupan el espacio que rodea al paciente. En los casos en que se usan múltiples brazos robóticos para realizar un procedimiento quirúrgico, los brazos deben estar cuidadosamente coordinados para evitar colisiones. Además, se realizan muchas etapas adicionales para volver a colocar el brazo robótico a fin de evitar colisiones entre los componentes del brazo robótico. Además, debido al ángulo de inserción, al tamaño y diseño de los brazos y de las herramientas robóticas, y a otros factores, el brazo robótico puede ser incapaz de alcanzar ciertas ubicaciones, denominadas zonas muertas. El gran tamaño del brazo robótico obliga al personal quirúrgico a planificar la operación en torno al brazo robótico. Esto conduce a una menor flexibilidad y eficiencia para los procedimientos quirúrgicos. Además, los brazos robóticos del mercado son pesados. El diseño de los sistemas robóticos requiere escenarios operativos especialmente diseñados, ya configurados para el uso del sistema robótico. Por lo tanto, hay una flexibilidad limitada en la configuración del quirófano.

El cirujano se encuentra alejado del paciente cuando usa los sistemas quirúrgicos robóticos del mercado, estando a menudo sentado o de pie en una consola remota. Por lo general, el cirujano ve el sitio y las herramientas de la cirugía a través de un visor que brinda una experiencia inmersiva. En algunos casos, la comunicación entre el cirujano y el personal de soporte se ve limitada o impedida debido a la posición del cirujano sobre la consola. Los equipos que realizan cirugía robótica deben estar altamente cualificados y capacitados, ya que el cirujano está alejado del paciente y no puede comunicarse directamente con el personal. Se requieren meses, en algunos casos, años, de práctica para lograr un alto nivel de eficiencia en situaciones en donde se realiza cirugía robótica. Esto dificulta el reemplazo de los miembros del equipo. Además, desde esta ubicación remota (en la consola), el cirujano no puede usar simultáneamente herramientas manuales mientras controla el brazo del robot.

Algunas tareas, tales como ejecutar el movimiento a gran escala de las herramientas robóticas de un sitio quirúrgico a otro sitio quirúrgico en el cuerpo de un paciente, se vuelven más difíciles debido a la interferencia de los componentes de los brazos robóticos. Algunas tareas que se realizan fácilmente con herramientas manuales son más complejas o imposibles de realizar con herramientas robóticas. Por ejemplo, en algunos casos, el robot simplemente no tiene un efector final capaz de realizar la tarea. Algunas tareas que requieren retroalimentación táctil, tal como la palpación, no pueden ser realizadas por el cirujano que maneja el brazo robótico. En su lugar, el cirujano que maneja el brazo robótico requiere un asistente o un cirujano al lado de la mesa de operaciones para ayudar en este tipo de tareas.

Los brazos robóticos del mercado suelen tener dos grados de libertad. Por lo general, estos dos grados de libertad proceden de un mecanismo de cabeceo y un mecanismo de balanceo. La herramienta robótica normalmente tiene cuatro grados de libertad. La herramienta robótica normalmente puede realizar movimientos de traslación y de rotación. La herramienta robótica normalmente puede realizar movimientos de cabeceo y de guiñada en la muñeca. Los sistemas del mercado normalmente tienen seis grados de libertad, incluyendo los grados de libertad del brazo robótico y la herramienta robótica.

El mecanismo de traslación usado por algunos brazos robóticos no puede girar en torno al eje de transmisión. Para realizar la rotación, estos sistemas simplemente giran solo el eje de la herramienta independientemente del mecanismo de traslación. Los cables que articulan el efector final se retuercen durante la rotación, causando así la fricción y fijación de los cables. Esta torsión provoca un cambio de longitud en los cables que debe compensarse con elasticidad u holgura en el sistema. Esta torsión también causa una limitación en el intervalo de rotación, normalmente limitado a aproximadamente +/- 270 ° de rotación.

Un inconveniente de los modos actuales de cirugía mínimamente invasiva analizados anteriormente es que son diferenciados. Para que el cirujano use herramientas manuales en la mesa de operaciones, no puede estar controlando el brazo robótico en una consola remota. Para que el cirujano controle el brazo robótico en una consola remota, no puede usar herramientas manuales en la mesa de operaciones. El cirujano no puede controlar simultáneamente las herramientas robóticas y las herramientas manuales.

Otro inconveniente de los modos actuales de cirugía mínimamente invasiva es que proporcionan información limitada al cirujano. Por lo general, esta información se limita a la vista de una cámara robótica. El cirujano no recibe información sobre restricciones adicionales, tales como la ubicación del paciente, cirujano o herramientas relativas a la imagen procedente de la cámara. El cirujano no recibe información para conocer el marco de referencia de la cámara sin

mover las herramientas ni/o mover la cámara robótica. Al mover las herramientas y ver la imagen, el cirujano puede crear un modelo mental del espacio de trabajo dentro del paciente y del escenario quirúrgico.

5 Otro inconveniente de los sistemas quirúrgicos robóticos del mercado es que no permiten al cirujano la posibilidad de cambiar de posición durante la cirugía. El cirujano debe permanecer en la consola inmersiva para manejar las herramientas robóticas a fin de realizar una tarea quirúrgica con los efectores finales de las herramientas robóticas.

10 Otro inconveniente de los sistemas quirúrgicos robóticos del mercado es que normalmente están anclados al suelo y no siguen la orientación del paciente en el transcurso de la cirugía. No se puede cambiar la posición del brazo robótico y/o de la cama mientras el brazo robótico está en uso. Por lo general, los brazos robóticos se montan en una superficie nivelada horizontal (por ejemplo, anclados al suelo) y el paciente se coloca en una superficie horizontal nivelada (por ejemplo, en una cama). En algunas cirugías, puede ser ventajoso angular (por ejemplo, inclinar) el cuerpo del paciente en relación con la superficie horizontal (por ejemplo, bajando la cabeza del paciente para que los órganos internos se desplacen hacia la cabeza del paciente) según la cirugía que se vaya a realizar.

15 Otro inconveniente con los brazos robóticos del mercado es que acceder al espacio de trabajo puede requerir que los brazos robóticos se muevan a través de un intervalo de movimiento muy grande. El movimiento puede ser limitado cuando se usan múltiples brazos robóticos para una sola cirugía. Las posibilidades de colisión entre los brazos robóticos o los componentes de un solo brazo robótico aumentan. El reto está en aumentar al máximo el espacio de trabajo dentro del cuerpo, aumentando a la vez al máximo el espacio libre que queda fuera del paciente, manteniendo, a su vez, el sistema robótico pequeño y compacto.

20 El documento US2013/063580 desvela un endoscopio que captura una imagen de vídeo de un manipulador. El endoscopio puede controlarse mediante la señal de control basada en un nivel de desplazamiento de un HMD, y el manipulador puede activarse usando una parte debida al desplazamiento de una unidad operativa, excluyendo el nivel de desplazamiento del HMD como señal de control para el mismo. El manipulador se controla en un marco de referencia relativo al HMD.

25 El documento US20120316681 desvela un aparato de entrada para manejar un control remoto manual de sistemas robóticos mínimamente invasivos o los simuladores médicos correspondientes.

Sumario de la invención

35 La invención se define en las reivindicaciones.

Existe la necesidad de un sistema quirúrgico que supere las deficiencias analizadas anteriormente con los sistemas quirúrgicos robóticos del mercado y brinde flexibilidad a los cirujanos en la realización de los procedimientos quirúrgicos.

40 El sistema quirúrgico hiperdiestro analizado a continuación supera muchas de las deficiencias analizadas anteriormente y proporciona ventajas frente a los sistemas quirúrgicos robóticos del mercado. Una ventaja del sistema quirúrgico hiperdiestro es que el sistema quirúrgico hiperdiestro es pequeño y compacto y, por lo tanto, se puede montar de diferentes formas en una variedad de dispositivos. Una ventaja del sistema quirúrgico hiperdiestro es que el brazo quirúrgico hiperdiestro puede montarse para seguir la orientación de un paciente durante un procedimiento quirúrgico, tal como cuando se inclina el cuerpo del paciente para facilitar la realización de un determinado procedimiento quirúrgico (por ejemplo, para desplazar los órganos internos de una manera que proporcione un mejor acceso al tejido u órgano deseado). Una ventaja del sistema quirúrgico hiperdiestro es la capacidad de usar herramientas quirúrgicas hiperdiestras y herramientas manuales simultáneamente por parte de un cirujano mientras opera a un paciente. Otra ventaja del sistema quirúrgico hiperdiestro es que es modular y que, por tanto, proporciona flexibilidad en la manera de configurar el escenario quirúrgico antes o durante un procedimiento, y que permite aumentar al máximo el espacio libre que queda por encima del paciente. Otra ventaja más del sistema es que permite que el cirujano se pueda mover mientras realiza un procedimiento quirúrgico y se mueva sin problemas entre el uso de solo herramientas manuales, el uso de herramientas quirúrgicas manuales e hiperdiestras, y el uso de solo herramientas quirúrgicas hiperdiestras durante el procedimiento quirúrgico. Otra ventaja del sistema es que proporciona al cirujano información adicional que hace que el funcionamiento de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras sea más natural. Otra ventaja más es que proporciona al cirujano la capacidad de cambiar de posición durante la cirugía para realizar una determinada tarea quirúrgica cerca del paciente. Por ejemplo, en el transcurso de un procedimiento quirúrgico, el cirujano puede desear manejar herramientas desde diferentes posiciones según el procedimiento que vaya a realizar, o cambiar de posición debido a la forma en que sea necesario sujetar una herramienta manual. Otra ventaja más del sistema es que el efector final de una herramienta quirúrgica hiperdiestra puede alcanzar ubicaciones dispares dentro del paciente desde un único punto de entrada, de modo que se aumente al máximo el espacio de trabajo dentro del cuerpo del paciente. Por ejemplo, en cirugía abdominal, puede ser necesario acceder a los cuatro cuadrantes del abdomen desde un único punto de entrada. Otras ventajas del sistema quirúrgico hiperdiestro se harán evidentes en la descripción proporcionada en el presente documento.

65 De acuerdo con otro aspecto, El brazo quirúrgico hiperdiestro puede acoplarse a un dispositivo de fijación (por ejemplo,

una mesa de operaciones, una cama de hospital, una mesa de diagnóstico, una pared, el suelo, el techo, una mesa, un carro o una plataforma móvil). El brazo quirúrgico hiperdiestro puede estar soportado por un brazo de soporte. El brazo de soporte se puede mover para colocar el brazo quirúrgico hiperdiestro. El brazo de soporte se puede mover para colocar el Centro remoto. El brazo quirúrgico hiperdiestro puede estar soportado por un mecanismo de ajuste de posición horizontal. El brazo quirúrgico hiperdiestro puede estar soportado por un mecanismo de ajuste de posición vertical. El mecanismo de ajuste de posición horizontal y/o el mecanismo de ajuste de posición vertical se pueden mover para colocar el Centro remoto.

De acuerdo con otro aspecto, el sistema quirúrgico hiperdiestro puede permitir la angulación de uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros (por ejemplo, la inclinación) para seguir la orientación de un paciente en el transcurso de la cirugía. Por lo general, el paciente se coloca en una superficie horizontal nivelada (por ejemplo, en una cama). En algunas cirugías, puede ser ventajoso angular (por ejemplo, inclinar) el cuerpo del paciente con respecto a la superficie horizontal (por ejemplo, bajando la cabeza del paciente para desplazar los órganos internos hacia la cabeza del paciente lejos del sitio quirúrgico para mejorar el acceso al sitio quirúrgico) según la cirugía que se vaya a realizar. El sistema quirúrgico hiperdiestro puede permitir la angulación (por ejemplo, inclinación horizontal) del brazo quirúrgico hiperdiestro durante el procedimiento con el brazo quirúrgico hiperdiestro en uso.

De acuerdo con un aspecto, el sistema quirúrgico hiperdiestro se adapta al uso simultáneo de una herramienta manual y una herramienta quirúrgica hiperdiestra por un operador, tal como un cirujano. El uso simultáneo de herramientas manuales y herramientas quirúrgicas hiperdiestras puede ser en el mismo espacio de trabajo dentro del paciente. El operador puede controlar una herramienta manual con una mano y una herramienta quirúrgica hiperdiestra con la otra mano.

La herramienta quirúrgica hiperdiestra puede incluir un eje de herramienta, una muñeca y un efector final. La herramienta puede tener un paquete de motor en un extremo proximal o ubicado en cualquier punto a lo largo del eje de la herramienta. El paquete de motor puede incluir una pluralidad de motores que activan el movimiento de un mecanismo de accionamiento en la herramienta para efectuar el movimiento del efector final. En una realización, el paquete del motor puede ser extraíble.

De acuerdo con otro aspecto, el sistema quirúrgico hiperdiestro permite al operador interactuar con el paciente desde múltiples ubicaciones, incluso junto a la cama del paciente, es decir, en la mesa de operaciones, mientras maneja las herramientas quirúrgicas hiperdiestras. El sistema quirúrgico hiperdiestro permite al operador controlar una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras, o simultáneamente controlar una herramienta quirúrgica hiperdiestra y una herramienta manual, junto a la cama del paciente mientras está colocado junto al paciente.

De acuerdo con otro aspecto, el sistema quirúrgico hiperdiestro permite que el operador se pueda mover por el escenario quirúrgico durante el procedimiento. La movilidad le permite al cirujano encontrar la posición óptima sobre el paciente para realizar un procedimiento quirúrgico y cambiar de posición en el transcurso de una cirugía según sea necesario o deseado. El sistema quirúrgico hiperdiestro permite al operador controlar una herramienta quirúrgica hiperdiestra desde una pluralidad de ubicaciones, que incluyen junto a la cama del paciente y/o desde un soporte remoto separado. El operador puede reubicarse en una posición más óptima para manejar una herramienta manual y/o una herramienta quirúrgica hiperdiestra.

De acuerdo con otro aspecto, el sistema quirúrgico hiperdiestro es modular, permitiendo así flexibilidad y versatilidad en la disposición de uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros del sistema quirúrgico hiperdiestro en relación con el paciente. Dicha flexibilidad proporcionada por el sistema quirúrgico hiperdiestro permite una separación ventajosa de los brazos quirúrgicos hiperdiestros. Esta flexibilidad también permite la configuración del escenario quirúrgico para adaptarse al paciente o al entorno antes de comenzar un procedimiento quirúrgico, así como su modificación durante un procedimiento quirúrgico, agregando o quitando brazos quirúrgicos hiperdiestros según sea necesario. La flexibilidad proporcionada por el aspecto modular del sistema quirúrgico hiperdiestro también deja más espacio libre alrededor del paciente, lo que limita las colisiones entre uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros. Dicho espacio libre también permite al cirujano un mayor acceso al paciente, por ejemplo, para manejar una herramienta manual desde diferentes posiciones (por ejemplo, simultáneamente con una herramienta quirúrgica hiperdiestra) o cambiar de posición en relación con el paciente durante una cirugía, tal como cuando hay que realizar procedimientos de emergencia en el paciente. Dicho espacio libre dotado por el sistema quirúrgico hiperdiestro también permite la colocación de brazos quirúrgicos hiperdiestros adicionales, así como un mayor intervalo de movimiento de los brazos quirúrgicos hiperdiestros.

De acuerdo con otro aspecto, se reduce al mínimo el tamaño y/o el peso del brazo quirúrgico hiperdiestro. Se reduce al mínimo el tamaño y/o el peso del mecanismo de rotación/traslación de una herramienta quirúrgica hiperdiestra, lo que permite reducir al mínimo el tamaño y/o el peso del brazo quirúrgico hiperdiestro que soporta la herramienta quirúrgica hiperdiestra. La reducción al mínimo del tamaño y del peso del brazo quirúrgico hiperdiestro puede permitir el uso de mecanismos de accionamiento, tales como motores, que sean menos voluminosos para efectuar el movimiento del brazo quirúrgico hiperdiestro. Además, se reduce la cantidad de energía necesaria para alimentar el mecanismo de accionamiento del brazo quirúrgico hiperdiestro. Además, el menor tamaño y/o el peso del brazo quirúrgico hiperdiestro permite la flexibilidad en el montaje del brazo quirúrgico hiperdiestro en un dispositivo de

fijación. Debido al menor espacio ocupado por el sistema quirúrgico hiperdiestro, el operador puede tener ventajosamente más espacio libre alrededor del escenario quirúrgico.

5 De acuerdo con otro aspecto, el sistema quirúrgico hiperdiestro facilita la comprensión natural del cirujano del movimiento de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras, al aumentar el conocimiento del cirujano sobre el posicionamiento de las herramientas. El sistema quirúrgico hiperdiestro proporciona información sobre el
10 posicionamiento de las herramientas manuales y las herramientas quirúrgicas hiperdiestras en el espacio de trabajo, dentro del cuerpo de un paciente. Por ejemplo, el sistema quirúrgico hiperdiestro puede proporcionar señales visuales al cirujano que le ayuden a conocer la orientación y la posición de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras en relación con el cirujano, permitiendo al cirujano saber cómo se moverán las herramientas quirúrgicas hiperdiestras cuando las accione. El sistema quirúrgico hiperdiestro permite ajustar el control de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras en función de las preferencias del operador. El sistema quirúrgico hiperdiestro permite ajustar la información presentada al operador en función de las preferencias del operador.

15 De acuerdo con otro aspecto, el sistema quirúrgico hiperdiestro reduce la zona muerta, la región dentro del cuerpo inaccesible por la herramienta quirúrgica hiperdiestra. El brazo quirúrgico hiperdiestro se puede colocar de manera que las zonas muertas se puedan situar lejos del cuerpo del paciente. El sistema quirúrgico hiperdiestro puede diseñarse de modo que sea fácil de montar el brazo quirúrgico hiperdiestro para reducir al mínimo la zona muerta. El sistema quirúrgico hiperdiestro puede diseñarse de manera que una posición neutra y/o una posición cero del brazo
20 quirúrgico hiperdiestro reduzca al mínimo la zona muerta.

De acuerdo con otro aspecto, el brazo quirúrgico hiperdiestro puede tener un grado de libertad redundante. El grado de libertad redundante puede permitir que el brazo quirúrgico hiperdiestro se coloque en una variedad de posturas
25 deseadas. El grado de libertad redundante puede permitir más espacio libre alrededor del paciente. El grado de libertad redundante puede permitir la colocación y el uso de más brazos quirúrgicos hiperdiestros (por ejemplo, una pluralidad de brazos quirúrgicos hiperdiestros), dentro del espacio que hay sobre el paciente. Además, el grado de libertad redundante puede permitir un mayor espacio de trabajo dentro del paciente. El grado de libertad redundante puede limitar el número de autocolisiones (entre componentes de un solo brazo quirúrgico hiperdiestro) y otras colisiones (entre brazos quirúrgicos hiperdiestros, entre el brazo quirúrgico hiperdiestro y el paciente).
30

De acuerdo con un aspecto, el brazo quirúrgico hiperdiestro puede tener tres grados de libertad. El brazo quirúrgico hiperdiestro puede tener un grado de libertad redundante en comparación con los sistemas del mercado. El brazo quirúrgico hiperdiestro puede tener dos ejes de balanceo. Uno de los dos ejes de balanceo puede ser un eje de balanceo redundante. El brazo quirúrgico hiperdiestro puede tener un mecanismo de balanceo redundante. La
35 herramienta quirúrgica hiperdiestra y el mecanismo de rotación/traslación pueden tener cuatro grados de libertad. La herramienta quirúrgica hiperdiestra puede tener movimiento de rotación y de traslación. Además, la herramienta quirúrgica hiperdiestra puede tener movimiento de cabeceo y de balanceo (por ejemplo, a través de una muñeca). El brazo quirúrgico hiperdiestro, la herramienta quirúrgica hiperdiestra y el mecanismo de rotación/traslación pueden proporcionar juntos siete grados de libertad. En una realización, del brazo quirúrgico hiperdiestro, la herramienta quirúrgica hiperdiestra y el mecanismo de rotación/traslación pueden proporcionar juntos más de siete grados de libertad. El brazo quirúrgico hiperdiestro puede tener más de un grado de libertad redundante en comparación con los sistemas del mercado. El grado de libertad redundante puede permitir que el brazo quirúrgico hiperdiestro se coloque en una variedad de posturas deseadas. Además, el grado de libertad redundante puede permitir que la herramienta quirúrgica hiperdiestra se coloque en una orientación deseada a través de una variedad de posturas del brazo
40 quirúrgico hiperdiestro.
45

El brazo quirúrgico hiperdiestro se puede colocar para establecer un Centro remoto. El Centro remoto es el lugar donde se produce la entrada al cuerpo. Para el sistema quirúrgico hiperdiestro, el Centro remoto es una ubicación en el espacio en donde se cruzan los ejes de rotación de los diferentes mecanismos de balanceo y cabeceo del brazo
50 quirúrgico hiperdiestro y el eje de la herramienta quirúrgica hiperdiestra. El Centro remoto puede ubicarse en la incisión de un paciente. Se puede colocar el mecanismo de balanceo del hombro debajo del Centro remoto para colocar la zona muerta fuera del cuerpo del paciente.

De acuerdo con otro aspecto, el brazo quirúrgico hiperdiestro puede incluir un mecanismo de cabeceo, un primer mecanismo de balanceo y un segundo mecanismo de balanceo. El eje del primer y del segundo mecanismo de balanceo puede pasar a través del Centro remoto. Además, un eje de una herramienta quirúrgica hiperdiestra acoplada al brazo quirúrgico hiperdiestro puede pasar a través del Centro remoto. El brazo quirúrgico hiperdiestro puede estar dispuesto de modo que la ubicación vertical del segundo mecanismo de balanceo pueda estar en o debajo del Centro remoto a través del que pasan todos los ejes. El segundo mecanismo de balanceo es el mecanismo de balanceo redundante.
60

El brazo quirúrgico hiperdiestro puede estar dispuesto de manera que el segundo mecanismo de balanceo pueda girar al menos hasta +/- 90 ° con respecto a una posición inicial. En algunas realizaciones, el brazo quirúrgico hiperdiestro puede estar dispuesto de manera que el segundo mecanismo de balanceo pueda girar más de +/- 90 ° con respecto a una posición inicial. El segundo mecanismo de balanceo puede alcanzar ventajosamente dianas que sean inaccesibles o difíciles de alcanzar con un brazo robótico del mercado que solo tenga el mecanismo de cabeceo y un
65

mecanismo de balanceo.

Debido a la disposición del mecanismo de cabeceo, el primer mecanismo de balanceo y el segundo mecanismo de balanceo, el brazo quirúrgico hiperdiestro puede adoptar a diferentes posturas. Se puede acceder a la ubicación diana cambiando la orientación del mecanismo de cabeceo, del primer mecanismo de balanceo y/o del segundo mecanismo de balanceo, manteniendo el Centro remoto.

De acuerdo con otro aspecto, el sistema quirúrgico hiperdiestro incluye un mecanismo de rotación/traslación que puede conferir rotación y/o traslación a una herramienta quirúrgica hiperdiestra. El brazo quirúrgico hiperdiestro puede estar dispuesto de manera que el mecanismo de rotación/traslación esté ubicado cerca del Centro remoto (por ejemplo, a 7,6-12,7 cm, a 5,1-15,2 cm, a 2,5-17,8 cm, menos de 17,8 cm, menos de 15,2 cm, menos de 12,7 cm, menos de 10,2 cm, menos de 7,6 cm, menos de 5,1 cm, menos de 2,5 cm (por ejemplo, a 3-5 pulgadas, a 2-6 pulgadas, a 1-7 pulgadas, menos de 7 pulgadas, menos de 6 pulgadas, menos de 5 pulgadas, menos de 4 pulgadas, menos de 3 pulgadas, menos de 2 pulgadas, menos de 1 pulgada). El mecanismo de rotación/traslación puede disponerse para tener una contribución limitada al momento de inercia rotacional del brazo quirúrgico hiperdiestro. El mecanismo de rotación/traslación puede disponerse para limitar la interferencia con los brazos quirúrgicos hiperdiestros adyacentes durante el movimiento. El mecanismo de rotación/traslación puede disponerse de manera que actúe directamente sobre el eje de la herramienta quirúrgica hiperdiestra. El mecanismo de rotación/traslación puede disponerse de manera que se adapte a ejes de diferentes tamaños de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras. El mecanismo de rotación/traslación puede tener una anchura inferior a la de los sistemas del mercado, permitiendo que las herramientas quirúrgicas hiperdiestras de los brazos quirúrgicos hiperdiestros adyacentes se coloquen juntas entre sí.

El mecanismo de rotación/traslación puede disponerse de modo que las entradas de energía mecánica para la rotación y la traslación puedan ser diferenciales de modo que la rotación y/o la traslación se logren mediante el movimiento combinado de las dos entradas de energía mecánica. Las entradas de energía mecánica para la rotación y la traslación pueden ser diferenciales, de modo que la potencia aplicada al mecanismo sea la potencia combinada de los dos motores de entrada. El mecanismo de rotación/traslación puede disponerse de modo que mantenga una barrera entre los componentes estériles del sistema quirúrgico hiperdiestro y los componentes no estériles del sistema quirúrgico hiperdiestro. El mecanismo de rotación/traslación puede disponerse de modo que la posición del eje de la herramienta quirúrgica hiperdiestra se mida directamente en el eje a través de la resistencia o capacitancia de la longitud del eje fuera del cuerpo del paciente.

De acuerdo con otro aspecto, el sistema quirúrgico hiperdiestro puede incluir un sistema de control. El brazo quirúrgico hiperdiestro se puede controlar mediante un dispositivo de entrada. La herramienta quirúrgica hiperdiestra se puede controlar mediante un dispositivo de entrada. Se puede rastrear la posición y la orientación del dispositivo de entrada. El dispositivo de entrada puede ser inalámbrico o alámbrico. El sistema quirúrgico hiperdiestro puede incluir uno o más dispositivos de entrada (por ejemplo, dos, tres, cuatro, cinco, seis dispositivos de entrada, etc.).

Los dispositivos de entrada pueden controlar uno o más puntos de control. Los puntos de control son ubicaciones que tienen la capacidad de ejecutar algo de movimiento. Se pueden ubicar uno o más puntos de control en el brazo quirúrgico hiperdiestro. Se pueden ubicar uno o más puntos de control en la herramienta quirúrgica hiperdiestra. La conversión del movimiento del dispositivo de entrada en el movimiento de uno o más puntos de control puede ser independiente del movimiento de otros puntos de control. La conversión del movimiento del dispositivo de entrada en el movimiento de uno o más puntos de control puede sincronizarse con el movimiento de otros puntos de control. El operador puede controlar uno o más puntos de control simultáneamente.

Los objetos controlados pueden seleccionarse del grupo que comprende una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras y/o uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros. El sistema de control del sistema quirúrgico hiperdiestro puede convertir el movimiento del dispositivo de entrada en movimientos de los objetos controlados que dependen del factor de acercamiento de las imágenes mostradas en una o más pantallas.

El sistema de control puede incluir la aplicación de restricciones entre uno o más dispositivos de entrada y uno o más objetos controlados. El sistema de control se puede disponer de manera que las restricciones sean cantidades medidas tales como la posición o los parámetros derivados, tales como la distancia, la velocidad, la fuerza y la tensión. El sistema de control se puede disponer de modo que las restricciones puedan ser diferentes para cada objeto controlado. El sistema de control se puede disponer de modo que las restricciones puedan ser las mismas para un grupo de objetos controlados. Cada herramienta quirúrgica hiperdiestra del conjunto puede tener una restricción independiente. La restricción puede ser que una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras pueden manejarse junto con un solo dispositivo de entrada.

El sistema quirúrgico hiperdiestro puede incluir un sistema de control electrónico que se comunique con uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros y/o una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras. El sistema quirúrgico hiperdiestro puede incluir uno o más dispositivos de entrada que comuniquen una señal con el sistema de control. La señal de los dispositivos de entrada se puede transmitir dentro del escenario quirúrgico. Por ejemplo, la señal de los dispositivos de entrada puede transmitirse desde la cama de un paciente, permitiendo al operador controlar el brazo quirúrgico hiperdiestro desde la cama de un paciente. El sistema de control puede comunicar una señal con uno o

más brazos quirúrgicos hiperdiestros y/o una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras de diferentes ubicaciones dentro del escenario quirúrgico.

5 De acuerdo con otro aspecto, el sistema quirúrgico hiperdiestro permite el control de una herramienta quirúrgica hiperdiestra y una herramienta manual en marcos de referencia alineados, parcialmente alineados o independientes entre sí. El sistema quirúrgico hiperdiestro permite el control de una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras en marcos de referencia alineados, parcialmente alineados o independientes entre sí. El sistema quirúrgico hiperdiestro proporciona información al operador sobre los marcos de referencias.

10 De acuerdo con otro aspecto, el sistema quirúrgico hiperdiestro permite el bloqueo del movimiento de una herramienta quirúrgica hiperdiestra al movimiento de una sola herramienta. El sistema quirúrgico hiperdiestro permite el bloqueo del movimiento de una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras al movimiento de una sola herramienta quirúrgica hiperdiestra. El sistema quirúrgico hiperdiestro permite el bloqueo del movimiento de una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras al movimiento de una sola herramienta manual.

15 De acuerdo con otro aspecto, el sistema quirúrgico hiperdiestro permite y desactiva el movimiento de una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras con un mecanismo. El mecanismo puede ser un embrague. El funcionamiento del mecanismo puede establecer un marco de referencia para la herramienta quirúrgica hiperdiestra. El funcionamiento del mecanismo permite al operador establecer un nuevo marco de referencia tras el establecimiento inicial de un marco de referencia. El sistema quirúrgico hiperdiestro puede disponerse de manera que el marco de referencia pueda asociarse con la muñeca o el antebrazo de la mano del operador que está manejando el dispositivo de entrada. El sistema quirúrgico hiperdiestro puede disponerse de manera que el marco de referencia pueda asociarse con la muñeca o el antebrazo de la mano del operador que está manejando la herramienta manual. El operador puede manejar una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras en un marco de referencia que sea independiente del marco de referencia de una o más herramientas manuales.

20 De acuerdo con otro aspecto, el sistema quirúrgico hiperdiestro facilita el conocimiento de los marcos de referencias. El sistema quirúrgico hiperdiestro incluye un sistema de visualización que agrega información de una o más fuentes y proporciona una o más imágenes al cirujano. La información puede ser información posicional del cirujano, del paciente, del brazo quirúrgico hiperdiestro, de la herramienta quirúrgica hiperdiestra y/o de la herramienta manual. La información puede ser información posicional de puntos de control. La imagen se puede manipular para reflejar el punto de vista del cirujano. La imagen se puede actualizar para reflejar el punto de vista del cirujano a medida que el cirujano se traslada a otra ubicación.

30 La información presentada por el sistema de visualización puede ser datos en directo de las cámaras, datos previos a la operación de resonancia magnética, tomografía computerizada, ultrasonidos u otra modalidad de formación de imágenes, y modelos de órganos y otras partes del cuerpo humano. El sistema de visualización se puede disponer de modo que la imagen se pueda actualizar en tiempo real a medida que se van recibiendo los datos de las cámaras. El sistema de visualización se puede disponer de manera que la imagen pueda ser una combinación de la información de varias fuentes. La combinación y los tipos de información que se van a combinar pueden depender del factor de acercamiento. La imagen se puede actualizar para mostrar advertencias relacionadas con la información (por ejemplo, no en tiempo real, modelos no alineados con precisión, datos de baja resolución).

40 El sistema de visualización puede presentar una imagen en una o más pantallas. La imagen que se muestra en cada pantalla puede ser diferente. Cada pantalla puede presentar imágenes diferentes (por ejemplo, la ubicación del paciente, la ubicación de los puntos de control). El sistema de visualización se puede disponer de modo que las imágenes se puedan ajustar automáticamente dependiendo del tipo de manipulación que se esté realizando. El sistema de visualización se puede disponer de modo que las imágenes se puedan girar y orientar de acuerdo con la ubicación del cirujano. El sistema de visualización se puede disponer de modo que durante la operación de acercamiento, las imágenes se pueden combinar para hacer una transición suave entre una imagen acercada y una imagen alejada. Las imágenes se pueden controlar mediante los dispositivos de entrada del usuario.

Breve descripción de los dibujos

55 La Figura 1A ilustra esquemáticamente un continuo de interacción.
La Figura 1B ilustra esquemáticamente escenarios a lo largo del continuo de interacción.
La Figura 2 ilustra esquemáticamente una realización de un sistema quirúrgico hiperdiestro.
La Figura 3A-C ilustra esquemáticamente escenarios a lo largo del continuo de interacción.
La Figura 4 ilustra esquemáticamente un brazo quirúrgico hiperdiestro acoplado a una cama.
60 La Figura 5 ilustra esquemáticamente una realización de un brazo de soporte.
La Figura 6 ilustra esquemáticamente los múltiples grados de libertad del brazo quirúrgico hiperdiestro de la Figura 4.
La Figura 7 ilustra esquemáticamente una realización de un brazo quirúrgico hiperdiestro con ejes de rotación y un Centro remoto.
65 La Figura 8 ilustra esquemáticamente el grado de libertad de una realización del brazo quirúrgico hiperdiestro de la Figura 7.

La Figura 9 ilustra esquemáticamente una posición cero, una posición inicial de una herramienta quirúrgica hiperdiestra y una posición diana.

La Figura 10 ilustra esquemáticamente la incapacidad de una herramienta quirúrgica hiperdiestra para alcanzar la posición diana debido a la interferencia entre el segmento de cabeceo y las otras partes del brazo quirúrgico hiperdiestro.

La Figura 11 ilustra esquemáticamente cómo se puede activar el segmento de balanceo del hombro para alcanzar el mismo punto diana de la Figura 10.

La Figura 12 ilustra esquemáticamente la ubicación de una zona muerta para un brazo quirúrgico hiperdiestro.

La Figura 13A ilustra esquemáticamente una disposición de un brazo quirúrgico hiperdiestro para alcanzar una posición diana.

La Figura 13B ilustra esquemáticamente otra disposición de un brazo quirúrgico hiperdiestro para alcanzar la posición diana de la Figura 13A.

La Figura 14 ilustra esquemáticamente una realización de un brazo quirúrgico hiperdiestro.

La Figura 15 ilustra esquemáticamente una realización de un brazo quirúrgico hiperdiestro.

La Figura 16 ilustra esquemáticamente una realización de un brazo quirúrgico hiperdiestro.

La Figura 17 ilustra esquemáticamente una realización de un mecanismo de rotación/traslación asimétrico.

La Figura 18 ilustra esquemáticamente una vista superior del mecanismo de rotación/traslación asimétrico de la Figura 17.

La Figura 19 ilustra esquemáticamente una vista lateral del mecanismo de rotación/traslación asimétrico de la Figura 17 con flechas que muestran la traslación de una herramienta quirúrgica hiperdiestra.

La Figura 20 ilustra esquemáticamente la vista superior del mecanismo de rotación/traslación asimétrico de la Figura 17 con flechas que muestran la traslación de una herramienta quirúrgica hiperdiestra.

La Figura 21 ilustra esquemáticamente la vista lateral del mecanismo de rotación/traslación asimétrico de la Figura 17 con flechas que muestran la rotación de una herramienta quirúrgica hiperdiestra.

La Figura 22 ilustra esquemáticamente la vista superior del mecanismo de rotación/traslación asimétrico de la Figura 17 con flechas que muestran la rotación de una herramienta quirúrgica hiperdiestra.

La Figura 23 ilustra esquemáticamente una realización de un mecanismo de rotación/traslación simétrico.

La Figura 24 ilustra esquemáticamente una vista lateral del mecanismo simétrico de rotación/traslación de la Figura 23 que muestra las correas de transmisión lineales y los rodillos de la Figura 23.

La Figura 25 ilustra esquemáticamente una vista lateral del mecanismo de rotación/traslación simétrico de la Figura 23 con flechas que muestran la traslación de una herramienta quirúrgica hiperdiestra.

La Figura 26 ilustra esquemáticamente la vista lateral que muestra las correas de transmisión lineales y los rodillos del mecanismo simétrico de rotación/traslación de la Figura 23 con flechas que muestran la traslación de una herramienta quirúrgica hiperdiestra.

La Figura 27 ilustra esquemáticamente la vista lateral del mecanismo de rotación/traslación simétrico de la Figura 23 con flechas que muestran la rotación de una herramienta quirúrgica hiperdiestra.

La Figura 28 ilustra esquemáticamente una realización de un mecanismo de rotación/traslación con un mecanismo de transmisión por correa continua.

La Figura 29 ilustra esquemáticamente una realización de un mecanismo de ajuste de la anchura.

La Figura 30 ilustra esquemáticamente la vista lateral del mecanismo de ajuste de la anchura de la Figura 29 en una nueva posición.

La Figura 31 ilustra esquemáticamente la vista superior de la nueva posición de los rodillos de la Figura 30.

La Figura 32A es una realización de un dispositivo de entrada.

La Figura 32B es una realización de un dispositivo de entrada.

Las Figuras 33A-33B ilustran esquemáticamente un agarre virtual.

La Figura 34 ilustra esquemáticamente una realización de un sistema de control de un sistema quirúrgico hiperdiestro.

La Figura 35 ilustra esquemáticamente un diagrama de bloques de un sistema de control.

La Figura 36 ilustra esquemáticamente una realización de una captura de pantalla de una pantalla.

La Figura 37 ilustra esquemáticamente una captura de pantalla de una pantalla.

Las Figuras 38A-38B ilustran esquemáticamente un método para mantener el tejido en tensión constante.

La Figura 39 ilustra esquemáticamente un método para usar las herramientas quirúrgicas hiperdiestras y una herramienta manual al mismo tiempo.

La Figura 40 ilustra esquemáticamente una captura de pantalla de una pantalla.

La Figura 41A ilustra esquemáticamente dos marcos de referencia que están orientados de la misma manera.

La Figura 41B ilustra esquemáticamente el movimiento como lo perciben los observadores ubicados en los lugares especificados en la Figura 41A.

La Figura 41C ilustra esquemáticamente dos marcos de referencia que no están orientados de la misma manera.

La Figura 41D ilustra esquemáticamente el movimiento como lo perciben los observadores ubicados en los lugares especificados en la Figura 41C.

La Figura 42A ilustra esquemáticamente un operador que controla una herramienta quirúrgica hiperdiestra y una herramienta manual.

La Figura 42B ilustra esquemáticamente una captura de pantalla de una pantalla.

La Figura 42C ilustra esquemáticamente un operador que controla herramientas quirúrgicas hiperdiestras.

La Figura 43 ilustra esquemáticamente una captura de pantalla de una pantalla.

Las Figuras 44A-44C ilustran esquemáticamente diferentes imágenes presentadas en una pantalla.

La Figura 45 ilustra esquemáticamente una captura de pantalla de una pantalla.

Descripción detallada

5 El término "hiperdiestro" es una combinación del significado ordinario de "hiper-" y "diestro"; siendo el significado de "hiper-" exceso o superior al normal, y el de "diestro", hábil en el uso de las manos o del cuerpo. Un sistema quirúrgico hiperdiestro como el usado en el presente documento permite interacciones entre un cirujano y el paciente a lo largo de un continuo de interacción, como se describe más adelante, y proporciona una mayor versatilidad con respecto a los procedimientos quirúrgicos que se pueden realizar. El sistema quirúrgico hiperdiestro mejora la capacidad del cirujano para interactuar con un paciente e incluye varios rasgos distintivos que se combinan para producir un sistema quirúrgico más natural, más interactivo y más versátil. La versatilidad del sistema quirúrgico hiperdiestro es ilustrada por diferentes aspectos del sistema, tales como, por ejemplo, su modularidad, que permite el uso de uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros y el movimiento del brazo quirúrgico hiperdiestro fuera de la trayectoria para utilizar solo herramientas quirúrgicas manuales, permite al cirujano moverse en el escenario quirúrgico durante un procedimiento quirúrgico, y permite al cirujano manejar simultáneamente una herramienta quirúrgica hiperdiestra y una herramienta manual mientras puede maniobrar entre múltiples ubicaciones junto a la cama del paciente a una posición óptima para una determinada tarea quirúrgica. Con este rasgo distintivo y con otros rasgos distintivos que se describen a continuación, un sistema quirúrgico hiperdiestro tiene más versatilidad que los sistemas quirúrgicos puramente "robóticos" del mercado.

20 Se ilustra la naturaleza del sistema quirúrgico hiperdiestro, entre otras formas, proporcionando al cirujano una variedad de información (por ejemplo, a través de pantallas) que permiten al cirujano conocer fácilmente el posicionamiento de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras en relación con el paciente para entender con naturalidad cómo se moverán las herramientas cuando se accionen. La naturaleza interactiva del sistema quirúrgico hiperdiestro se ilustra, entre otras cosas, por la capacidad del cirujano para controlar selectivamente una pluralidad de herramientas quirúrgicas hiperdiestras con dispositivos de entrada del usuario, así como la capacidad de moverse entre diferentes marcos de referencia durante un procedimiento quirúrgico (por ejemplo, entre un marco de referencia inmersivo dentro del cuerpo del paciente y un marco de referencia fuera del cuerpo del paciente), permitiendo al cirujano cambiar de posición durante un procedimiento, teniendo, en todo momento, conocimiento de la posición y orientación de las herramientas en relación con el cirujano.

Introducción

35 El sistema quirúrgico hiperdiestro descrito en el presente documento proporciona un marco conceptual fundamentalmente diferente de los sistemas quirúrgicos robóticos existentes en el mercado en tanto en cuanto, entre otras cosas, permite al cirujano usar simultáneamente herramientas quirúrgicas manuales e hiperdiestras junto a la cama del paciente. Esta capacidad de estar junto a la cama del paciente, es decir, junto a la mesa de operaciones, proporciona varias ventajas: desde una mejor comunicación con el equipo quirúrgico; a la monitorización directa del paciente; para facilitar el intercambio de herramientas (por ejemplo, entre herramientas quirúrgicas manuales e hiperdiestras). Asimismo, el sistema quirúrgico hiperdiestro, como se describe a continuación, incluye varios subsistemas que brindan conjuntamente un sistema flexible, más natural y más interactivo que permite ventajosamente a los cirujanos realizar procedimientos quirúrgicos sin problemas a lo largo de un continuo de interacción entre el solo uso de herramientas quirúrgicas hiperdiestras, el uso simultáneo de una combinación de herramientas quirúrgicas manuales e hiperdiestras, y el solo uso de herramientas manuales según lo desee el cirujano o lo requiera la tarea quirúrgica.

50 Un aspecto ventajoso del sistema quirúrgico hiperdiestro es el tamaño del brazo quirúrgico hiperdiestro, que es más pequeño y más compacto que los de los sistemas del mercado, y que permite una mayor flexibilidad en la forma en que se monta el brazo en relación con el paciente, ya sea en un carro, una plataforma móvil, una pared o un techo del quirófano, o directamente en la cama del paciente. El menor tamaño del brazo quirúrgico hiperdiestro también permite que el sistema quirúrgico hiperdiestro sea modular, en donde el número de brazos quirúrgicos hiperdiestros usados puede variar según lo deseado por el cirujano dependiendo de la necesidad quirúrgica. El pequeño tamaño de los brazos quirúrgicos hiperdiestros también proporciona un mayor espacio libre por encima del paciente, lo que facilita la capacidad del cirujano para trabajar desde una ubicación situada junto a la cama. De hecho, como se ha indicado anteriormente, un aspecto del sistema quirúrgico hiperdiestro de la invención es que permite al cirujano operar a lo largo de un continuo de interacción, y en un escenario en donde el cirujano puede mover los brazos quirúrgicos hiperdiestros fuera de la trayectoria y usar solo herramientas manuales. Esta capacidad de aumentar al máximo el espacio libre (por ejemplo, mueve los brazos quirúrgicos hiperdiestros de la trayectoria, pequeño tamaño del brazo), se mejora al proporcionar ventajosamente un brazo quirúrgico hiperdiestro con tres grados de libertad que incluye un balanceo redundante, como se analiza con más detalle a continuación. Además, el balanceo redundante del brazo quirúrgico hiperdiestro se coloca ventajosamente para garantizar que una zona muerta para la herramienta quirúrgica hiperdiestra se ubique fuera del cuerpo del paciente, permitiendo así un mayor acceso de la herramienta quirúrgica hiperdiestra dentro del espacio de trabajo en el cuerpo.

65 Además, el mecanismo de rotación y traslación para la herramienta quirúrgica hiperdiestra facilita ventajosamente el pequeño tamaño del brazo quirúrgico hiperdiestro, como se analiza a continuación. De hecho, el sistema de

rotación/traslación es de menor diámetro, más ligero y más compacto que los mecanismos que confieren rotación y translación para los sistemas del mercado, lo que permite que el brazo quirúrgico hiperdiestro que soporta el mecanismo de rotación/traslación sea más pequeño.

5 Otro aspecto ventajoso e interrelacionado del sistema quirúrgico hiperdiestro es la capacidad que brinda al cirujano para moverse libremente y situarse en una posición óptima cerca del paciente. Esta capacidad es proporcionada por el sistema quirúrgico hiperdiestro de varias maneras, incluyendo el hecho de permitir que el cirujano controle el brazo quirúrgico hiperdiestro con uno o más dispositivos de entrada portátiles manuales que comuniquen los movimientos de las manos del cirujano a un sistema de control que controle el funcionamiento del brazo quirúrgico hiperdiestro y la
10 herramienta quirúrgica hiperdiestra. En una realización, los dispositivos portátiles manuales de entrada son inalámbricos. El sistema quirúrgico hiperdiestro proporciona ventajosamente el rastreo de los dispositivos portátiles manuales de entrada, así como elementos (por ejemplo, un embrague) para evitar movimientos involuntarios de los brazos quirúrgicos hiperdiestros o herramientas quirúrgicas hiperdiestras debido a los movimientos del cirujano.

15 Otra parte ventajosa e interrelacionada del sistema quirúrgico hiperdiestro es el sistema de control, que comunica los comandos del cirujano (por ejemplo, a través de los dispositivos de entrada del usuario) con las herramientas quirúrgicas hiperdiestras y los brazos quirúrgicos hiperdiestros, y facilita la interacción del cirujano con las herramientas quirúrgicas hiperdiestras y los brazos quirúrgicos hiperdiestros. Otra parte ventajosa e interrelacionada del sistema es el sistema de visualización, que ayuda al cirujano a manejar las herramientas quirúrgicas hiperdiestras dentro del
20 cuerpo del paciente desde varios marcos de referencia (por ejemplo, inmersivo, a vista de pájaro fuera del cuerpo del paciente). El sistema de control y el sistema de visualización pueden funcionar conjuntamente para mejorar la capacidad del cirujano para realizar un procedimiento quirúrgico al proporcionar una variedad de información (por ejemplo, señales visuales) que permita al cirujano reconocer con naturalidad el posicionamiento de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras y las herramientas manuales.

25 Cada uno de los componentes o subsistemas del sistema quirúrgico hiperdiestro tiene ventajas frente a los componentes correspondientes de los sistemas del mercado. Además, en conjunto, los componentes y subsistemas proporcionan un sistema quirúrgico hiperdiestro que proporciona un paradigma completamente diferente para los procedimientos quirúrgicos que potencia la capacidad del cirujano para interactuar con un paciente de una manera
30 más natural, de manera más interactiva y más flexible. El sistema quirúrgico hiperdiestro se describirá ahora con más detalle.

La Figura 1A muestra el continuo de interacción del sistema quirúrgico hiperdiestro. El extremo derecho del continuo ilustra las interacciones físicas entre el cuerpo del cirujano y el cuerpo del paciente. El extremo derecho lejano del
35 continuo incluye al cirujano moviendo el tejido con la mano. El uso de una herramienta manual, tal como un bisturí, es menos interactivo físicamente que mover el tejido con la mano. El uso de una herramienta laparoscópica, tal como un bisturí, es menos interactivo físicamente que mover el tejido con la mano. El extremo izquierdo del continuo ilustra el uso de un brazo quirúrgico hiperdiestro para controlar los efectores finales. A lo largo del continuo, el operador puede usar herramientas manuales y/o herramientas hiperdiestras en diferentes combinaciones. El sistema quirúrgico
40 hiperdiestro permite al operador 1, tal como un cirujano, trabajar en cualquier lugar a lo largo del continuo.

En el extremo derecho del continuo, el cirujano está muy cerca del paciente para manipular físicamente el tejido. El cirujano puede tocar y sentir directamente el tejido en el sitio quirúrgico. En el extremo izquierdo del continuo, el cirujano interactúa con el paciente de forma remota manejando dispositivos de entrada del usuario que sirven como
45 representantes de las herramientas reales. El cirujano maneja efectores finales tales como dispositivos de aprehensión manejando dispositivos de entrada del usuario. Se producen muchos escenarios a lo largo de la interacción continua.

Las realizaciones del presente documento describen el uso de un sistema quirúrgico hiperdiestro que puede ser usado por un operador. El operador puede ser un cirujano, un asistente médico, personal, médicos forenses, o cualquier otra
50 persona que maneje el sistema quirúrgico hiperdiestro. Un operador no se limita a un profesional médico calificado para realizar una cirugía, sino que incluye cualquier operador capacitado para manejar el sistema quirúrgico hiperdiestro.

La Figura 1B replica el continuo interactivo de la Figura 1A con más detalle. La Figura 1B muestra distintos métodos de uso de un sistema quirúrgico hiperdiestro, tal como el sistema quirúrgico hiperdiestro 100 que se muestra en la
55 Figura 2. En el lado derecho de la Figura 1B, un operador 1 puede realizar una etapa quirúrgica con herramientas manuales 350. En este escenario, un brazo quirúrgico hiperdiestro 200 del sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede alejarse del espacio de trabajo. El operador 1 puede consultar una pantalla 702 que proporciona imágenes de la cirugía. En el lado izquierdo de la Figura 1B, el operador 1 interactúa con un dispositivo de entrada 500 para controlar el brazo quirúrgico hiperdiestro 200. El operador 1 puede consultar una pantalla 600 que proporciona imágenes de la
60 cirugía.

En medio de este continuo, se pueden producir diferentes escenarios. Un escenario se ilustra como el Escenario 1 en la Figura 1B. En este escenario, el operador 1 puede usar simultáneamente una o más herramientas quirúrgicas
65 hiperdiestras 300 y una o más herramientas manuales 350 (por ejemplo, al mismo tiempo, en el mismo espacio de trabajo). El cirujano puede manejar una o más de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 con uno o más de los

dispositivos de entrada 500. El operador 1 puede consultar una pantalla 702 que proporciona imágenes de la cirugía. Otro escenario se ilustra como el Escenario 2 en la Figura 1B. En este escenario, el operador 1 puede manejar el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 con la mano. Este escenario puede producirse, por ejemplo, cuando se ejecutan movimientos a gran escala de los brazos quirúrgicos hiperdiestros 200. Aunque la Figura 1B solo muestra un brazo quirúrgico hiperdiestro 200, el sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede tener una pluralidad de brazos quirúrgicos hiperdiestros 200, como se muestra en la Figura 2.

En otros escenarios, no mostrados, el operador 1 puede insertar la herramienta manual 350 en un trocar 302 (mostrado en la Figura 2) soportado por el brazo quirúrgico hiperdiestro 200. El trocar 302, con la herramienta manual 350 insertada en el mismo, se puede manejar con la mano. El tercer escenario puede ser útil cuando puede ser difícil maniobrar la herramienta manual 350 solo con las manos. Algunos ejemplos en los que se pueden encontrar dichas situaciones es cuando el paciente es obeso o si el ángulo de entrada al paciente es incómodo. En dichas situaciones, el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 que sostiene el trocar 302 puede actuar como una fuente de energía auxiliar para posicionar la herramienta manual 350. Dicho de otra forma, el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 que sostiene el trocar 302 puede contrarrestar las fuerzas que el cuerpo del paciente aplica sobre la herramienta manual 350, y puede mejorar la maniobrabilidad de la herramienta manual 350. La versatilidad del sistema quirúrgico hiperdiestro 100 permite ventajosamente todas esas combinaciones.

Las Figuras 3A-3C muestran escenarios en los que el operador 1 selecciona el tipo de herramientas que se usarán en un procedimiento quirúrgico. La Figura 3B es similar al Escenario 1 y la Figura 3C es similar al lado izquierdo del continuo que se muestra en la Figura 1B. Las figuras muestran una representación tridimensional del uso del sistema quirúrgico hiperdiestro 100 durante un procedimiento quirúrgico en un paciente 2.

En la Figura 3A, el sistema quirúrgico hiperdiestro 100 incluye dos brazos quirúrgicos hiperdiestros 200, cada uno acoplado a una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. El operador 1 controla un brazo quirúrgico hiperdiestro 200 con un dispositivo de entrada 500 que sujeta con la mano derecha. El operador 1 controla otro brazo quirúrgico hiperdiestro 200 con un dispositivo de entrada 500 que sujeta con la mano izquierda. Los dispositivos de entrada 500 mueven los brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 y/o las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 en respuesta al movimiento del operador 1. El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 incluye una pantalla 600. La pantalla 600 puede permitir que el operador 1 establezca restricciones que se aplicarán al sistema quirúrgico hiperdiestro 100. Por ejemplo, la pantalla 600 puede permitir al operador 1 establecer asociaciones (por ejemplo, un emparejamiento) entre los dispositivos de entrada 500 y los objetos controlados (por ejemplo, los brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 y/o las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300). La pantalla 600 puede proporcionar imágenes de la cirugía.

En la Figura 3B, el sistema quirúrgico hiperdiestro 100 incluye un brazo quirúrgico hiperdiestro 200 acoplado a una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. El operador 1 controla el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 con un dispositivo de entrada 500 que sujeta con la mano derecha. El dispositivo de entrada 500 mueve el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 y/o la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 en respuesta al movimiento del operador 1. El operador 1 controla una herramienta manual 350 con la mano izquierda. Como se ilustra en la FIG. 3B y se analiza en el presente documento, el sistema quirúrgico hiperdiestro 100 permite ventajosamente al operador 1 (por ejemplo, cirujano) controlar simultáneamente una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y una herramienta manual 350.

En la Figura 3C, el sistema quirúrgico hiperdiestro 100 incluye dos brazos quirúrgicos hiperdiestros 200, cada uno acoplado a una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. El operador 1 puede controlar los brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 con uno o más dispositivos de entrada 500. Los dispositivos de entrada 500 pueden ser los dispositivos de entrada que se muestran en la Figura 3A. Los dispositivos de entrada 500 pueden ser controladores como se muestra en la Figura 3C. El uno o más dispositivos de entrada 500 se pueden montar o fijar de otro modo cerca de la pantalla 600. En otra realización, el uno o más dispositivos de entrada 500 pueden ser dispositivos de entrada portátiles manuales, tales como los mostrados en la FIG. 3A, y el operador 1 puede apoyar sus brazos en una barra de soporte o barra de descanso del puesto mientras está de pie o sentado en el puesto y maneja los dispositivos de entrada portátiles manuales. Al igual que los dispositivos de entrada 500 que se muestran en la Figura 3A, el uno o más dispositivos de entrada 500 mostrados en la Figura 3C mueve los brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 y/o las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 en respuesta al movimiento 1 del operador.

Resumen del sistema

El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede incluir muchos componentes que pueden trabajar conjuntamente para lograr los beneficios descritos en el presente documento, tales como mejorar la capacidad del cirujano para interactuar con el paciente al proporcionar un sistema quirúrgico más natural, más interactivo y más versátil. El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede incluir uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros 200, y cada brazo quirúrgico hiperdiestro 200 puede manejar una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 incluye un sistema de control y pantallas 600, 702, que proporcionan al operador señales visuales que ayudan al cirujano a controlar el funcionamiento de una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 y de las herramientas manuales 350. El operador, tal como un cirujano, puede manejar opcionalmente la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y las herramientas manuales 350 simultáneamente en diferentes lugares del escenario quirúrgico.

- La Figura 2 muestra una realización de un sistema quirúrgico hiperdiestro 100. El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 incluye uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros 200. Cada brazo quirúrgico hiperdiestro 200 puede soportar una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 (por ejemplo, a través de un trocar 302). El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede incluir una o más herramientas manuales 350. La herramienta manual 350 puede ser usada simultáneamente con la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 por el operador (por ejemplo, cirujano). La herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 puede controlarse mediante un dispositivo de entrada 500. El dispositivo de entrada 500 puede adoptar muchas formas, incluyendo una pinza 502 (véase la Figura 32A) y un controlador 514.
- El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede incluir un sistema de control para traducir los movimientos de los dispositivos de entrada 500 a movimientos de los brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 y la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. El operador 1 puede seleccionar qué dispositivo de entrada 500 controla qué herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 o brazos quirúrgicos hiperdiestros 200. El sistema de control 400 puede incluir un ordenador 402, uno o más cables 406 y/o una fuente de alimentación 404.
- El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 puede acoplarse a un dispositivo de fijación (por ejemplo, una mesa de operaciones, una cama de hospital, una mesa de diagnóstico, una pared, el suelo, el techo, una mesa, un carro, una plataforma rodante). En una realización, donde el dispositivo de fijación es un carro o una plataforma rodante, el dispositivo de fijación se puede anclar (por ejemplo, temporalmente) al suelo. El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede incluir mecanismos que acoplan o sujetan el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 al dispositivo de fijación. En la realización de la Figura 2, el dispositivo de fijación es una cama o una mesa de operaciones 102.
- El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 y la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 pueden controlarse mediante un sistema de control 400, cuyo esquema se muestra en las Figuras 34-35. El ordenador 402 puede almacenar los algoritmos que guían el sistema de control y/o cualquier cálculo realizado por el sistema de control. El sistema de control 400 puede traducir los comandos del usuario al movimiento del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 y/o a los movimientos de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. El ordenador 402 puede estar conectado a la fuente de alimentación 404. El ordenador 402 puede estar conectado a un embrague 112 que puede adoptar la forma de un pedal. El ordenador 402 puede incluir cables 406 que conectan el ordenador 402 a otros componentes.
- El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede incluir uno o más dispositivos de entrada 500. El dispositivo de entrada 500 puede comunicarse con el sistema de control 400, ya sea a través de una conexión alámbrica o inalámbrica. Como se usa en las realizaciones del presente documento, el término "inalámbrico" abarca todas las formas de comunicación inalámbrica, que incluyen, pero sin limitación, infrarroja (IR), radiofrecuencia (RF), microondas y ultrasonidos. El dispositivo de entrada 500 puede enviar señales de control a los motores apropiados de dentro del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 y de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 a través del sistema de control 400 (por ejemplo, comunicando una señal desde un transmisor del dispositivo de entrada 500 a un receptor del sistema de control 400). Los dispositivos de entrada 500 pueden ser dispositivos manuales y/o portátiles que permitan ventajosamente al operador 1, tal como un cirujano, moverse alrededor de la cama del paciente 2 durante un procedimiento. Los dispositivos de entrada 500 pueden permitir que el operador 1 controle el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 y/o las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 desde una o más ubicaciones (por ejemplo, una pluralidad de ubicaciones). Algunos de los lugares pueden estar junto a la cama de un paciente 2. El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede incluir el embrague 112. El embrague 112 se puede usar para conectar o desconectar una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. El embrague 112 puede ser un pedal, como se muestra en la Figura 2.
- Aún con referencia a la Figura 2, el sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede incluir un subsistema 605 de interfaz de usuario. El subsistema 605 de interfaz de usuario puede incluir un dispositivo de entrada (por ejemplo, controlador 514). El subsistema 605 de interfaz de usuario puede incluir una plataforma 602 que puede incluir elementos tales como una barra de reposo horizontal 603. El subsistema 605 de interfaz de usuario puede incluir una pantalla 600. La pantalla 600 puede incluir una pantalla táctil 604. La pantalla 600 puede ser interactiva y recibir una entrada del operador 1. La pantalla 600 se puede usar para controlar el sistema de control 400. La pantalla 600 se puede ubicar alejada del paciente. En algunas realizaciones, la pantalla 600 está montada en la plataforma 602, como se muestra en la Figura 2. En algunas realizaciones, la pantalla 600 se puede fijar al cuerpo del operador 1, tal como el cirujano.
- En algunas realizaciones, el subsistema 605 de interfaz de usuario puede incluir un dispositivo de entrada 500 (por ejemplo, un controlador alámbrico). El dispositivo de entrada 500 puede ser un controlador 514 montado en la plataforma 602. El subsistema 605 de interfaz de usuario permite a un operador 1, tal como un cirujano, controlar el dispositivo de entrada 500 cerca de la pantalla 600, como se muestra en la Figura 2.
- La pantalla 600 permite al operador 1 realizar muchas funciones, incluyendo el emparejamiento de una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 con un dispositivo de entrada 500 para que el operador 1 pueda manejar la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 emparejada con el dispositivo de entrada 500. La pantalla 600 puede permitir al operador 1 controlar una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 con el uno o más dispositivos de entrada 500. La pantalla 600 también permite al operador 1, tal como un cirujano, emparejar un brazo quirúrgico hiperdiestro 200 con un dispositivo de entrada 500 para que el operador 1 pueda manejar el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 emparejado con el dispositivo de entrada 500. La pantalla 600 puede permitir al operador 1 controlar uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros 200. La interfaz de usuario 600 puede mostrar o ilustrar un mapa del uno o más dispositivos de entrada

500 y el uno o más objetos controlados, tales como uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 o herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300.

5 Aún con referencia a la Figura 2, un sistema de visualización 700 puede incluir una o más pantallas 702. La pantalla 702 puede mostrar información sobre uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros 200, la una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300, el paciente o cualquier otra información que pueda ser relevante para el cirujano o el equipo quirúrgico. La pantalla 702 puede mostrar imágenes vistas por una cámara 304 (mostrada esquemáticamente en la Figura 35) u otros dispositivos de visualización, tales como imágenes de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 que son sostenidas por los brazos quirúrgicos hiperdiestros 200, o imágenes de una herramienta manual 350 sostenida por el operador (por ejemplo, cirujano). La cámara 304 puede ser controlada por el sistema de control 400. La cámara 304 puede considerarse una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y ser movida por un brazo robótico hiperdiestro 200. En una realización, la cámara 304 puede ser controlada por el dispositivo de entrada 500 a través del sistema de control 400, que permite al operador 1, tal como el cirujano, colocar la cámara 304 según sea necesario. El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede incluir múltiples pantallas 702 posicionadas en diferentes ubicaciones a lo largo del escenario quirúrgico. Además, las pantallas 600, 702 pueden mostrar la misma información o información diferente.

20 Como se muestra en la Figura 2, el sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede usarse con una o más herramientas manuales 350 (por ejemplo, una pluralidad de herramientas manuales 350). Una herramienta manual 350 se muestra en la Figura 2. La herramienta manual 350 se puede utilizar en el mismo espacio de trabajo que una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. Se pueden usar una o más herramientas manuales 350, porque el sistema quirúrgico hiperdiestro 100 permite ventajosamente que el operador 1 permanezca junto al paciente 2, como se ha analizado previamente. Se pueden usar una o más herramientas manuales 350, porque el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 es compacto, liberando así el espacio alrededor del paciente 2. El mecanismo de balanceo redundante y la colocación del mecanismo de balanceo redundante, descrito en el presente documento, también aumenta al máximo el espacio libre alrededor del paciente 2. Por lo tanto, el operador 1 puede manejar simultáneamente herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 y herramientas manuales 350 sin chocar con otros componentes del sistema quirúrgico hiperdiestro 100. El operador 1, no mostrado en la Figura 2, puede permanecer junto a la cama y tener la capacidad de escoger el control de una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 (por ejemplo, a través de los dispositivos de entrada 500), una o más herramientas manuales 350, o cualquier combinación de herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 y herramientas manuales 350.

35 Como se muestra en la Figura 2, el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 se puede acoplar a una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. Por consiguiente, el sistema 100 puede tener uno o más (por ejemplo, una pluralidad) de brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 y uno o más (por ejemplo, una pluralidad) de herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. En algunas realizaciones, la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 se inserta en un trocar 302. El trocar 302 se puede acoplar al brazo quirúrgico hiperdiestro 200 (por ejemplo, fijado, estar integrado en, sujetado por, etc.). El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 puede soportar y manejar las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 a través del trocar 302. En algunas realizaciones, el uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 pueden insertar una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 a través de una incisión en un paciente 2, como se muestra en las Figuras 3A-C. El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 y la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 pueden tener uno o más motores (por ejemplo, motores eléctricos) en diferentes ubicaciones, como se analiza más adelante. Los motores facilitan la colocación de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 adecuadamente en el espacio de trabajo operativo, dentro del paciente 2. El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 y la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 pueden ser alimentados por la fuente de alimentación 404. En algunas realizaciones, la una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 pueden ser desechables. En algunas realizaciones, al menos una parte de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 puede ser esterilizada (por ejemplo, reutilizable).

50 Montaje del brazo quirúrgico hiperdiestro

El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede proporcionar un montaje para soportar el brazo quirúrgico hiperdiestro 200. El montaje permite la colocación del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 y/o las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 en relación con el paciente. El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 se puede montar en una serie de dispositivos de fijación, que pueden ser móviles o fijos. La flexibilidad en el montaje del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 y/o las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 proporciona versatilidad en el diseño del escenario quirúrgico y del espacio libre fuera del paciente.

60 Las Figuras 2 y 4 muestran realizaciones del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 montado en un dispositivo de fijación. Los diferentes componentes permiten colocar el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 en relación con el paciente 2. Los diferentes componentes también permiten que el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 evite colisiones con otros brazos quirúrgicos hiperdiestros 200. El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 se puede colocar para facilitar el acceso al paciente 2. El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 se puede colocar para permitir que el operador 1 use herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 y herramientas manuales 350 simultáneamente. La flexibilidad del sistema quirúrgico hiperdiestro 100, que incluye el brazo de soporte 106, el elevador 120 y el carro 130, permite la colocación de un Centro remoto 250 (véase la Figura 7) para el brazo quirúrgico hiperdiestro 200. Una vez que se establece el Centro remoto 250, el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 puede manejarse mientras se mantiene el Centro remoto 250.

Como se muestra en la Figura 2, el sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede incluir una pluralidad de postes de montaje 104. El sistema quirúrgico hiperdiestro puede incluir cualquier número de postes de montaje 104 (por ejemplo, uno, tres, cuatro, etc.), pero dos se muestran en la Figura 2 con fines ilustrativos. Cada poste de montaje 104 puede soportar un brazo quirúrgico hiperdiestro 200. La Figura 2 muestra cada poste de montaje 104 sosteniendo solo un brazo quirúrgico hiperdiestro 200, pero cada poste de montaje 104 puede soportar opcionalmente cualquier número de brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 (por ejemplo, uno, dos, tres, cuatro, etc.). El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 es ventajosamente de naturaleza modular. Esta modularidad permite a los usuarios, tal como a un equipo quirúrgico, configurar el sistema quirúrgico hiperdiestro 100 más eficazmente para el tipo de procedimiento que se está realizando. Dicha modularidad también permite al equipo añadir o quitar los postes de montaje 104 y/o los brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 durante una cirugía. La modularidad permite la configuración del sistema quirúrgico hiperdiestro 100 de diferentes maneras.

El poste de montaje 104 puede estar soportado por un dispositivo de fijación móvil (por ejemplo, una plataforma rodante, una carretilla de mano o un carrito pequeño). El poste de montaje 104 y todos los brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 y los brazos de soporte 106 asociados, puede montarse en el dispositivo de fijación móvil en una ubicación alejada del escenario quirúrgico. El dispositivo de fijación móvil se puede transportar al escenario quirúrgico antes o durante la cirugía. Si se necesitan brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 adicionales durante la cirugía, el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 se puede montar rápida y fácilmente en el dispositivo de fijación. En algunas realizaciones, si se necesitan brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 adicionales durante la cirugía, los brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 adicionales montados en dispositivos de fijación móviles pueden transportarse al escenario quirúrgico. El dispositivo de fijación móvil y/o el poste de montaje se pueden anclar a otro dispositivo de fijación (por ejemplo, el suelo) para mejorar la estabilidad. El poste de montaje 104 puede estar soportado por un dispositivo de fijación inmóvil (por ejemplo, una cama, el suelo, la pared o el techo).

El poste de montaje 104 puede estar unido a dispositivo de sujeción 108, como se muestra en la Figura 2. El dispositivo de sujeción 108 se puede conectar al dispositivo de fijación. En la realización ilustrada, el dispositivo de fijación es una cama 102, aunque como se ha analizado anteriormente, se pueden usar otros dispositivos de fijación adecuados. En algunas realizaciones, el dispositivo de sujeción 108 se puede acoplar a uno o más rieles 110 de la cama 102. Son posibles otros mecanismos de fijación. El poste de montaje 104 se puede colocar esencialmente vertical (por ejemplo, a noventa grados) al dispositivo de fijación (por ejemplo, la cama 102). El poste de montaje 104 se puede colocar en otros ángulos, tales como a 15 grados, 30 grados, 45 grados, 60 grados, en relación con el dispositivo de fijación (por ejemplo, la cama 102). El poste de montaje 104 se puede colocar en otros ángulos en función de la orientación del paciente.

El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 se puede unir directa o indirectamente al dispositivo de fijación (por ejemplo, la cama 102). En una realización, el poste de montaje y/o el brazo de soporte 106 están excluidos, y el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 se puede acoplar directamente al poste de montaje 104 o a una parte del dispositivo de fijación (por ejemplo, la cama 102). En algunas realizaciones, el sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede estar separado del dispositivo de fijación (por ejemplo, de la cama 102 y/o del riel 110).

En referencia a la Figura 4, el poste de montaje 104 se puede acoplar a componentes que permitan el movimiento horizontal (por ejemplo, paralelo a la cama 102) o movimiento vertical (por ejemplo, perpendicular a la cama 102). El elevador 120 permite la colocación del brazo de soporte 106 y/o del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 a lo largo del poste de montaje 104. Se pueden acoplar uno o más elevadores 120 al poste de montaje 104, tal como se muestra. Cada elevador 120 puede estar conectado a un brazo de soporte 106 adicional y/o un brazo quirúrgico hiperdiestro 200 adicional. Por consiguiente, el poste de montaje 104 puede soportar opcionalmente múltiples brazos de soporte 106, cada brazo de soporte 106 acoplado a un brazo quirúrgico hiperdiestro 200. Los elevadores 120 pueden proporcionar ubicaciones verticales alternativas en las que el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 puede estar acoplado al poste de montaje 104.

Siguiendo en referencia a la realización ilustrada en la Figura 4, el poste de montaje 104 se puede acoplar a un carro 130. El carro 130 puede estar acoplado a un adaptador 132. El carro 130 y el adaptador 132 pueden formar un ensamble deslizante que permita que el carro 130 se deslice linealmente a lo largo del adaptador 132. El adaptador 132 se puede acoplar al dispositivo de fijación (por ejemplo, a la cama 102 y/o al riel 110). El carro 130 puede estar directamente acoplado al dispositivo de fijación (por ejemplo, a la cama 102 y/o al riel 110) sin el adaptador 132. El carro 130 y el adaptador 132 permiten el movimiento del poste de montaje 104, el brazo de soporte 106 y el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 en dirección básicamente horizontal. En algunas realizaciones, el poste de montaje 104 está acoplado directamente al dispositivo de fijación (por ejemplo, a la cama 102 y/o a los rieles 110) sin el carro 130 ni/o el adaptador 132. El poste de montaje 104 puede estar dispuesto de manera que el poste de montaje 104 se deslice linealmente a lo largo del dispositivo de fijación (por ejemplo, de la cama 102 y/o de los rieles 110).

En referencia a la Figura 4, el poste de montaje 104 se puede acoplar a componentes que permitan el movimiento en otras direcciones. Por ejemplo, el poste de montaje se puede acoplar a una corredera (no mostrada) que se mueva ortogonal a la dirección horizontal y vertical (por ejemplo, que se extienda hacia afuera desde el dispositivo de fijación). La corredera puede ser un cajón montado en el dispositivo de fijación. Por ejemplo, en realizaciones en donde el

dispositivo de fijación es la cama 102, el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 puede alejarse lateralmente desde un lado de la cama 102 (por ejemplo, a través de un cajón deslizante).

5 El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede incluir mecanismos que acoplen o sujeten los brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 en posición vertical. Las Figuras 2 y 4 muestran el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 opcionalmente acoplado a un brazo de soporte 106. El brazo de soporte 106 puede ser un brazo pasivo, carente de motores u otros elementos eléctricos. Como se muestra en la Figura 5, el brazo de soporte 106 tiene un primer extremo 114 y un segundo extremo 116. El primer extremo 114 puede incluir una abrazadera 118, tal como una abrazadera en forma de U, que se puede acoplar al brazo quirúrgico hiperdiestro 200. También se pueden utilizar otras conexiones
10 conocidas en la técnica. La abrazadera 118 puede acoplarse al brazo quirúrgico hiperdiestro 200 en la base del brazo quirúrgico hiperdiestro 200, por ejemplo, cerca de un mecanismo de balanceo del hombro 202 (véase la Figura 7), descrito más adelante. El segundo extremo 116 se puede acoplar al elevador 120. El segundo extremo 116 puede girar alrededor de un centro de rotación 122.

15 El brazo de soporte 106 puede incluir uno o más centros de rotación que permitan girar al brazo de soporte 106. El brazo de soporte 106 mostrado en la Figura 5 tiene tres centros de rotación 122. Los centros de rotación 122 giran alrededor de un eje en la dirección de las flechas, como se muestra en la Figura 5. El brazo de soporte 106 puede incluir uno o más ejes de inclinación 124 que permitan que se incline una parte del brazo de soporte 106. Como se muestra en la Figura 5, el brazo de soporte 106 tiene un eje de inclinación 124 que permita que se incline un brazo
20 quirúrgico hiperdiestro 200 acoplado al brazo de soporte 106. Los centros de rotación 122 y/o el eje de inclinación 124 permiten que uno o más enlaces 126 del brazo de soporte 106 y la abrazadera 118 puedan girarse y colocarse. Los centros de rotación 122 pueden hacer girar los enlaces 126 del brazo de soporte 106 en el mismo plano, o en diferentes planos, o en alguna combinación de planos.

25 El brazo de soporte 106 puede ser pasivo. El operador 1 puede mover el brazo de soporte 106 con la mano para colocar el brazo de soporte 106. El operador 1 puede mover el brazo de soporte 106 con la mano para establecer el Centro remoto 250, como se describe en el presente documento. En algunas realizaciones, el brazo de soporte 106 puede estar activo. En dicha realización, el brazo de soporte 106 puede incluir uno o más motores para mover las articulaciones del brazo de soporte 106. El operador 1 puede mover el brazo de soporte 106 a través de los motores
30 para establecer el Centro remoto 250.

El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 proporciona flexibilidad en la colocación del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 y/o la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. La flexibilidad es mejorada ventajosamente por los centros de rotación 122 y/o los ejes de inclinación 124 del brazo de soporte 106, como se muestra en la Figura 5. La flexibilidad se puede mejorar mediante la capacidad de mover (por ejemplo, verticalmente) el elevador 120 a lo largo del poste de montaje 104. La flexibilidad se puede mejorar mediante la capacidad de mover (por ejemplo, horizontalmente) el carro 130 a lo largo del adaptador 132.

40 Haciendo ahora referencia a la Figura 6, el brazo de soporte 106, el elevador 120 y el carro 130 pueden facilitar la colocación del brazo quirúrgico hiperdiestro 200. la Flecha 134, la Flecha 136, la Flecha 138 y la Flecha 140 muestran los centros de rotación y los ejes de inclinación del brazo de soporte 106. La Flecha 142 muestra la dirección básicamente vertical en la que el elevador 120 se puede colocar a lo largo del poste de montaje 104. La Flecha 144 muestra la dirección básicamente horizontal en la que el carro 130 puede moverse a lo largo del adaptador 132 en relación con el dispositivo de fijación (por ejemplo, cama 102 y/o rieles 110). En una realización, el poste de montaje 104 puede ser vertical, y el adaptador 132 puede ser horizontal; por lo tanto, la Flecha 142 puede ser vertical y la Flecha 144 puede ser horizontal. Todas las flechas o grados de libertad pueden configurarse de manera diferente a la mostrada en la Figura 6 (por ejemplo, el brazo de soporte 106 puede tener más o menos centros de rotación o ejes de inclinación).

50 El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede permitir la angulación de uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 (por ejemplo, la inclinación) para seguir la orientación de un paciente en el transcurso de la cirugía. Por lo general, el paciente se coloca en una superficie horizontal nivelada (por ejemplo, en una cama). En algunas cirugías, puede ser ventajoso angular (por ejemplo, inclinar) el cuerpo del paciente con respecto a la superficie horizontal (por ejemplo, bajando la cabeza del paciente para desplazar los órganos internos hacia la cabeza del paciente lejos del sitio quirúrgico para mejorar el acceso al sitio quirúrgico) según la cirugía que se vaya a realizar. El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 permite la angulación (por ejemplo, la inclinación horizontal) del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 para que siga la orientación del paciente 2 (por ejemplo, el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 está montado para seguir la orientación del paciente 2). El brazo de soporte 106, el elevador 120, el carro 130 y la corredera (no mostrada) pueden facilitar la inclinación del brazo quirúrgico hiperdiestro 200.

60 Se puede rastrear la posición del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 en el espacio de trabajo. En algunas realizaciones, la posición se rastrea acoplando codificadores absolutos (no mostrados) en cada articulación del brazo quirúrgico hiperdiestro 200. En algunas realizaciones, un sensor de posición (tal como un rastreador óptico) está montado en la base del brazo quirúrgico hiperdiestro 200. El sensor de posición puede proporcionar la posición del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 en relación con un punto de referencia del suelo (no mostrado). El sensor de posición y/o los codificadores se pueden usar para rastrear la posición del brazo quirúrgico hiperdiestro 200. Además, el sensor de
65

posición y/o los codificadores se pueden usar para rastrear la posición de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. Un experto en la materia puede usar otros sensores, mecanismo o métodos de rastreo de los componentes del sistema quirúrgico hiperdiestro 100 adecuados. El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede tener un rastreador global que rastree el brazo quirúrgico hiperdiestro 200, la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y componentes adicionales del sistema quirúrgico hiperdiestro 100 (por ejemplo, el operador 1, los dispositivos de entrada 500).

El brazo quirúrgico hiperdiestro

El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 usado con el sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede tener un grado de libertad redundante. El grado de libertad redundante puede permitir ventajosamente colocar el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 en una variedad de posturas deseadas. Además, el grado de libertad redundante puede permitir ventajosamente más espacio libre alrededor del paciente. El grado de libertad redundante puede permitir el uso de más brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 (por ejemplo, una pluralidad de brazos quirúrgicos hiperdiestros 200). El grado de libertad redundante puede permitir la colocación de más brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 dentro del espacio libre por encima del paciente 2. El grado de libertad redundante también puede dejar un mayor espacio de trabajo dentro del paciente. El grado de libertad redundante puede reducir las autocolisiones (entre los componentes de un solo brazo quirúrgico hiperdiestro 200) y otras colisiones (entre los brazos quirúrgicos hiperdiestros 200, entre el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 y el paciente 2).

La redundancia se define de la siguiente manera: "Cuando un manipulador puede alcanzar una posición específica con más de una configuración de los enlaces, se dice que el manipulador es redundante". P. J. KcKerrow, "Introduction to Robotics" (Addison-Wesley Publishing Co, Sidney, 1991).

La Figura 7 muestra una realización de un brazo quirúrgico hiperdiestro 200. El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 puede usarse con el sistema quirúrgico hiperdiestro 100 descrito en el presente documento. El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 puede tener tres grados de libertad.

El grado de libertad redundante, en relación con los sistemas quirúrgicos del mercado, puede ser proporcionado por el mecanismo de balanceo del hombro 202. El mecanismo de balanceo del hombro 202 puede ubicarse cerca de una parte inferior del brazo quirúrgico hiperdiestro 200. El grado de libertad redundante proporciona flexibilidad y ventajas adicionales. Una ventaja proporcionada por el grado de libertad redundante es que el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 puede acceder a un espacio de trabajo mayor y puede acceder a dianas anatómicas adicionales que los brazos robóticos del mercado con dos grados de libertad no pueden alcanzar. El grado de libertad redundante permite que el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 mantenga una posición de punta de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y el Centro remoto 250 mientras reconfigura los componentes del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 externo al cuerpo. Estas diferentes posturas permiten al brazo quirúrgico hiperdiestro 200 evitar las colisiones con el paciente 2, otras herramientas u otros objetos en el escenario quirúrgico.

En algunas realizaciones, el grado de libertad redundante, en relación con los sistemas quirúrgicos del mercado, es proporcionado por un mecanismo de cabeceo redundante (no mostrado). El mecanismo de cabeceo redundante puede ubicarse en cualquier parte del brazo quirúrgico hiperdiestro 200. El mecanismo de cabeceo redundante puede ubicarse cerca de una parte inferior del brazo quirúrgico hiperdiestro 200. El mecanismo de cabeceo redundante puede tener un eje de cabeceo que se cruce con el Centro remoto, como se describe en el presente documento. El grado de libertad redundante proporcionado por un mecanismo de cabeceo redundante puede tener las mismas ventajas que el grado de libertad redundante proporcionado por el mecanismo de balanceo 202 redundante descrito en el presente documento. La herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y el mecanismo de rotación/traslación 208 pueden tener cuatro grados de libertad (por ejemplo, movimiento de rotación, traslación, cabeceo, guiñada). El mecanismo de rotación/traslación 208 puede mover por rotación y traslación la herramienta 300. La herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 puede tener movimiento de cabeceo y de balanceo. Por lo tanto, el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 y la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 pueden tener siete grados de libertad en total. El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 y la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 pueden tener más de siete grados de libertad (por ejemplo, ocho grados de libertad, nueve grados de libertad, etc.). El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 y la herramienta quirúrgica hiperdiestra pueden tener grados de libertad adicionales (por ejemplo, proporcionados por efectores finales, tales como dispositivos de aprehensión, codos flexibles). Por lo general, los sistemas robóticos quirúrgicos del mercado tienen un brazo robótico con dos grados de libertad (cabeceo y balanceo) y la herramienta tiene cuatro grados de libertad (movimiento de rotación, traslación, cabeceo, guiñada), de modo que los sistemas quirúrgicos robóticos del mercado normalmente tienen un total de seis grados de libertad.

Aún con referencia a la Figura 7, el mecanismo de balanceo del hombro 202 proporciona un grado de libertad. El mecanismo de balanceo principal 204 proporciona un grado de libertad. El mecanismo de cabeceo 206 proporciona un grado de libertad. El mecanismo de rotación/traslación 208 y la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 proporcionan cuatro grados de libertad (movimiento de rotación, traslación, cabeceo, guiñada). Existen cuatro mecanismos que contribuyen a la destreza del brazo quirúrgico hiperdiestro: (1) el mecanismo de balanceo del hombro 202; (2) el mecanismo de balanceo principal 204; (3) el mecanismo de cabeceo 206; y (4) el mecanismo de rotación/traslación 208. Incorporando un segundo mecanismo de balanceo, el mecanismo de balanceo del hombro 202, proporciona un grado de libertad redundante (por ejemplo, un séptimo grado de libertad) en comparación con el

sistema quirúrgico del mercado.

El mecanismo de balanceo del hombro 202 tiene un eje de balanceo del hombro 244. El mecanismo de balanceo principal 204 tiene el eje de balanceo principal 240. El mecanismo de cabeceo 206 tiene un eje de cabeceo 228. Los ejes 228, 240, 244 de los mecanismos 202, 204, 206 se cruzan en un punto común. En la Figura 7, este punto está marcado como Centro remoto 250.

En referencia a la Figura 8, el mecanismo de cabeceo 206 permite que el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 gire la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 alrededor del eje de cabeceo 228. El eje de cabeceo 228 pasa a través del Centro remoto 250. La Flecha 230 ilustra el arco que representa la trayectoria de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 sobre el eje de cabeceo 228. El mecanismo de cabeceo 206 tiene tres centros de rotación, 232, 234 y 236. Los centros de rotación 232, 234 y 236 están unidos mecánicamente para crear movimiento en torno al eje de cabeceo 228.

Refiriéndose aún a la Figura 8, el mecanismo de cabeceo 206 tiene tres segmentos, el segmento de cabeceo 224, el segmento de cabeceo 226 y el segmento de cabeceo 227. Los segmentos de cabeceo 224, 226 y 227 del mecanismo de cabeceo 206 pueden tener muchas configuraciones, tales como conexión de 2 barras, de 3 barras o de 4 barras, o conexiones de cables. En algunas realizaciones, bandas o correas restringen los ángulos relativos entre los segmentos de cabeceo 224, 226 y 227. El segmento de cabeceo 224 y el segmento de cabeceo 226 pueden plegarse uno encima del otro o tener un pequeño ángulo entre sí mientras hacen girar la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 en torno al eje de cabeceo 228. Cuando los segmentos de cabeceo están cerca de la posición plegada, el mecanismo de balanceo principal 204 y el extremo proximal del trocar 302 se pueden acercar entre sí. Como alternativa, el segmento de cabeceo 224 y el segmento de cabeceo 226 también pueden extenderse, o tener un gran ángulo entre sí, de modo que la distancia entre el mecanismo de balanceo principal 204 y el extremo proximal del trocar 302 sea mayor.

Las rotaciones y los movimientos de los mecanismos de balanceo 202, 204 se muestran en la Figura 8. La Flecha 238 muestra la rotación del mecanismo de balanceo principal 204 en torno al eje de balanceo principal 240. La Flecha 242 muestra la rotación del mecanismo de balanceo del hombro 202 en torno al eje de balanceo del hombro 244. En algunas realizaciones, el mecanismo de balanceo del hombro 202 puede girar al menos hasta $\pm 90^\circ$ desde una posición inicial. En otras realizaciones, el mecanismo de balanceo del hombro 202 puede girar más de $\pm 90^\circ$ desde una posición inicial. El eje de balanceo principal 240 y el eje de balanceo del hombro 244 se cruzan en el Centro remoto 250 como se muestra en la Figura 8. El segmento de balanceo principal 222 del mecanismo de balanceo principal 204 y/o del segmento de balanceo del hombro 220 del mecanismo de balanceo del hombro 202 pueden tener cualquier tamaño, forma y/o número de segmentos. Como se muestra, un segmento de balanceo del hombro 220 acopla el mecanismo de balanceo del hombro 202 al mecanismo de balanceo principal 204, y un segmento de balanceo principal 222 acopla el mecanismo de balanceo principal 204 al segmento de cabeceo 224.

En la Figura 7, se muestra una realización de la disposición de los diferentes segmentos del brazo quirúrgico hiperdiestro 200. Un extremo del primer segmento 218 se puede acoplarse opcionalmente a un dispositivo de fijación (por ejemplo, la cama 102), el brazo de soporte 106 u otros objetos de soporte de dentro del escenario quirúrgico, como se ha analizado anteriormente. El otro extremo del primer segmento 218 está acoplado al mecanismo de balanceo del hombro 202. El mecanismo de balanceo del hombro 202 está conectado al mecanismo de balanceo principal 204 con uno o más segmentos 220. Uno o más segmentos 222, 224 conectan el mecanismo de balanceo principal 204 con el mecanismo de cabeceo 206. Uno o más segmentos 226, 227 pueden conectar el mecanismo de cabeceo 206 con el trocar 302.

En la cirugía mínimamente invasiva típica, se realiza una pequeña incisión en el cuerpo del paciente a través de la que se pasan las herramientas al cuerpo. Por ejemplo, en la cirugía abdominal, se realiza una incisión en la pared abdominal. Para reducir el riesgo de daño al paciente, es deseable reducir al mínimo los movimientos que implican la traslación a lo largo de la superficie del cuerpo en el punto de entrada al cuerpo, ya que este tipo de movimientos puede causar el desgarramiento de los tejidos en el punto de entrada. Por lo tanto, en los procedimientos mínimamente invasivos, es deseable que el eje de la herramienta pase siempre por un punto constante. El Centro remoto puede estar ubicado en el punto de entrada de las herramientas en el cuerpo. Las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 pueden pivotar sobre este punto mediante el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 sin rasgar el tejido en el punto de entrada. El montaje del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 en relación con el paciente 2 puede establecer el Centro remoto 250 en la incisión.

La disposición de los ejes permite que los mecanismos 202, 204, 208 logren la posición deseada de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 mientras la ubicación del Centro remoto 250 se mantiene constante. El Centro remoto 250 puede corresponder con la ubicación de una incisión en un paciente o la ubicación del punto de entrada de una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 en el cuerpo como se ha indicado anteriormente. Ventajosamente, el Centro remoto 250 puede mantenerse constante para reducir el riesgo de daños o lesiones a un paciente. Durante la cirugía, por ejemplo, durante la cirugía abdominal, el Centro remoto 250 se puede colocar en la pared abdominal. Esta ubicación puede ser una puerta de entrada para que las herramientas entren en la cavidad abdominal. Como se desean diferentes posiciones y orientaciones de una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300, el mecanismo de balanceo del hombro 202, el mecanismo de balanceo principal 204 y el mecanismo de cabeceo 206 pueden activarse

de manera que la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 pivote en los grados de libertad permitidos alrededor del Centro remoto 250.

5 La ubicación del Centro remoto 250 puede estar limitada por la anatomía del paciente. La flexibilidad del sistema quirúrgico hiperdiestro 100 permite ventajosamente la colocación eficaz de uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 y/o la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 en relación con el paciente, el uno o más operadores 1, tales como cirujanos, el uno o más asistentes, y/u otros objetos o componentes encontrados dentro del escenario quirúrgico.

10 La Figura 9 ilustra un brazo quirúrgico hiperdiestro 200 en una posición inicial, denominada en el presente documento una posición cero 246. Se muestra un ejemplo de una posición diana, la posición 248 de la punta de la herramienta diana. En este ejemplo, la posición 248 de la punta de la herramienta diana está directamente enfrente del mecanismo de balanceo principal 204 y es colineal con el eje de balanceo principal 240. Una forma de tratar de alcanzar la posición de la punta diana 248 es plegar el segmento de cabeceo 224 y el segmento de cabeceo 226 como se muestra en la Figura 10. Sin embargo, incluso después de plegar los segmentos de cabeceo 224, 226, la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 no puede alcanzar la posición 248 de la punta de la herramienta diana (véase la Figura 10). Esto puede ocurrir, por ejemplo, porque se encuentra el final del intervalo del movimiento de cabeceo.

20 El mecanismo de balanceo del hombro 202 proporciona el grado de libertad redundante que permite que el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 alcance la posición 248 de la punta de la herramienta diana, como se muestra en la Figura 11. El mecanismo de balanceo del hombro 202 es un mecanismo de balanceo redundante. El mecanismo de balanceo 202 proporciona el grado de libertad redundante en comparación con los sistemas robóticos del mercado. Si se observa el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 desde la posición 248 de la punta de la herramienta diana, el segmento de balanceo del hombro 220 se gira parcialmente a la derecha y el segmento de balanceo principal 222 se gira parcialmente a la izquierda, desde la posición cero 246, como se muestra en la Figura 9. Al girar el mecanismo de balanceo del hombro 202 y el mecanismo de balanceo principal 204, ahora se puede acceder a la posición 248 de la punta de la herramienta diana. Por lo tanto, se puede ver que un segundo mecanismo de balanceo, tal como el mecanismo de balanceo del hombro 202 mostrado en las Figuras 9-11, con un eje de rotación que se cruza con el eje de rotación de otro mecanismo de balanceo, aumenta la destreza del brazo quirúrgico hiperdiestro 200. El mecanismo de balanceo del hombro 202 tiene un eje de rotación 244 que se cruza con el eje de rotación 240 del mecanismo de balanceo principal 204, como se muestra en la Figura 8, aumentando así la maniobrabilidad y/o destreza del brazo quirúrgico hiperdiestro 200.

Singularidades, zonas muertas, espacio libre, holgura

35 El diseño del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 proporciona atributos significativos al sistema quirúrgico hiperdiestro 100. La ubicación del Centro de rotación 250 en relación con el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 permite que las zonas muertas se sitúen lejos del paciente. El pequeño tamaño del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 permite aumentar al máximo el espacio libre alrededor del paciente, lo que facilita el uso simultáneo de herramientas manuales y/o herramientas quirúrgicas hiperdiestras. El grado de libertad redundante proporcionado por el mecanismo de balanceo del hombro 202 puede aumentar el rendimiento del sistema en áreas tales como reducir el efecto de la holgura y mejorar el ancho de banda práctico del brazo quirúrgico hiperdiestro 200.

45 El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 puede evitar ventajosamente singularidades durante la operación. Una singularidad se define como la alineación colineal de dos o más ejes. Esta condición puede dar lugar a movimientos y velocidades impredecibles del brazo quirúrgico hiperdiestro 200. Cuando se alinean dos ejes, la rotación en torno a cualquiera de los ejes no es única. Dicho de otra forma, se pierde movimiento a lo largo de un grado de libertad.

50 Volviendo a la Figura 10, el segmento de cabeceo 224 y el segmento de cabeceo 226 están plegados uno con respecto al otro. En dichas posiciones, el eje de transmisión 252 de la herramienta y el eje de balanceo principal 240 tienen un ángulo agudo. Si el eje de transmisión 252 de la herramienta y el eje de balanceo principal 240 estuvieran alineados, entonces la rotación en torno al eje de balanceo principal 240 sería idéntica a la rotación en torno al eje de transmisión 252 de la herramienta. En dichas posiciones, el movimiento sobre cualquier eje confiere el mismo movimiento a la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. En dichas posiciones, el control del efector final 306 no es óptimo, porque se pierde un grado de libertad. La Figura 11 muestra que el mecanismo de balanceo del hombro 202 puede girar el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 de modo que el eje de transmisión 252 de la herramienta y el eje de balanceo principal 240 no estén alineados. El grado de libertad adicional ofrecido por el mecanismo de balanceo del hombro 202 evita que el sistema quirúrgico hiperdiestro 100 pierda un grado de libertad cuando los ejes se alineen, se alineen sustancialmente o estén casi alineados. De esta manera, el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 puede estar diseñado para evitar singularidades durante el funcionamiento del brazo quirúrgico hiperdiestro 200.

60 El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 puede ventajosamente reducir al mínimo una zona muerta. Una zona muerta se define como una o más regiones inaccesibles por la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. La zona muerta 254 se puede crear por la interferencia entre los componentes del brazo quirúrgico hiperdiestro 200. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 12, la zona muerta 254 se puede crear debido a la interferencia entre el extremo proximal de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y el mecanismo de balanceo del hombro 202. La zona muerta 254 que se muestra en la Figura 12 puede eliminarse haciendo que los segmentos de cabeceo 224, 226 y/o 227 tengan un tamaño,

una forma o un número de segmentos diferentes (por ejemplo, más largos para ajustarse en torno al extremo proximal de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300). Sin embargo, esto puede aumentar el tamaño y/o el peso del brazo quirúrgico hiperdiestro 200. La zona muerta 254 mostrada en la Figura 12 puede eliminarse haciendo que el extremo proximal de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 tenga un tamaño o una forma diferentes (por ejemplo, más corto para caber dentro del mecanismo de balanceo del hombro 202).

El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 puede estar diseñado para que se produzcan una o más zonas muertas 254 fuera del cuerpo del paciente 2, de manera que la zona muerta no limite la funcionalidad del brazo quirúrgico hiperdiestro 200. Por lo tanto, el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 puede colocar la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 en cualquier lugar dentro del espacio de trabajo, dentro del cuerpo del paciente.

En referencia a la Figura 12, el mecanismo de balanceo principal 204 se rota de manera que la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 ahora mira hacia arriba. El mecanismo de balanceo del hombro 202 interfiere o limita de otra manera el movimiento del extremo proximal de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 para crear una zona muerta 254. El área con trazado de trama que ilustra la zona muerta 254 muestra posiciones que la punta distal de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 no puede alcanzar debido a la obstrucción del extremo proximal de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 con el mecanismo de balanceo del hombro 202. La Figura 12 muestra el cuerpo del paciente 2. Como se muestra, la zona muerta 254 se coloca fuera y hacia arriba lejos del cuerpo del paciente 2. La incapacidad de la punta distal de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 para alcanzar puntos de dentro de la zona muerta 254 mostrada en la Figura 12 no afectará al uso de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 en los procedimientos quirúrgicos. La zona muerta 254 mostrada en la Figura 12 incluye posiciones en las que no se realiza cirugía.

Como se ha comentado anteriormente, se puede montar el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 (por ejemplo, a través del brazo de soporte 106, postes de montaje 104, etc.) para que la zona muerta se produzca fuera del cuerpo. En algunas realizaciones, el mecanismo de balanceo del hombro 202 puede estar ubicado debajo del Centro remoto 250 como se muestra en la Figura 7. En algunas realizaciones, el mecanismo de balanceo del hombro 202 está más cerca del dispositivo de fijación (por ejemplo, de la cama de hospital) en el que está montado el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 como se muestra en la Figura 12. Al orientar el mecanismo de balanceo del hombro 202 lo más bajo posible en relación con el Centro remoto 250, las zonas muertas 254 se sitúan ventajosamente hacia arriba y lejos del cuerpo del paciente 2. Volviendo a la Figura 6, el mecanismo de balanceo del hombro 202 está más cerca de la cama 102 o de la superficie horizontal sobre la que se encuentra el paciente 2. La capacidad de posicionar el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 mediante el posicionamiento del brazo de soporte 106, el poste de montaje 104, el elevador 120, el carro 130 y/o el adaptador 132 proporcionan ventajosamente flexibilidad adicional en la colocación de la zona muerta 254. En algunas realizaciones, el mecanismo de balanceo del hombro 202 puede estar ubicado sobre el Centro remoto 250 (por ejemplo, debido al montaje, el posicionamiento del paciente de lado).

En algunas realizaciones, el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 es de pequeño tamaño. El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 puede, en algunas realizaciones, pesar menos de 4,5 kg, menos de 3,6 kg, menos de 2,7 kg, menos de 1,8 kg, menos de 1,4 kg (menos de 10 libras, menos de 8 libras, menos de 6 libras, menos de 4 libras, menos de 3 libras). El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 puede tener menos de 61 cm de longitud, menos de 56 cm de longitud, menos de 51 cm de longitud, menos de 41 cm de longitud, menos de 35 cm de longitud, menos de 30 cm de longitud (menos de 24 pulgadas de longitud, menos de 22 pulgadas de longitud, menos de 20 pulgadas de longitud, menos de 16 pulgadas de longitud, menos de 14 pulgadas de longitud, menos de 12 pulgadas de longitud). En una realización, el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 puede ser compacto cuando está en una configuración plegada.

El pequeño tamaño del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 permite más espacio libre alrededor del paciente 2. El espacio libre permite al cirujano manejar una herramienta manual 350 desde distintas posiciones. El espacio libre permite al cirujano cambiar de posición en múltiples ubicaciones durante la cirugía. El espacio libre permite al operador usar herramientas manuales 350 simultáneamente con el uso del brazo quirúrgico hiperdiestro 200. El espacio libre permite un acceso físico más fácil al paciente cuando sea necesario.

De manera ventajosa, el operador 1 puede acceder al paciente para usar una herramienta manual 350 mientras usa simultáneamente el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 para controlar la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. El operador 1 puede preferir tener espacio libre para manejar las herramientas requeridas o moverse a una posición más óptima con respecto al paciente 2. El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 puede moverse a una posición diferente mientras se mantiene el Centro remoto 250. La posición diferente puede permitir un mayor acceso al paciente. El mecanismo de balanceo del hombro 202 proporciona la capacidad de mover el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 a diferentes posiciones mientras se mantiene el Centro remoto

La Figura 13A muestra una posición inicial del brazo quirúrgico hiperdiestro 200. La figura muestra la posición 248 de la punta de la herramienta diana de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. En la Figura 13B, la ubicación y la orientación de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 sigue siendo la misma. El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 ha adoptado una posición diferente. Si se observa el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 desde la posición 248 de la punta de la herramienta diana, el segmento de balanceo del hombro 220 se gira parcialmente a la izquierda y el segmento de balanceo principal 222 se gira parcialmente a la derecha desde la posición mostrada en la Figura 13A.

Así pues, junto con el mecanismo de rotación/traslación 206 que confiere traslación y rotación a lo largo del eje de transmisión 252 de la herramienta, la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 se puede mantener en la misma posición 248 de la punta de la herramienta diana con diferentes posturas del brazo quirúrgico hiperdiestro 200. El operador 1 puede colocar el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 en una posición óptima para un procedimiento, según sea necesario.

El mecanismo de balanceo del hombro 202 proporciona la capacidad de mover el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 a diferentes posiciones para evitar otras restricciones. Las restricciones pueden ser impuestas en un entorno quirúrgico por una variedad de factores. Estos factores incluyen el hábito corporal del paciente 2, las limitaciones de los objetos en el escenario quirúrgico basadas en dimensiones físicas y movilidad, y la presencia de otros instrumentos cerca o en el espacio de trabajo. El mecanismo de balanceo del hombro 202 puede ayudar a evitar estas restricciones. El brazo quirúrgico hiperdiestro 200 se puede colocar para reducir al mínimo o eliminar los efectos de las restricciones.

El grado de libertad redundante proporcionado por el mecanismo de balanceo del hombro 202 (en comparación con los sistemas del mercado) aumentará el rendimiento del sistema quirúrgico hiperdiestro 100 en áreas tales como reducir el efecto de la holgura y mejorar o aumentar el ancho de banda práctico del sistema. El ancho de banda es la capacidad de una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 para seguir fielmente el movimiento de un dispositivo de entrada 500. Los anchos de banda más altos pueden permitir que la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 acelere más rápido. Por ejemplo, en un sistema de bajo ancho de banda, si un operador 1 mueve el dispositivo de entrada 500 rápidamente o a una velocidad rápida, la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 no puede seguir el movimiento del dispositivo de entrada 500. La holgura es la cantidad de "juego" de un sistema mecánico.

En los sistemas que tienen un Centro remoto 250 fijo, el ancho de banda y la holgura, en general, son inversamente proporcionales. Por ejemplo, si el efector final 306 de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 está muy cerca del Centro remoto 250, el mecanismo de balanceo principal 204 y/o el mecanismo de balanceo del hombro 202 se mueve una gran cantidad para producir un pequeño movimiento del efector final 306. Este movimiento enfatiza las limitaciones del ancho de banda del brazo quirúrgico hiperdiestro 200, pero es favorable desde una perspectiva de holgura del accionador. En otro ejemplo, si el eje de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 se extiende lejos en el cuerpo del paciente 2 y lejos de cualquier singularidad, se aplica una mayor demanda en el mecanismo de balanceo principal 204 y/o el mecanismo de balanceo del hombro 202 para efectuar un cambio del efector final 306. El ancho de banda es apropiado, pero la holgura puede ser significativa. Los parámetros tales como el ancho de banda y la holgura pueden variar considerablemente de una región a otra dentro del espacio de trabajo.

Los puntos óptimos son regiones donde se controla el sistema quirúrgico hiperdiestro 100, y los parámetros tales como el ancho de banda y la holgura están dentro de los parámetros aceptables. Los factores que incluyen el ancho de banda, la holgura, las limitaciones mecánicas impuestas por el diseño del sistema, la ubicación de las singularidades (donde coinciden dos o más grados de libertad) pueden afectar al punto óptimo del sistema. Los diseñadores intentan que el punto óptimo defina una región lo más grande posible para realizar la tarea.

En algunas realizaciones, el ancho de banda y la holgura están optimizados para todas las regiones dentro del espacio de trabajo. El ancho de banda y la holgura no son óptimos alrededor de las singularidades. Por ejemplo, puede existir una singularidad cuando el eje de transmisión 252 de la herramienta se alinea con el eje del balanceo principal 240, como se muestra en la Figura 10. El efector final 306 puede ser más difícil de controlar. El mecanismo de balanceo del hombro 202 puede evitar singularidades al proporcionar un grado de libertad adicional. El mecanismo de balanceo del hombro 202 puede proporcionar posturas adicionales del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 y proporcionar formas adicionales de disponer segmentos del brazo quirúrgico hiperdiestro 200. El mecanismo de balanceo del hombro 202 puede proporcionar un área de trabajo mayor sobre la que el ancho de banda y la holgura se encuentran dentro de los parámetros aceptables.

Brazos alternativos

El brazo quirúrgico hiperdiestro puede tener muchas configuraciones. Las Figuras 14-16 muestran configuraciones alternativas del brazo quirúrgico hiperdiestro. El brazo quirúrgico hiperdiestro puede preservar un Centro remoto 250, como se describe en el presente documento. El brazo quirúrgico hiperdiestro puede incorporarse a los sistemas quirúrgicos hiperdiestros descritos en el presente documento. El brazo quirúrgico hiperdiestro puede ser controlado por los dispositivos de entrada 500 que permiten que el operador sea móvil.

La Figura 14 muestra una realización de un brazo quirúrgico hiperdiestro 2000. El brazo quirúrgico hiperdiestro 2000 puede incluir una base 2002 que incluye una primera corredera rodante 2004 y una segunda corredera rodante 2006. La primera corredera rodante 2004 puede ser ortogonal a la segunda corredera rodante 2006. La primera corredera rodante 2004 permite el movimiento en una primera dirección (por ejemplo, vertical). La segunda corredera rodante 2006 permite el movimiento en una segunda dirección (por ejemplo, horizontal). La corredera rodante 2004 puede posicionar un brazo de compensación 2008 a lo largo de la dirección de la Flecha 2010 y/o la corredera rodante 2006 puede posicionar el brazo de compensación a lo largo de la dirección de la Flecha 2012. La primera corredera rodante 2004 y/o la segunda corredera rodante pueden ser pasivas (por ejemplo, no motorizadas). La primera corredera rodante 2004 y/o la segunda corredera rodante pueden ser activas (por ejemplo, motorizadas).

- El brazo quirúrgico hiperdiestro 2000 incluye un brazo de compensación 2008. El brazo de compensación 2008 está compensado (por ejemplo, la estructura del brazo de compensación 2008 no es concéntrica ni simétrica respecto a su eje longitudinal). El brazo de compensación 2008 incluye dos grados de libertad (cabeceo y balanceo). El brazo de compensación 2008 puede incluir un mecanismo de cabeceo 2024 y un mecanismo de balanceo. El mecanismo de cabeceo 2024 tiene un eje de cabeceo. El brazo de compensación 2008 puede hacer girar un trocar 302 alrededor del eje de cabeceo, alrededor de la Flecha 2021. El mecanismo de balanceo tiene un eje de balanceo 2018. El brazo de compensación 2008 puede girar alrededor del eje de balanceo 2018 en la dirección de la Flecha 2020. El eje de cabeceo y el eje de balanceo se cruzan con el Centro remoto 250. La corredera rodante 2004 y la corredera rodante 2006 también permiten el movimiento solo sobre los ejes que pasan a través del Centro remoto.
- El extremo distal del brazo de compensación 2008 puede estar acoplado a un portador 2022 del trocar. En algunas realizaciones, el brazo de compensación 2008 está acoplado al portador 2022 del trocar mediante una corredera de arco. Una corredera de arco que tiene un radio circular mantendrá un centro de rotación fijo, tal como el Centro remoto 250. La forma del arco se puede modificar. En algunas realizaciones, la forma del arco es elíptica. Alternando la forma, la ubicación del Centro de rotación podría variar en la dirección vertical. En una realización, el mecanismo de cabeceo 2024 es proporcionado, al menos en parte, por la corredera rodante 2004 acoplada al portador 2022 del trocar.
- La corredera rodante 2024 puede extenderse hasta $\pm 90^\circ$ desde la vertical (incluyendo $\pm 15^\circ$, $\pm 30^\circ$, $\pm 45^\circ$, $\pm 60^\circ$, $\pm 75^\circ$, etc.) rodando entre el extremo distal del brazo quirúrgico hiperdiestro 2000 y el portador 2022 del trocar de una manera telescópica, curvada. Cuando la corredera rodante 2024 es vertical, la corredera rodante 2024 puede estar dentro del perfil del portador 2022 del trocar. Esto puede reducir al mínimo el volumen barrido, reduciendo así la interferencia con el tejido circundante, otro equipo y/o el personal de quirófano.
- El mecanismo de cabeceo 2024, el mecanismo de balanceo, la primera corredera rodante 2004 y la segunda corredera rodante 2006 pueden ser pasivos o activos. En algunas realizaciones, el movimiento del brazo quirúrgico hiperdiestro 2000 puede controlarse activamente y puede ser manejado por una fuente de energía (por ejemplo, motores tales como motores eléctricos, hidráulicos, neumáticos, etc. no mostrada).
- El brazo de compensación 2008 tiene dos grados de libertad (cabeceo y balanceo). La corredera rodante 2004 y la corredera rodante 2006 pueden proporcionar dos grados de libertad al proporcionar movimiento a lo largo de la Flecha 2010 y la Flecha 2012. El brazo quirúrgico hiperdiestro 2000 puede tener cuatro grados de libertad.
- La Figura 15 muestra una realización de un brazo quirúrgico hiperdiestro 2026. El brazo quirúrgico hiperdiestro 2026 puede incluir tres segmentos, el segmento 2028, el segmento 2030 y el segmento 2032. Los segmentos 2028, 2030 y 2032 están acoplados entre sí mediante un mecanismo de balanceo. En otras realizaciones, los segmentos 2028, 2030, 2032 están acoplados entre sí a través de otros mecanismos adecuados. Los tres mecanismos tienen ejes de rotación 2034, 2036, 2038. Estos ejes se cruzan en el Centro remoto 250. El tercer mecanismo de balanceo del brazo quirúrgico hiperdiestro 2026 proporciona un grado de libertad redundante.
- El extremo distal del brazo quirúrgico hiperdiestro 2026 puede estar acoplado a una herramienta quirúrgica hiperdiestra 2046 y/o un trocar 2048. El brazo quirúrgico hiperdiestro 2026 puede incluir un mecanismo de rotación/traslación 2044 que realice el movimiento traslación y de rotación de la herramienta 2046. La herramienta 2046 puede tener dos grados de libertad (cabeceo, guiñada). La combinación del brazo quirúrgico hiperdiestro 2026, el mecanismo de rotación/traslación 2044 y la herramienta quirúrgica hiperdiestra 2046 puede tener siete grados de libertad. La herramienta 2046 puede tener grados de libertad adicionales.
- La Figura 16 muestra una realización de un mecanismo de cabeceo alternativo. El brazo 2050 de la Figura 16 se puede combinar con un mecanismo adicional (por ejemplo, mecanismos de balanceo, mecanismos de cabeceo) para proporcionar un brazo quirúrgico hiperdiestro. El brazo 2050 puede preservar un Centro remoto 250. El brazo 2050 puede incluir un mecanismo de balanceo que gire alrededor del eje de balanceo 2058. La placa seguidora 2054 puede girar en torno al eje del balanceo 2058 y puede estar soportada por un rodamiento (no mostrado). El brazo 2050 puede montarse en otros mecanismos de manera que el brazo 2050 gire en torno al eje del balanceo 2058, soportado por el rodamiento (no mostrado) y accionado por un motor (no mostrado).
- El brazo 2050 puede proporcionar un mecanismo de cabeceo que gira en torno al eje de cabeceo. El mecanismo de cabeceo puede adoptar una serie de formas que incluyen cuatro enlaces de barra, mecanismos paralelos con restricción de banda o cable, o engranaje y leva. En la Figura 16, se muestra un mecanismo de engranajes y levas.
- La placa seguidora 2054 puede incluir una ranura perfilada 2056. La placa seguidora 2054 puede incluir un perfil de engranaje 2060 que puede conectarse a un seguidor de engranaje 2062. El perfil de engranaje 2060 puede ser no circular, y/o el seguidor de engranaje puede ser no circular. El seguidor de engranaje 2062 puede accionar un carrete de cable 2064 que puede accionar un cable 2066. El cable 2066 se puede acoplar al brazo 2051. El brazo 2051 puede incluir engranajes o poleas que interactúan con el cable 2066. El cable 2066 impulsa la rotación de la polea de salida 2068. La polea de salida 2068 puede estar cerca del extremo distal del brazo 2051 y puede estar acoplada al trocar 2070. El brazo 2051 puede deslizarse a través de un rodamiento lineal 2072. Los perfiles de la ranura perfilada 2056, el perfil de engranaje no circular 2060 y el seguidor de engranaje no circular 2062 pueden hacer que el trocar 2070

gire alrededor del eje de cabeceo. La forma del brazo 2051 puede ser recta o curvada como se muestra para la eliminación del tejido.

5 El brazo 2050 tiene un grado de libertad proporcionado por el mecanismo de cabeceo. El brazo 2050 puede tener un grado de libertad proporcionado por un mecanismo de balanceo (no mostrado), con un eje de balanceo 2058. Se pueden añadir grados de libertad redundantes adicionales al brazo 2050 para hacer del brazo 2050 un brazo quirúrgico hiperdiestro. La herramienta quirúrgica hiperdiestra (no mostrada) y el mecanismo de rotación/traslación pueden proporcionar cuatro grados de libertad, para un total de seis grados de libertad.

10 El mecanismo de cabeceo y el mecanismo de balanceo pueden ser pasivos o activos. En algunas realizaciones, el movimiento del brazo 2050 puede controlarse activamente y puede ser manejado por una fuente de energía (por ejemplo, motores tales como motores eléctricos, hidráulicos, neumáticos, etc. no mostrada). El operador 1 puede montar el brazo 2050 para establecer el Centro de rotación 250.

15 Herramienta quirúrgica hiperdiestra

La herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y el mecanismo de rotación/traslación 208 proporcionan cuatro grados de libertad para el sistema quirúrgico hiperdiestro 100. El mecanismo de rotación/traslación 208 puede realizar el movimiento tanto de rotación como de traslación de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. El menor tamaño del mecanismo 208 de rotación/traslación permite ventajosamente que el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 sea de menor tamaño, como se ha analizado previamente. El tamaño pequeño del mecanismo de rotación/traslación 208 permite que el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 sea más pequeño y liviano, lo que, entre otras cosas, permite más espacio libre alrededor del paciente 2.

25 La herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 puede ser sometida a rotación y/o traslación mediante un mecanismo de rotación/traslación 208. El mecanismo de rotación/traslación 208 hace girar la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 junto con el mecanismo de rotación/traslación 208. El mecanismo de rotación/traslación 208 traslada la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. El mecanismo de rotación/traslación 208 puede proporcionar cualquier combinación de traslación y/o rotación. El mecanismo de rotación/traslación 208 puede alojar ventajosamente ejes de transmisión de la herramienta de diferentes diámetros. El mecanismo de rotación/traslación 208 aloja ejes de transmisión de herramientas de cualquier longitud. Los mecanismos que interactúan con el eje de la herramienta como se describe en las Figuras 17-22 no se limitan a un número específico de rotaciones. Por lo tanto, el mecanismo puede alojar un eje de la herramienta de cualquier longitud, lo que es una ventaja frente a los mecanismos de traslación existentes del mercado, que usan segmentos telescópicos que tienen un alcance inherentemente limitado. El tamaño compacto del mecanismo de rotación/traslación 208 puede ser más ligero, permitiendo el uso de un brazo quirúrgico hiperdiestro más pequeño.

40 El efector final proporciona dos grados de libertad (cabeceo, guiñada) y puede proporcionar grados de libertad adicionales (accionamiento de mordaza, pellizco). Volviendo a la Figura 10, la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 incluye el efector final 306, por ejemplo, un dispositivo de aprehensión, un porta agujas, una grapadora, una herramienta de cauterización, desplegado en la punta de un eje alargado. La herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 se puede introducir a través de una pequeña incisión en el cuerpo (por ejemplo, del paciente 2).

45 La Figura 7 muestra el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 y el mecanismo de rotación/traslación 208. El mecanismo de rotación/traslación 208 proporciona dos grados de libertad al sistema quirúrgico hiperdiestro 100 (rotación, traslación). Entre los grados de libertad conferidos por el mecanismo de rotación/traslación se encuentran la rotación de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 en torno al eje de transmisión 252 de la herramienta y la traslación lineal de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 a lo largo del eje de transmisión 252 de la herramienta (véase la Figura 10). La herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 se puede someter a un movimiento de rotación o de traslación sin mover el Centro remoto 250. El mecanismo de rotación/traslación 208 confiere rotación y/o traslación directamente sobre la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 que está soportada por el brazo quirúrgico hiperdiestro 200.

55 La rotación del mecanismo de rotación/traslación 208 se transforma en la rotación de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. La traslación del mecanismo de rotación/traslación 208 se transforma en la traslación de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. La dirección y la velocidad de las poleas, las ruedas dentadas u otros mecanismos de conexión del mecanismo de rotación/traslación 208 dan lugar a diferentes tipos de movimiento de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300.

60 El menor tamaño del mecanismo 208 de rotación/traslación puede garantizar que el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 pueda ser de menor tamaño. El menor tamaño puede reducir las posibilidades de colisión con otros componentes del sistema quirúrgico hiperdiestro 100 (por ejemplo, otros brazos quirúrgicos hiperdiestros 200, otros segmentos). El menor tamaño de la sección proximal de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 puede garantizar que la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 encuentre menos restricciones de movimiento. El menor peso de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 permite el uso de mecanismos de accionamiento, tales como motores, que son menos voluminosos. Además, se puede reducir la necesidad de motores grandes y potentes.

65

El pequeño tamaño del mecanismo de rotación/traslación 208 permite un mayor espacio libre alrededor del paciente 2. El espacio libre permite al cirujano manejar una herramienta manual 350 simultáneamente con la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 desde diferentes posiciones. El espacio libre permite al cirujano cambiar de posición en múltiples ubicaciones durante la cirugía. El espacio libre permite al operador usar herramientas manuales 350
 5 simultáneamente con el uso del brazo quirúrgico hiperdiestro 200. El espacio libre permite un acceso físico más fácil al paciente cuando sea necesario.

Debido al menor espacio ocupado por el sistema quirúrgico hiperdiestro 100, el operador 1, tal como un cirujano o un miembro del equipo quirúrgico, puede permitir ventajosamente más espacio libre alrededor del paciente. El espacio
 10 libre permite al operador 1 acceder fácilmente al paciente.

Las Figuras 17-22 ilustran una realización del mecanismo de rotación/traslación 208. A continuación, se analizarán dos tipos diferentes de mecanismos de rotación/traslación 208: el mecanismo asimétrico de rotación/traslación 258 y un mecanismo simétrico de rotación/traslación 2500. También puede haber otros tipos de mecanismos de rotación/traslación
 15 208. El mecanismo de rotación/traslación 258, 2500 puede usar rodillos, engranajes, poleas, superficies de fricción, etc. en configuraciones diferenciales simétricas o asimétricas. También se puede combinar con la herramienta quirúrgica hiperdiestra para reducir al mínimo el número de partes diferenciadas del sistema y aumentar la facilidad de uso y de configuración. El mecanismo asimétrico de rotación/traslación 258 puede incluir al menos dos poleas, una polea 260 y una polea 262. El mecanismo asimétrico de rotación/traslación 258 tiene un alojamiento central 264 ubicado a través de los centros de las poleas 260, 262. La polea 260 puede estar acoplada al alojamiento central 264. La polea 262 puede girar en torno al alojamiento central 264. Las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 pueden insertarse a través del alojamiento central 264.

La polea 260 puede incluir al menos dos rodillos, un rodillo 266 y un rodillo 268. Haciendo ahora referencia a la Figura 18, el rodillo 266 tiene una rueda 270 de rodillo y un tambor 272 de rodillo. El rodillo 268 tiene una rueda 274 de rodillo y un tambor 276 de rodillo. El diámetro de los tambores 272, 276 de rodillo puede ser menor que el de la rueda 270, 274 de rodillo. La rueda 270 de rodillo tiene una superficie cóncava 278 y la rueda 274 de rodillo tiene una superficie cóncava 280. Las superficies cóncavas 278, 280 pueden ajustarse a la forma de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y facilitar la capacidad de los rodillos 266, 268 de agarrar o conectarse a la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 a través de ranuras situadas en el alojamiento central 264. Aunque se muestra que la rueda 270 de rodillo y la rueda 274 de rodillo tienen superficies cóncavas, se pueden utilizar otras superficies diferentes para conectarse a la superficie del eje de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300, incluyendo, pero sin limitación, superficies texturizadas, dientes de engranajes y cinturones.

La polea 260 incluye al menos dos rodillos adicionales, un rodillo 282 y un rodillo 284. Los rodillos 282, 284 están unidos a la parte inferior de la polea 260. La Figura 17 muestra el rodillo 282 unido a la parte inferior de la polea 260.

El proceso de traslación de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 se muestra en las Figuras 19 y 20. Como se muestra en la Figura 19, un motor 286 acciona la polea 260 y un motor 288 acciona la polea 262. Como se ha mencionado previamente, la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 se puede insertar a través del alojamiento central 264. Si el motor 288 se acciona de manera que la polea 262 gira en la dirección de la Flecha 1, el rodillo 282 girará en la dirección de la Flecha 2. Volviendo a la Figura 20, que es la vista superior que ilustra el mismo movimiento que se muestra en la Figura 19, se muestra el rodillo 282 girando en la dirección de la Flecha 2.

El rodillo 284 no se muestra en la Figura 19. Volviendo a la Figura 20, que es la vista superior que ilustra el mismo movimiento que se muestra en la Figura 19; se muestra el rodillo 284 girando en la dirección de la Flecha 3. La rotación de los rodillos 282, 284 hará que giren el tambor 272 de rodillo y el tambor 276 de rodillo. La rotación de los tambores 272, 276 de rodillo hará que giren la rueda 270 de rodillo y la rueda 274 de rodillo. La rotación del rodillo 266, incluyendo la rueda 270 de rodillo y el tambor 272 de rodillo, se muestra con la Flecha 4. La rotación del rodillo 268, incluyendo la rueda 274 de rodillo y el tambor 276 de rodillo, se muestra con la Flecha 5.

La rotación de la rueda 270 de rodillo del rodillo 266 y la rotación de la rueda 274 de rodillo del rodillo 268 hace que la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 insertada en el alojamiento central 264 realice el movimiento de traslación. Sin embargo, se debe permitir que la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 se desacople del alojamiento central 264 para permitir el uso de una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 diferente. La herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 realiza la traslación en la dirección de la Flecha 6, como se muestra en la Figura 19. La Flecha 6 no se muestra en la Figura 20, ya que sería perpendicular, fuera del plano del dibujo. Para someter a la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 a traslación en dirección descendente, el motor 288 simplemente gira en la dirección inversa, inversa a la Flecha 1. Esto hace que los movimientos de los rodillos 266, 268, incluyendo las ruedas 270, 274 de rodillo y los tambores 272, 276 de rodillo, giren a la inversa. Esto hace que la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 realice la traslación en la dirección opuesta a la dirección mostrada en las Figuras 19 y 20.

El proceso de rotación de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 se muestra en las Figuras 21 y 22. En la Figura 21, la polea 260 y la polea 262 son giradas por el motor 286 y el motor 288, respectivamente. Ambas poleas 260, 262 giran en la misma dirección, mostrada por la Flecha 7. Debido al movimiento de ambos motores 286, 288, el rodillo 282 no girará en la dirección de la Flecha 2, como se muestra en las Figuras 19 y 20. Debido al movimiento de ambos

- 5 motores 286, 288, el rodillo 284 no girará en la dirección de la Flecha 3, como se muestra en la Figura 20. Cuando ambas poleas 260, 262 giran en la misma dirección, los rodillos 282 y 284 no giran en torno a sus propios ejes de rotación 290, 292. Posteriormente, los rodillos 266 y 268 no giran en torno a sus propios ejes de rotación 294, 296, como se muestra en la Figura 20. Los rodillos 266, 268, 282, 284 giran con la polea 260, como se muestra con la Flecha 8 en la Figura 22. La polea 260 gira alrededor del alojamiento central 264. A medida que gira la polea 260, la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 gira como muestra la Flecha 9. Para girar en la otra dirección, los motores simplemente giran en sentido inverso, inverso a la Flecha 7 mostrada en la Figura 21.
- 10 La rotación/traslación 258 usa mecanismos de conexión tales como rodillos y ruedas de fricción. Además o como alternativa, se pueden usar otros tipos de mecanismos de conexión, incluyendo engranajes, correas, engranajes biselados y cables.
- 15 Las Figuras 23-27 ilustran otra realización de un mecanismo de rotación/traslación 2500. Este mecanismo pertenece a la categoría de mecanismos simétricos de rotación/traslación y mecanismos diferenciales de rotación/traslación. El mecanismo simétrico de rotación/traslación 2500 puede incluir un engranaje biselado 2504 y un engranaje biselado 2506. En la Figura 23, el alojamiento central 2502 es básicamente perpendicular a los engranajes biselados 2504, 2506. Los engranajes biselados 2504, 2506 incluyen dientes, que se muestran en la Figura 24.
- 20 El motor 2508 (por ejemplo, motor eléctrico) incluye el engranaje 2510 del motor. El motor 2508 y el engranaje 2510 del motor accionan el engranaje biselado 2504. El engranaje biselado 2504 acciona un engranaje biselado de inserción 2512. El engranaje de inserción 2512 y el engranaje de inserción 2526 están conectados al alojamiento central 2502, pero pueden girar en torno a sus propios ejes de rotación centrales. El engranaje biselado de inserción 2512 está acoplado al alojamiento central 2502. El engranaje biselado de inserción 2512 gira en torno al eje 2514. El eje 2514 está acoplado a un engranaje secundario 2516. El engranaje secundario 2516 interactúa con un engranaje recto 2518. El engranaje recto 2518 está conectado a un rodillo 2520.
- 30 El motor 2522 (por ejemplo, motor eléctrico) incluye el engranaje 2524 del motor. El motor 2522 y el engranaje 2524 del motor accionan el engranaje biselado 2506. El engranaje biselado 2506 acciona un engranaje biselado de inserción 2526. El engranaje biselado de inserción 2526 está acoplado al alojamiento central 2502. El engranaje biselado de inserción 2526 gira en torno al eje 2528. El eje 2528 está acoplado a un engranaje secundario 2530. El engranaje secundario 2530 interactúa con un engranaje recto 2532. El engranaje recto 2532 está conectado con un rodillo 2536.
- 35 La Figura 24 muestra los rodillos 2520, 2536 y los engranajes biselados 2504, 2506. El mecanismo simétrico de rotación/traslación 2500 incluye una correa de transmisión lineal 2538 acoplada al rodillo 2520 y una correa de transmisión lineal 2540 acoplada al rodillo 2536. El rodillo 2520 está situado entre la correa de transmisión lineal 2538 y el alojamiento central 2502, de modo que la correa de transmisión lineal 2538 se enrolla parcialmente alrededor del rodillo 2520. El rodillo 2536 está situado entre la correa de transmisión lineal 2540 y el alojamiento central 2502, de modo que la correa de transmisión lineal 2540 se enrolla parcialmente alrededor del rodillo 2536. La correa de transmisión lineal 2538 y la correa de transmisión lineal 2540 pueden extenderse al menos parcialmente a lo largo de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y están acopladas al eje de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300.
- 40 El proceso de traslación de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 se muestra en las Figuras 25 y 26. El motor 2522 gira como se muestra en la dirección de la Flecha 1. Esto hace que el engranaje biselado 2506 gire en la dirección de la Flecha 2. El engranaje biselado 2506 hace que el engranaje biselado de inserción 2526 gire en la dirección de la Flecha 3. La rotación del engranaje biselado de inserción 2526 hace que el engranaje secundario 2530 gire en la misma dirección que la Flecha 4. La rotación del engranaje secundario 2530 hace que el engranaje recto 2532 gire en la dirección de la Flecha 5. La rotación del engranaje recto 2532 hace que el rodillo 2536 gire en la dirección de la Flecha 6. Haciendo ahora referencia a la Figura 26, el rodillo 2536 gira en la dirección de la Flecha 6.
- 45 El motor 2508 gira como se muestra en la dirección de la Flecha 7. Esto hace que el engranaje biselado 2504 gire en la dirección de la Flecha 8. El engranaje biselado 2504 hace que el engranaje biselado de inserción 2512 gire en la dirección de la Flecha 9. La rotación del engranaje biselado de inserción 2512 hace que el engranaje secundario 2516 gire en la dirección de la Flecha 10. La rotación del engranaje secundario 2516 hace que el engranaje recto 2518 gire en la dirección de la Flecha 11. La rotación del engranaje recto 2518 hace que el rodillo 2520 gire en la dirección de la Flecha 12. Haciendo ahora referencia a la Figura 26, el rodillo 2520 gira en la dirección de la Flecha 12. Los rodillos 2520 se conectan a lados opuestos de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300, como se muestra en la Figura 26. En las Figuras 23 y 25, el rodillo 2520 está detrás del alojamiento central 2502 y de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y, por lo tanto, se muestra en líneas discontinuas.
- 50 La rotación de los rodillos 2520, 2536 producirá la traslación lineal de las unidades de correa lineales 2538, 2540 en la dirección indicada por la Flecha 13 y la Flecha 14 en la Figura 26. El movimiento de las unidades de correa lineales 2538, 2540 provoca la traslación lineal de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. Las unidades de correa lineales 2538, 2540 están acopladas al eje de la herramienta de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300, y la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 realiza la traslación a través del alojamiento central 2502. Una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 insertada en el alojamiento central 2502 realizaría la traslación en la dirección de la Flecha 13 y la Flecha 14. Para mover la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 en dirección ascendente, los motores 2508, 2522
- 60
- 65

simplemente girarían en la dirección opuesta, una dirección opuesta a la Flecha 1 y la Flecha 7 en la Figura 25.

El proceso de rotación de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 se muestra en las Figuras 27 y 28. Los motores, engranajes de motor, engranajes secundarios, engranajes rectos y rodillos de debajo de la unidad de correa lineal no se muestran. Además, tampoco se muestran los dientes para los engranajes biselados ni los engranajes de inserción. En la Figura 27, los engranajes biselados 2504, 2506 son girados por los motores (no mostrados). Ambos engranajes biselados 2504, 2506 son girados en la misma dirección, mostrada por la Flecha 15. Debido al movimiento de ambos motores, los engranajes biselados de inserción 2512, 2526 no girarán en la dirección de las Flechas 3 y 9, como se muestra en la Figura 22.

Debido al movimiento de ambos motores, Los rodillos 2520, 2536 giran con los engranajes biselados 2504, 2506, como se muestra con la Flecha 16 en la Figura 27. La rotación de ambos engranajes biselados 2504, 2506 en la misma dirección hace que el alojamiento central 2502 y la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 capturada giren todos a la misma velocidad. A medida que se giran los engranajes biselados 2504, 2506, la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 gira como muestra la Flecha 16. Para girar en la otra dirección, los motores simplemente giran en sentido inverso.

Debido al movimiento de ambos motores 2508, 2522, los engranajes biselados de inserción 2512, 2526 giran con los engranajes biselados 2504, 2506. Los engranajes biselados de inserción 2512, 2526 están acoplados al alojamiento central 2502. La rotación de los engranajes biselados 2504, 2506 y los engranajes biselados de inserción 2512, 2526 en la misma dirección hace que el alojamiento central 2502 y la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 capturada giren todos a la misma velocidad. Los mecanismos de conexión tales como engranajes, correas y engranajes biselados se pueden utilizar en el mecanismo de rotación/traslación 208. Además o como alternativa, en otras realizaciones, se pueden utilizar otros tipos de mecanismos de conexión, tales como rodillos, rodamientos y cables.

La Figura 28 ilustra una realización alternativa de las unidades lineales de correa 2538, 2540 y de los rodillos 2520, 2536 de las Figuras 23-27. La realización incluye unidades de correa continuas 2546, 2548 de menor tamaño. La unidad de correa 2546 rodea dos rodillos 2550, 2552. La unidad de correa 2548 rodea dos rodillos 2556, 2558. Los dientes 2560, 2562 para las unidades de correa 2546, 2548 se encuentran en la superficie exterior de las unidades de correa 2546, 2548. Los dientes 2560, 2562 para las unidades de correa 2546, 2548 se conectan a los dientes 2564, 2566 sobre la superficie exterior del alojamiento central 2502 o directamente sobre el eje de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. Aunque las unidades de correa se usan para conectarse al alojamiento central 2502 o al eje de la herramienta de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 en la realización ilustrada, se pueden utilizar otros mecanismos adecuados diferentes para conectarse al alojamiento central 2502 o al eje de la herramienta de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300.

El mecanismo de rotación/traslación 208 puede proporcionar cualquier combinación de traslación o rotación. Volviendo a la Figura 23, se supone que la rotación a la izquierda del motor 2508 y la rotación a la izquierda del motor 2522 tienen asignadas una dirección "+", y la rotación a la derecha de los motores 2508 y 2522 tiene asignada una dirección "-". Además, se supone que una unidad de traslación del alojamiento central 2502 o del eje de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 en la dirección descendente se denomina "T+" y una unidad de rotación a la derecha del alojamiento central 2502 se denomina "R+". Esta nomenclatura puede invertirse sin cambiar el concepto. Cabe señalar además que una unidad de traslación puede no corresponder a unidades integrales de distancia, tales como 1 cm. De manera similar, una unidad de rotación puede no corresponder a una rotación completa del alojamiento central 2502. La conversión de estas unidades a la distancia o a los grados reales depende de la relación de transmisión seleccionada.

Se supone que una unidad de rotación del motor 2508 o "MA+" produce una unidad de traslación en la dirección positiva y una unidad de rotación del alojamiento central 2502 en la dirección positiva. Por lo tanto:

$$MA_+ = T_+ + R_+ \quad \text{Ec. 1}$$

De manera similar, una unidad de rotación del motor 2522 o MB+ produce una unidad de traslación en la dirección positiva y una unidad de rotación del alojamiento central 2502 en la dirección negativa. Por lo tanto:

$$MB_+ = T_+ + R_- \quad \text{Ec. 2}$$

Por ejemplo, para obtener dos unidades de traslación en la dirección positiva:

$$MA_+ + MB_+ = 2T_+ \quad \text{Ec. 3}$$

Para obtener una unidad de rotación en la dirección negativa

$$1/2MA_+ + 1/2MB_+ = R_- \quad \text{Ec. 4}$$

Por lo tanto, se puede obtener cualquier combinación de traslación y/o rotación combinando los movimientos de los motores 2508, 2522, incluyendo la combinación en la que un motor no se mueve. En algunas realizaciones, se puede variar la velocidad de traslación y rotación usando los mismos conceptos. La velocidad de los motores 2508, 2522

puede establecerse como un valor predeterminado. En algunas realizaciones, a través de la pantalla 600, un operador 1 (por ejemplo, un cirujano) puede desear escoger una configuración más lenta, más sensible, mientras que otro operador puede preferir una configuración menos sensible. Esto es análogo a una configuración de la sensibilidad de un ratón de ordenador donde la respuesta del puntero en la pantalla puede seguir la configuración del usuario en función de las configuraciones preferidas.

En algunas realizaciones, la unidad de traslación y la unidad de rotación pueden corresponder a distancias reales y a grados reales de rotaciones. Los valores de conversión pueden determinarse durante la etapa de diseño del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 o pueden determinarse mediante un procedimiento de calibración. Los valores de conversión pueden almacenarse en la memoria dentro del sistema de control 400. Debido al juego en los componentes y otros factores, cada motor 2508, 2522 puede no dar lugar exactamente a la misma cantidad de traslación y rotación. En este caso, estas diferencias pueden explicarse por el sistema de control 400 y en las ecuaciones descritas anteriormente.

El mecanismo de rotación/traslación 208 puede alojar ventajosamente ejes de transmisión de la herramienta de diferentes diámetros. Las Figuras 29-31 muestran un ajustador de la anchura 2600 acoplado al mecanismo asimétrico de rotación/traslación 258, como se describe en el presente documento. El ajustador de la anchura 2600 se puede acoplar al mecanismo simétrico de rotación/traslación 2500. La Figura 29 muestra una vista lateral del ajustador de la anchura 2600, acoplado al alojamiento central 264. El ajustador de la anchura 2600 puede moverse hacia arriba y hacia abajo a lo largo del alojamiento central 264. El ajustador de la anchura puede tener una pluralidad de enlaces 2602A, 2602B, 2602C (no mostrado), 2602D (no mostrado) unido a los rodillos 266, 268 y 282. Se puede unir un enlace al rodillo 284 (no mostrado). Los enlaces 2602A, 2602B pueden estar dispuestos en forma triangular. Los enlaces 2602A conectan el ajustador de la anchura 2600 al rodillo 266 y al rodillo 282 en una forma básicamente triangular. Los enlaces 2602B conectan el ajustador de la anchura 2600 al rodillo 268 y al rodillo 282 en una forma básicamente triangular. Los enlaces 2602C conectan el ajustador de la anchura 2600 al rodillo 266 y al rodillo 284 en una forma básicamente triangular (no mostrado). Los enlaces 2602D conectan el ajustador de la anchura 2600 al rodillo 268 y al rodillo 284 en una forma básicamente triangular (no mostrado). La forma triangular es un ejemplo de formas que se pueden implementar, y son posibles otras formas. Los enlaces 2602 pueden ser piezas sólidas.

Los enlaces 2602 pivotan alrededor del eje de rotación de los rodillos 282 y 284. Los enlaces 2602 pueden ajustar la posición de los centros de los rodillos 266 y 268. Los rodillos 266, 268 tienen ejes que se extienden a lo largo de su eje de rotación 294, 296. Los ejes de los rodillos 266 y 268 están acoplados a los enlaces 2602.

El ajustador de la anchura 2600 puede realizar la traslación a lo largo del eje del alojamiento central 264. Cuando el ajustador de la anchura 2600 se mueve hacia abajo, los enlaces 2602 pivotan para adoptar una nueva posición. Los enlaces giran alrededor de los ejes 290, 292 de los rodillos 282, 284. En esta nueva posición de los enlaces 2602, los rodillos 266, 268 adoptan una nueva posición, como se muestra en la Figura 31. La nueva posición de los rodillos 266', 268' permite insertar una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 de un diámetro mayor en el alojamiento central 264. Como se muestra en las Figuras 30-31, la posición anterior de los rodillos 266, 268 se muestra en líneas discontinuas, mientras que la nueva posición de los rodillos 266', 268' se muestra en líneas continuas. Hay más espacio entre el rodillo en la nueva posición 266' y 268'.

En otro ejemplo, en los pacientes obesos, el manejo de las herramientas se vuelve difícil debido al hábito corporal; en estos casos, los brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 pueden soportar una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 más grande o más larga. El ajustador de la anchura 2600 permite usar herramientas de mayor diámetro. El mecanismo de rotación/traslación 208 permite el uso de herramientas más largas.

En otro aspecto de la divulgación, suele ser deseable saber hasta qué punto se inserta una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 en el cuerpo de un paciente 2. En un entorno quirúrgico, la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 se inserta en el cuerpo del paciente 2, tal como el abdomen del paciente 2. Puede ser ventajoso saber cuánto de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 está dentro del cuerpo del paciente 2 y/o saber cuánto de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 está fuera del cuerpo. Esta distancia puede determinarse controlando y calculando parámetros eléctricos tales como la resistencia o la capacitancia de la sección de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 que está fuera del cuerpo del paciente 2.

En el punto de entrada, se establece un contacto entre el cuerpo del paciente 2 y la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. Se puede completar un circuito eléctrico entre un punto de ajuste sobre la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 fuera del paciente y el punto de contacto sobre la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 en el punto de entrada. A medida que se va manejando la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300, los parámetros eléctricos tales como la resistencia o la capacitancia entre el punto de ajuste y el punto de contacto pueden cambiar. Este cambio se puede controlar y procesar en mayor detalle (por ejemplo, mediante el sistema de control 400) para calcular la proporción de la herramienta de fuera del paciente 2 con respecto a la proporción de la herramienta de dentro del paciente 2.

Dispositivos de entrada

Los dispositivos de entrada 500 controlan el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 y/o las herramientas quirúrgicas

hiperdiestras 300. Los dispositivos de entrada 500 pueden ser inalámbricos y/o portátiles, permitiendo que el operador se mueva alrededor del paciente 2. Los dispositivos de entrada 500 permiten al operador estar en diferentes ubicaciones dentro del escenario quirúrgico (por ejemplo, en diferentes ubicaciones junto a la cama del paciente). Los dispositivos de entrada 500 permiten al operador controlar las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 y la herramienta manual 350 simultáneamente. El manejo simultáneo de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y las herramientas manuales 350 reduce ventajosamente la necesidad de que un asistente quirúrgico maneje las herramientas manuales 350 mientras el operador controla la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. El dispositivo de entrada 500 puede adoptar una serie de formas que incluyen la pinza 502 (véase Fig. 32A) y el controlador 514 (véase la Fig. 2).

Los dispositivos de entrada 500 pueden ser inalámbricos o alámbricos. En algunas realizaciones, los dispositivos de entrada 500 son dispositivos portátiles manuales que pueden ser transportados por el operador permitiendo que el operador se mueva alrededor del paciente 2 y maneje los dispositivos de entrada 500 desde diferentes ubicaciones (por ejemplo, diferentes ubicaciones junto a la cama) durante el uso del sistema quirúrgico hiperdiestro 100. Por lo tanto, el operador 1 puede moverse alrededor del escenario quirúrgico y controlar el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 desde diferentes ubicaciones, como se ilustra en las Fig. 3A-3C.

En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada 500 se puede acoplar al cuerpo del operador 1. La Figura 32A muestra la pinza 502. La pinza 502 puede ayudar al operador 1 a controlar una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 de manera constante sujetando la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 con el pulgar y el índice. La pinza 502 puede ayudar al operador 1 a controlar una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 en un punto de control tal como la punta de la herramienta.

El operador 1, tal como un cirujano, lleva los dos anillos 504, 506 de la pinza 502. Se puede colocar un anillo 504 alrededor del pulgar del operador 1 y se puede colocar un anillo 506 alrededor del dedo índice del operador 1. Sin embargo, los anillos 504, 506 se pueden usar en otros dedos según la configuración de las pinzas. Puede haber una asociación con el movimiento del dispositivo de entrada 502 y el movimiento de una punta de herramienta o el efector final 306.

La pinza 502 puede tener diferentes sensores 508, tales como sensores de posición y giroscopios. Los sensores 510 adicionales, tales como los sensores de deformación, también pueden medir la distancia entre los dos brazos de la pinza 502. Los sensores 508, 510 pueden proporcionar información relacionada con la posición y la orientación de la pinza 502 al sistema de control 400. La información de estos sensores 508, 510 sirve como entradas para los algoritmos de control, de manera que el movimiento de la mano, de la muñeca y de los dedos del operador 1 puede traducirse al movimiento del punto de control. Los movimientos del dispositivo de entrada 502 pueden controlar los movimientos del brazo quirúrgico hiperdiestro 200, de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y/o del efector final 306 de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300, tal como un dispositivo de agarre. En una realización, la pinza 502 puede incluir una fuente de energía tal como una pila de botón (no mostrada).

En algunas realizaciones, se puede proporcionar un segundo par de anillos. El segundo par de anillos se puede usar en otros dedos de la misma mano. El operador 1 puede usar el segundo par de anillos alrededor de otros dedos para que se puedan traducir distintos movimientos de la mano a comandos específicos. El segundo par de anillos se puede usar en diferentes dedos de la misma mano que controla la pinza 502. Un anillo del segundo par de anillos se puede colocar alrededor del pulgar del operador 1 y un anillo del segundo par de anillos se puede colocar alrededor del último dedo del operador 1. Como un ejemplo no limitante, el primer par de anillos 504, 506 de la primera pinza 502 puede controlar una primera herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y el segundo par de anillos puede controlar una segunda herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. Como un ejemplo no limitante, el primer par de anillos 504, 506 de la primera pinza 502 y el segundo par de anillos pueden controlar la misma herramienta quirúrgica hiperdiestra 300.

En algunas realizaciones, se puede poner el segundo par de anillos y/o una segunda pinza 502 en la otra mano. El segundo par de anillos y/o una segunda pinza 502 se pueden poner en una mano del operador 1 diferente a la mano que controla la primera pinza 502. Como un ejemplo no limitante, el primer par de anillos 504, 506 de la primera pinza 502 puede controlar una primera herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y el segundo par de anillos y/o la segunda pinza 502 puede controlar una segunda herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. Como un ejemplo no limitante, el primer par de anillos 504, 506 de la primera pinza 502 y el segundo par de anillos y/o la segunda pinza 502 pueden controlar la misma herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 (por ejemplo, en diferentes puntos de control).

El movimiento de la pinza 502 que se describe en el presente documento puede producir el movimiento de cualquier punto de control. El punto de control puede controlar el efector final (por ejemplo, un movimiento del dispositivo de agarre). Sin embargo, los dispositivos de entrada 500 no solo necesitan controlar el efector final 306 o la punta de una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. Los dispositivos de entrada 500 pueden controlar cualquier parte de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 al asignar un punto de control a cualquier ubicación a lo largo de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 (por ejemplo, a través de la pantalla 600). El punto de control puede considerarse una ubicación hipotética desde la que el operador 1 está controlando la herramienta (por ejemplo, un fulcro). El punto de control se puede crear en cualquier lugar a lo largo de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300, del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 o de cualquier componente del sistema quirúrgico hiperdiestro 100.

En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada 500 es sujetado por el operador 1. La Figura 32B muestra otra realización de un dispositivo de entrada 500. En la realización ilustrada, el dispositivo de entrada 500 puede ser una perilla 503. El operador 1, tal como un cirujano, puede sujetar la perilla 503 con uno o más dedos de una mano. La perilla 503 puede tener uno o más botones 505. Se puede mover o accionar un punto de control de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 cuando el operador aprieta al menos uno de los uno o más botones 505.

En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada 500 está fijo en relación con el operador 1. En la Figura 2, se muestra una realización. El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede incluir una plataforma 602. El dispositivo de entrada 500 se puede acoplar a la plataforma 602. El dispositivo de entrada 500 se puede acoplar a cualquier dispositivo de fijación dentro del escenario quirúrgico. El dispositivo de entrada 500 puede adoptar la forma de un controlador 514. El controlador 514 puede ser alámbrico o inalámbrico. El subsistema 605 de interfaz de usuario permite un operador 1, tal como un cirujano, controlar el controlador alámbrico 514 cerca de la pantalla 600, como se muestra en la Figura 2. El controlador alámbrico 514 puede ubicarse debajo de esta pantalla 600. La plataforma 602 también puede incluir una barra de reposo horizontal 603.

Por ejemplo, si el operador 1, en el transcurso de la cirugía, decide sentarse y controlar las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300, el controlador 514 le permitiría hacer eso. Para ciertos procedimientos quirúrgicos, el operador 1 puede encontrar más cómodo mover un dispositivo de entrada fijo, tal como el controlador alámbrico 514, en lugar de un dispositivo de entrada 500 conectado al cuerpo del operador, tal como la pinza 502. Por ejemplo, el operador 1 puede controlar mejor sus movimientos apoyado contra la barra de descanso horizontal 602 y/o sentado. La posición natural del cuerpo del operador puede ser apoyar una parte del cuerpo contra la barra de reposo horizontal 603 mientras controla el controlador alámbrico 514. El operador 1 puede controlar otros dispositivos de entrada 500 (por ejemplo, la pinza 502) mientras se apoya contra la barra de descanso horizontal 603.

El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede controlarse desde múltiples ubicaciones del escenario quirúrgico. En algunas realizaciones, el operador 1 puede estar sentado o de pie mientras sujeta o controla de otro modo uno o más dispositivos de entrada 500 (por ejemplo, la pinza 502, el controlador alámbrico 514). El operador puede apoyar una parte del cuerpo sobre la barra de reposo 603. Los distintos dispositivos de entrada 500 permiten al operador 1 moverse y colocarse en la posición más óptima.

El dispositivo de entrada 500 controla el movimiento de uno o más puntos de control. Los puntos de control son ubicaciones que tienen la capacidad de ejecutar algo de movimiento. Los puntos de control pueden ubicarse en el brazo quirúrgico hiperdiestro 200, las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 o cualquier otra ubicación. Las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 pueden controlarse mediante los dispositivos de entrada 500 en relación con uno o más puntos de control 2600. Los puntos de control 2600 son ubicaciones del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 y/o la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 que tienen la capacidad de moverse. La entrada del operador 1 efectúa el movimiento de una o más secciones que están conectadas con el punto de control 2600.

El operador 1 puede asociar un punto de control 2600 con el dispositivo de entrada 500 que está siendo manejado. El movimiento del dispositivo de entrada 500 hace que el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 y/o la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 se muevan en torno al punto de control. El movimiento del dispositivo de entrada 500 provocaría el movimiento del punto de control 2600 seleccionado. Esto produciría el movimiento de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 que está controlada por el brazo quirúrgico hiperdiestro 200. La pantalla 600 puede usarse para asignar un dispositivo de entrada 500 a un punto de control 2600 específico.

Las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 pueden controlarse mediante los dispositivos de entrada 500 en relación con uno o más agarres virtuales 512. El agarre virtual 512 puede aumentar la flexibilidad con la que las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 se posicionan dentro del paciente 2. Las Figuras 33A y 33B muestran una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. En la Figura 33A, la empuñadura virtual 512 se coloca en el extremo de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. Si la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 fuera forzada a moverse en torno a la ubicación del agarre virtual 512, entonces la punta de la herramienta y el efector final 306 solo podrían oscilar una pequeña distancia. En la Figura 33B, el agarre virtual 512 se coloca hacia el centro de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. La punta de la herramienta y el efector final 306 pueden oscilar una distancia mayor. El agarre virtual 512 permite al operador 1, tal como un cirujano, decidir entre la motricidad fina y la motricidad gruesa. Al mover el agarre virtual 512 hacia la punta de la herramienta, el operador puede completar maniobras más finas. Si se usan múltiples herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300, entonces cada herramienta puede tener un agarre virtual 512 diferente. Además, diferentes agarres virtuales 512 pueden ser activados por diferentes dispositivos de entrada 500, de modo que cada agarre virtual 512 se controle de forma independiente. Por ejemplo, la mano izquierda con un dispositivo de entrada 500 puede controlar una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 con un agarre virtual cerca del efector final, como se muestra en la Figura 33A. La mano derecha con otro dispositivo de entrada 500 puede controlar la misma herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 con el agarre virtual 512 colocado en el centro de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300, como se muestra en la Figura 33B.

Como se describe en el presente documento, el operador 1 puede controlar una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 asociando un agarre virtual 512 a la punta de la herramienta. Con la otra mano, el operador 1 puede asociar un

agarre virtual 512 al extremo proximal de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 (por ejemplo, la misma herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 o una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 diferente). El agarre virtual en el extremo proximal permitiría al operador 1 controlar la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 de forma similar a cómo controla una herramienta laparoscópica. El control natural de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 de esta manera se puede lograr asociando marcos de referencia independientes a cada una de las manos del operador, como se describe en el presente documento.

Se puede rastrear la posición del dispositivo de entrada 500 en el espacio. En algunas realizaciones, la posición se rastrea acoplando codificadores absolutos (no mostrados) al dispositivo de entrada 500. En algunas realizaciones, un sensor de posición (rastreador óptico) está montado en la base del dispositivo de entrada 500. En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada 500 es rastreado por un sensor que porta el operador 1. En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada 500 es rastreado por un sensor sobre la plataforma 602. El sensor de posición puede proporcionar la posición del dispositivo de entrada 500 con respecto a un punto de referencia de tierra (no mostrado). El sensor de posición y/o los codificadores se pueden utilizar para rastrear la posición del dispositivo de entrada 500. Un experto en la materia puede usar otros sensores, mecanismo o métodos de rastreo de los componentes del sistema quirúrgico hiperdiestro 100 adecuados. En algunas realizaciones, se usa más de una (por ejemplo, una pluralidad, varias) tecnología de rastreo en conjunto. Las tecnologías de rastreo redundantes pueden explicar las oclusiones y detectar los fallos de funcionamiento. Las tecnologías de rastreo redundantes pueden aumentar la resolución o el ancho de banda.

En algunas realizaciones, los dispositivos de entrada 500 son estériles o pueden esterilizarse. El operador 1 necesita mantener las manos en un ambiente estéril en el transcurso del procedimiento. Durante la cirugía, el operador 1 puede manejar una o más herramientas manuales 350 y uno o más dispositivos de entrada 500. Los dispositivos de entrada 500 pueden usarse junto con el hecho de tocar al paciente. Por ejemplo, el operador 1 puede controlar los dispositivos de entrada 500 y tocar al paciente 2 simultáneamente (por ejemplo, con la mano o una herramienta manual). Los dispositivos de entrada 500 deben ser estériles o capaces de esterilizarse para mantener el entorno operativo estéril.

En algunas realizaciones, los dispositivos de entrada 500 pueden incluir uno o más rasgos distintivos que interactúen con el sistema de control 400. Por ejemplo, los dispositivos de entrada 500 pueden controlar una cámara 304 (véase la Fig. 35), tal como una cámara colocada en el espacio de trabajo dentro del paciente o en el espacio libre encima de un paciente. La cámara 304 puede considerarse una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y controlada por un dispositivo de entrada 500. Los dispositivos de entrada 500 pueden modificar las imágenes mostradas en la pantalla 600, 702. Las imágenes pueden invertirse, rotarse y voltearse de izquierda a derecha en la pantalla 600, 702 para reflejar el punto de vista de los objetos rastreados, tales como el operador 1, u objetos controlables tales como brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 y/o herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300, tal como se describe a continuación. En algunas realizaciones, los dispositivos de entrada 500 incluyen un botón y/o una corredera. El operador 1 puede accionar el botón y/o la corredera para cambiar la panorámica/inclinación y/o el acercamiento de la cámara 304. En algunas realizaciones, el operador 1 pulsa un botón del dispositivo de entrada 500 y usa movimientos de otra parte del cuerpo del operador para cambiar el parámetro de la cámara. Por ejemplo, el operador 1 puede pulsar el botón y usar los movimientos de los ojos para cambiar un parámetro de la cámara. En algunas realizaciones, el operador 1 mueve la corredera (por ejemplo, con un dedo) para cambiar el acercamiento de la cámara 304. En algunas realizaciones, los dispositivos de entrada 500 pueden aceptar información del sistema de control 400, descrito más adelante. El sistema de control puede enviar información a los dispositivos de entrada 500, tales como instrucciones para producir retroalimentación táctil para el operador 1. La retroalimentación táctil se puede enviar a través de una conexión inalámbrica o alámbrica. El dispositivo de entrada 500 puede llevar integrado un sensor que imite la retroalimentación táctil del uso de una herramienta. El dispositivo de entrada 500 puede imitar la retroalimentación táctil de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. El dispositivo de entrada 500 puede imitar la retroalimentación táctil de la herramienta manual 350. El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede vincular la retroalimentación táctil real de la herramienta manual 350 con una retroalimentación táctil de imitación transmitida por el dispositivo de entrada 500. En algunas realizaciones, el dispositivo de entrada 500 se puede acoplar a una interfaz (por ejemplo, plataforma 602) que puede proporcionar retroalimentación táctil.

Sistema de control

El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede incluir un sistema de control 400 que traduzca las entradas del usuario (por ejemplo, a través de dispositivos de entrada 500, la pantalla 600) a las salidas (por ejemplo, el movimiento de los puntos de control, imágenes). El sistema de control 400 puede emparejar ciertas entradas de usuario con ciertos objetos controlables. Al ejecutar los movimientos de las diferentes herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300, el sistema de control 400 puede mantener una o más restricciones. El sistema de control 400 puede bloquear una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 en una sola herramienta (por ejemplo, una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 o una herramienta manual 350). De manera ventajosa, el sistema de control 400 permite que el sistema quirúrgico hiperdiestro 100 permita la flexibilidad proporcionada al operador (por ejemplo, cirujano) para realizar procedimientos quirúrgicos. Por ejemplo, como se analiza con más detalle a continuación, el sistema de control 400 permite al cirujano controlar las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 usando diversos marcos de referencia (por ejemplo, marco de referencia montado en cámara inmersiva, marco de referencia mundial) y la capacidad de moverse entre diferentes marcos de referencia, lo que permite ventajosamente al cirujano moverse sin problemas

entre el manejo de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 con un marco de referencia montado en la cámara para realizar una tarea quirúrgica, hasta un marco de referencia mundial que permita al cirujano cambiar a otra posición mientras está pendiente de la posición de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 en relación consigo mismo, y luego volver a un marco de referencia montado en la cámara para continuar con una tarea quirúrgica a fin de
 5 comenzar una tarea quirúrgica diferente. Además, el sistema de control 400 permite ventajosamente al cirujano cambiar el control de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 (por ejemplo, entre derecha e izquierda), para permitir el cambio de posición del cirujano a una posición óptima y la rotación de la vista de la cámara en consecuencia. Además, el sistema de control 400 puede permitir ventajosamente controlar una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 para moverse en sincronía con otra herramienta (por ejemplo, con otra herramienta quirúrgica
 10 hiperdiestra 300 o con una herramienta manual 350), que puede permitir al cirujano atar virtualmente las herramientas y moverlas al mismo tiempo, como cuando se mueven las herramientas a otro sitio quirúrgico.

La Figura 34 ilustra una realización del sistema de control 400. Se puede considerar que la arquitectura del sistema de control 400 contiene tres secciones; una sección 408 que recibe entradas, una sección 410 responsable del envío
 15 de la salida, y una sección 412 que calcula las salidas en función de distintos datos, incluyendo las entradas. El operador 1 puede proporcionar una entrada a través del dispositivo de entrada 500. Las entradas pueden ser proporcionadas por un dispositivo de entrada inalámbrico o alámbrico 500. La ubicación del operador 1 puede ser una entrada (por ejemplo, según lo rastreado por un dispositivo de rastreo que se comunica con el sistema de control 400). Otros componentes adicionales pueden proporcionar entradas, incluyendo la pantalla 600 y el embrague 112.

El sistema de control 400 puede recibir entradas de sensores de ubicación y orientación del brazo quirúrgico hiperdiestro 200, de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y/o de la herramienta manual 350. El sistema de control 400 calcula las salidas basadas, en parte, en las diferentes entradas. Las salidas pueden manejar una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 y/o uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros 200. Las salidas pueden
 20 ser señales táctiles enviadas al dispositivo de entrada 500 para que el cirujano las sienta. La salida puede ser imágenes que se muestren en una o más pantallas 600, 702.

La Figura 35 muestra una realización del sistema de control 400 con el ordenador 402. El sistema de control 400 se puede acoplar a diferentes objetos controlables, tales como uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 y una o
 30 más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300.

El sistema de control 400 se puede acoplar a varios dispositivos de entrada 500. Las flechas indican el flujo de información entre el sistema de control 400 y los dispositivos de entrada 500. El sistema de control puede enviar información a los dispositivos de entrada 500, por ejemplo, retroalimentación táctil como se muestra con la flecha. La
 35 flecha punteada pretende indicar una comunicación inalámbrica. Las flechas dobles indican una entrada al sistema de control y una salida del sistema de control. La retroalimentación táctil se puede enviar a través de una conexión inalámbrica o alámbrica. Los dispositivos de entrada 500 se pueden usar para controlar el movimiento de uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 y/o de una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300.

Aparte de los dispositivos de entrada 500, el sistema de control también puede estar acoplado a varios dispositivos de salida. El sistema de control 400 se puede acoplar a varios dispositivos, tal como la pantalla 600 y la pantalla 702. La pantalla 600 también puede ser una entrada. La pantalla 600 proporciona información al operador 1 y acepta información del operador 1. La pantalla 600 puede ser un monitor 604 de pantalla táctil. También se pueden usar otros tipos de pantallas 600, tales como un iPad u otro dispositivo electrónico móvil. En algunas realizaciones, la pantalla
 45 600 es estéril o puede esterilizarse. La pantalla 600 se puede usar junto con herramientas manuales 350. La pantalla 600 se puede usar junto con el hecho de tocar al paciente. El operador 1 puede controlar la pantalla 600 y las herramientas manuales 350 simultáneamente. El operador puede controlar la pantalla 600 y tocar al paciente 2 simultáneamente.

El sistema de control 400 se puede acoplar a diferentes objetos controlables, tales como brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 y/o herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. El sistema de control 400 se puede acoplar a varios dispositivos de entrada 500. La Flecha de dos puntas indica el flujo de información entre el ordenador 402 y los dispositivos de entrada 500. El embrague 112 puede proporcionar una entrada al ordenador.

La herramienta manual 350 (por ejemplo, un sensor 352 fijado a una herramienta manual 350) puede proporcionar una entrada al ordenador. Como se ha descrito anteriormente, también se pueden usar herramientas manuales 350 con el sistema quirúrgico hiperdiestro 100. Los sensores 352 en la herramienta manual 350 pueden proporcionar una entrada al ordenador 402. La herramienta manual 350 puede ser rastreada por los sensores 352, tales como sensores de posición. Los sensores 352 se pueden colocar, por ejemplo, mediante un casquillo o un manguito que se ajuste
 60 sobre la herramienta manual 350. El casquillo o el manguito puede incluir diferentes sensores 352, que pueden ser inalámbricos o alámbricos. En algunas realizaciones, los sensores 352 pueden estar integrados en la herramienta manual 350. El rastreo de las herramientas manuales 350 es útil en muchas situaciones, tales como cuando la herramienta manual 350 no está dentro del alcance de la vista de la cámara 304.

La pantalla 600 puede mostrar las asociaciones (por ejemplo, los emparejamientos) entre los dispositivos de entrada 500 y los objetos controlados, tales como uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 y/o una o más herramientas

quirúrgicas hiperdiestras 300. Como un ejemplo no limitante, la pantalla 600 puede mostrar iconos para los dispositivos de entrada 500 y los objetos controlados, tales como uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 y/o una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300.

5 La Figura 36 muestra una realización de una captura de pantalla de una pantalla 600. En este ejemplo, el operador 1 selecciona un dispositivo de entrada 500. Como se muestra en la Figura 36, dos dispositivos de entrada 500 están disponibles para ser seleccionados por el operador 1. Estos dispositivos de entrada 500 son dos controladores inalámbricos 514, pero se pueden representar otros dispositivos de entrada 500 en la pantalla 600 (por ejemplo, controladores alámbricos). Como se muestra en la Figura 36, Hay cinco objetos controlables disponibles para ser
10 seleccionados por el operador. Estos objetos controlables son cinco herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 que incluyen una cámara 304. La cámara 304 puede considerarse una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. En la pantalla 600, se pueden representar otros objetos controlables. El operador 1 puede seleccionar uno de los iconos del dispositivo de entrada. El operador 1 puede seleccionar uno de los iconos de objetos controlables. En algunas realizaciones, el operador 1 selecciona un icono de dispositivo de entrada y luego selecciona un icono de objeto controlable por orden, lo que hará que el dispositivo de entrada seleccionado se empareje con y controle el objeto controlable seleccionado. En otra realización, el operador 1 puede pasar un dedo entre el icono del dispositivo de entrada y el icono del objeto controlable en una pantalla táctil 604 para emparejarlos. En otra realización más, el operador 1 puede usar un ratón o un puntero para seleccionar dos iconos. La pantalla 600 puede indicar la asociación (por ejemplo, el emparejamiento) entre el dispositivo de entrada 500 y el objeto controlado, por ejemplo, indicando una
20 línea entre iconos.

Por ejemplo, un controlador 514, marcado como Controlador inalámbrico 1, puede controlar un objeto controlable, la Herramienta 3 marcada. Un controlador 514, marcado como Controlador inalámbrico 2, puede controlar un objeto controlable, la Herramienta 4 marcada. Son posibles otras configuraciones entre los dispositivos de entrada y los
25 objetos controlables siguiendo la secuencia de selección descrita anteriormente. La Figura 37 es una captura de pantalla de la pantalla que se muestra en la Figura 36. Por ejemplo, un controlador 514, marcado como Controlador inalámbrico 1, puede controlar un objeto controlable, la Herramienta 1 marcada. Un controlador 514, marcado como Controlador inalámbrico 2, puede controlar un objeto controlable, la Herramienta 5 marcada.

30 El sistema de control 400 puede asociar el sistema de coordenadas del dispositivo de entrada 500 y los sistemas de coordenadas de los objetos controlados, tales como uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 y/o una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. La pantalla 600 puede mostrar las asociaciones (por ejemplo, los emparejamientos) entre los dispositivos de entrada 500 y los objetos controlados. El dispositivo de entrada 500 y el objeto controlado pueden moverse en el mismo sistema de coordenadas. El dispositivo de entrada 500 puede moverse
35 en un sistema de coordenadas rectilíneas, que puede mover el objeto controlado también en un sistema de coordenadas rectilíneas. Por ejemplo, un movimiento de un dispositivo de entrada 500 una distancia en la dirección positiva del eje x puede mover una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 una distancia diferente o la misma distancia en la dirección positiva del eje x. Tanto el objeto controlado como el dispositivo de entrada se mueven en un sistema de coordenadas rectilíneas.

40 El dispositivo de entrada 500 puede moverse en torno a un centro imaginario, que puede mover el objeto controlado en torno a un agarre virtual 512. Por ejemplo, si la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 se mueve en arcos circulares en torno a un fulcro, el movimiento del dispositivo de entrada 500 en un movimiento circular en torno a un centro imaginario puede ser más natural. Este movimiento circular puede ser más natural que un movimiento rectilíneo del dispositivo de entrada 500. Tanto el objeto controlado como el dispositivo de entrada se mueven en un sistema de coordenadas polares.
45

El dispositivo de entrada 500 y el objeto controlado pueden moverse en diferentes sistemas de coordenadas. El dispositivo de entrada 500 puede moverse en un sistema de coordenadas rectilíneas que puede mover el objeto controlado en un sistema de coordenadas polares. Para algunos tipos de movimientos, puede ser más fácil calcular y/o visualizar el movimiento del objeto controlado en sistemas de coordenadas alternativos. Son posibles las combinaciones.
50

El operador puede establecer ciertas restricciones para el sistema quirúrgico hiperdiestro 100. El sistema de control 400 se puede disponer de manera que las restricciones sean cantidades medidas tales como la posición o los parámetros derivados, tales como la distancia, la velocidad, la fuerza y la tensión. El sistema de control se puede disponer de modo que las restricciones puedan ser diferentes para cada objeto controlado.
55

Al ejecutar los movimientos de las diferentes herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300, el sistema de control 400 puede mantener una o más restricciones. Las restricciones pueden ser un parámetro físico o derivado, tal como la distancia, la velocidad, la fuerza, la tensión y/o el radio. El sistema de control 400 puede aplicar una o más restricciones al movimiento de una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. Las restricciones pueden ser diferentes para cada objeto controlado. Por ejemplo, las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 bloqueadas en una sola herramienta pueden estar sujetas a diferentes restricciones. Cada herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 puede tener
60 una restricción independiente.
65

- En algunas realizaciones, dos herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 pueden verse obligadas a moverse juntas. El operador 1, tal como el cirujano, puede bloquear una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 en una sola herramienta. Todas las herramientas quirúrgicas hiperdiestras bloqueadas 300 seguirían a esa sola herramienta. Dicho de otra forma, todas las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 bloqueadas se moverían esencialmente al unísono (por ejemplo, al mismo tiempo) a medida que esa sola herramienta fuera controlada por el operador 1 y se moviera de un lugar a otro. Conceptualmente, este movimiento de la etapa de bloqueo puede considerarse como una atadura virtual que mantiene constantes las posiciones relativas de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 y mueve el conjunto de herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 al unísono.
- El concepto de bloqueo de una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 en una sola herramienta se aplica igualmente si esa sola herramienta es una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 o una herramienta manual 350. Para que una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 sigan a la herramienta manual 350, la herramienta manual 350 se puede rastrear en el espacio para la traslación y la rotación. Este tipo de configuración en la que una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 siguen a la herramienta manual 350 puede ser útil cuando el operador 1, tal como un cirujano, desee moverse grandes distancias dentro del espacio de trabajo. El concepto de bloqueo también puede evitar ventajosamente colisiones entre las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300, las herramientas manuales 350 y/o la anatomía del paciente 2.
- Puede que no sea necesario bloquear todas las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 en una sola herramienta. En algunas realizaciones, el operador 1 puede optar por bloquear algunas (pero no la totalidad) de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 en una sola herramienta y dejar algunas herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 desbloqueadas y en su sitio. Por ejemplo, la cámara 304 puede estar en una buena posición, pero es posible que las otras herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300, tales como los dispositivos de agarre, necesiten moverse a una ubicación diferente. Las otras herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300, tales como los dispositivos de agarre, pueden bloquearse, para seguir a esa sola herramienta quirúrgica hiperdiestra 300, pero la cámara 304 puede permanecer en su sitio. Puede surgir la necesidad de mover todas o algunas de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 al unísono si el operador 1 necesita operar en otra sección del cuerpo distante de la sección sometida a procedimiento quirúrgico en ese momento.
- En algunas realizaciones, la una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras pueden bloquearse en una sola herramienta quirúrgica hiperdiestra o una sola herramienta manual mediante el uso de la pantalla 600. La Figura 40 muestra una captura de pantalla que se puede mostrar en la pantalla 600. Son posibles otros diseños de pantalla. La pantalla 600 permite al operador 1, tal como un cirujano, bloquear una o más de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. La parte superior de la captura de pantalla muestra los dispositivos de entrada 500 y los objetos controlables, tales como las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. La Figura 40 muestra cinco herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300, incluyendo la cámara 304. También se muestra la herramienta manual 350. La Figura 40 muestra dos dispositivos de entrada 500, un controlador inalámbrico 520 y un controlador inalámbrico 522. Dependiendo de las herramientas, incluyendo todas las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 y todas las herramientas manuales 350 en comunicación con el sistema de control 400, la pantalla 600 muestra los iconos apropiados. El controlador inalámbrico 520 está conectado al objeto controlable, la Herramienta 1. El controlador inalámbrico 522 no está conectado a un objeto controlable.
- La parte inferior de la captura de pantalla de la Figura 40 muestra las opciones de bloqueo. Cualquier objeto controlable controlado por un dispositivo de entrada puede no aparecer en la lista. Por ejemplo, dado que la Herramienta 1 está siendo controlada por el controlador inalámbrico 520, la pantalla 600 no muestra la Herramienta 1 en el conjunto de herramientas que se pueden bloquear. Los objetos controlables seleccionados, tales como una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300, pueden ser seleccionados por el usuario para su bloqueo. Por ejemplo, se seleccionan las Herramientas 2 y 3 para su bloqueo, mientras que las Herramientas 4 y 5 no se seleccionan. La pantalla 600 puede resaltar las entradas seleccionadas, como se muestra en la Figura 40. Las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 que han sido seleccionadas para su bloqueo se muestran en blanco, mientras que las otras se muestran en negro. En la parte inferior de la captura de pantalla, la pantalla 600 muestra las opciones para esa sola herramienta. Esa sola herramienta es seguida por una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 bloqueadas. Por ejemplo, la herramienta manual 350 se selecciona como esa sola herramienta, mientras que la Herramienta 1 controlada por el controlador inalámbrico 522 no se selecciona. La pantalla 600 puede resaltar las entradas seleccionadas, como se muestra en la Figura 40. En este ejemplo, La Herramienta 2 y la Herramienta 3 se bloquean en la herramienta manual 350, pero son posibles otras configuraciones.
- En algunas realizaciones, el movimiento de esa sola herramienta puede controlarse mediante gestos de la mano más pequeños en lugar de movimientos más grandes asociados con el conjunto de herramientas. Por ejemplo, la herramienta individual puede ser la Herramienta 1, controlada por el controlador inalámbrico 522. El controlador inalámbrico 522 puede ser usado por el operador 1, como se ha descrito anteriormente. Por ejemplo, uno o más dedos de la mano del operador pueden tener sensores fijados o conectados de otra manera. Un movimiento específico de la mano o de los dedos puede mover la herramienta individual. La una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 que están bloqueadas se moverán de acuerdo con el movimiento de esa sola herramienta, como se ha descrito anteriormente.

El operador 1, tal como un cirujano, puede activar o desactivar las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 seleccionadas en cuanto al rastreo activo de la herramienta individual. El operador puede utilizar el embrague 112, tal como un pedal. Por ejemplo, cuando se pisa el embrague 112, las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 seleccionadas seguirán a esa sola herramienta. Cuando se suelta el embrague 112, las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 seleccionadas dejarán de moverse y permanecerán en su sitio. Este rasgo distintivo puede permitir ventajosamente al operador cambiar la posición de los brazos de manera similar a como los usuarios de ordenadores cambian de sitio el ratón del ordenador levantándolo y colocándolo en una posición más cómoda.

Las tres siguientes restricciones proporcionan ejemplos de restricciones adicionales que pueden imponerse. Se mantiene la tensión constante del objeto agarrado. La proporción entre el movimiento de la mano y el movimiento de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras es de 1:10, lo que significa que, cuando se mueve la mano 10 cm, las herramientas se mueven 1 cm. La herramienta de cámara 304 gira sobre un fulcro en lugar de realizar un movimiento de traslación lineal.

El sistema de control 400 puede aplicar una restricción a una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. Por ejemplo, el sistema de control 400 puede ajustar la posición de una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 para aplicar una tensión constante al tejido sostenido por el conjunto de herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. Estas restricciones proporcionan formas útiles para controlar las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. Las restricciones también pueden aplicarse en relación con la herramienta manual 350. Se pueden aplicar otras restricciones además de, o en lugar de, las descritas anteriormente. El sistema de control 400 puede aplicar una restricción entre la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y la cámara 304. El sistema de control 400 puede establecer restricciones de posición, velocidad o fuerza entre una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 y la cámara 304.

En las Figuras 38A-B, dos herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300, tales como dispositivos de agarre, se muestran a ambos lados de una excreción de tejido. Las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 están a cierta distancia 308 como se muestra en la Figura 38. Cuando se extirpa la excrecencia, puede ser necesario cambiar de posición las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. Por ejemplo, es posible que sea necesario mantener el tejido a una tensión más alta, ya que la excrecencia ya no tira del mismo. Las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 están ahora a una distancia 310, que puede ser superior a la distancia 308. El sistema de control 400 puede controlar las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 para que se puedan mantener ciertos parámetros de la cirugía. Por ejemplo, en este ejemplo, el sistema de control 400 puede controlar las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 para que el tejido esté en tensión constante.

Si se usan múltiples herramientas en el sistema quirúrgico hiperdiestro 100, entonces se puede controlar cualquier conjunto de dos o más herramientas como un cuerpo rígido. Por ejemplo, el conjunto de herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 puede controlarse de manera que el tejido se manipule como un cuerpo rígido y sea rastreado por la cámara 304. El efecto de cuerpo rígido se puede lograr cuando el sistema de control 400 calcule y aplique la tensión apropiada a través de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 en el tejido. Los cálculos pueden ser en tiempo real y ser dinámicos. Esto puede ayudar a mantener el efecto de cuerpo rígido, por ejemplo, si la sección de tejido está en movimiento debido a los movimientos de control del cirujano.

Marco de referencia, Señales visuales

El sistema de control 400 permite ventajosamente que el operador 1 controle las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 y/o las herramientas manuales 350 de forma natural. Hay al menos dos piezas interconectadas que permiten un control natural y eficaz: las señales visuales y los movimientos en marcos de referencia que son naturales para el cuerpo humano y fácilmente procesados por el cerebro humano. El cerebro puede comprender fácilmente los marcos de referencias asociados con la muñeca de una persona. El sistema de control 400 proporciona ventajosamente al operador 1 señales visuales relacionadas con las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 y/o las herramientas manuales 350, que permiten al operador conocer mejor los marcos de referencia asociados con el movimiento de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 y/o las herramientas manuales 350.

Marco de referencias

Como se ha comentado anteriormente, el cerebro humano puede entender fácilmente el movimiento si los marcos de referencias están acoplados a la muñeca. Con referencia a las Figuras 41A-41D, el cerebro entiende que, para alcanzar los objetos, las muñecas deben moverse hacia el objeto. El cerebro comprende la forma de mover la muñeca según la orientación de la muñeca.

En la Figura 41A y 41C, se muestra una mano izquierda y una mano derecha de un operador 1 tal como un cirujano. En cada figura, se muestra la dirección del movimiento de las manos. Cada mano se mueve hacia un objeto. La mano izquierda se mueve de la Posición 1 a la Posición 2, hacia el Objeto A. La mano derecha se mueve de la Posición 1 a la Posición 2, hacia el Objeto B. Se coloca un marco de referencia en cada muñeca. La orientación del marco de referencia se indica mediante el extremo puntiagudo del icono que representa el marco de referencia. El observador imaginario 802 estaría de pie en el círculo en el centro del icono del marco de referencia. Dicho de otra forma, el observador imaginario 802 estaría mirando en la dirección del extremo puntiagudo del icono, en la dirección de la

flecha.

Las Figuras 41A y 41C indican el movimiento y el marco de referencia para cada mano. Las Figuras 41B y 41D indican cómo el observador imaginario 802 percibe el movimiento como se ha explicado anteriormente. La mano izquierda se mueve de la Posición 1 a la Posición 2, hacia el Objeto A. La mano derecha se mueve de la Posición 1 a la Posición 2, hacia el Objeto B. Se coloca un marco de referencia en cada muñeca.

En la Figura 41A, ambas manos están orientadas de la misma manera, entonces, ambas manos deben moverse hacia adelante para alcanzar los objetos. En la Figura 41A, los marcos de referencia para cada observador imaginario 802 (uno en cada muñeca) están orientados de la misma manera. Dicho de otra forma, los marcos de referencias están alineados.

La Figura 41B ilustra cómo aparecerán los objetos para estos observadores imaginarios 802. Ambos observadores imaginarios 802 ven básicamente las mismas imágenes. En la Posición 1, los Objetos A y B, el círculo y el triángulo, están a una distancia de los observadores imaginarios 802. En la Posición 2, los Objetos A y B, el círculo y el triángulo, están más cerca de los observadores imaginarios 802. El observador imaginario 802 en la muñeca derecha está más cerca del Objeto B, el triángulo. El observador imaginario 802 en la muñeca izquierda está más cerca del Objeto A, el círculo.

En la Figura 41C, la mano izquierda es perpendicular a la mano derecha. La mano derecha debe avanzar para alcanzar los objetos. La mano izquierda debe moverse hacia la izquierda para alcanzar los objetos. En la Figura 41C, los marcos de referencia para cada observador imaginario 802 (uno en cada muñeca) no están orientados de la misma manera. El marco de referencia para la mano izquierda está girado 90 ° con respecto al marco de referencia en la mano derecha. Aunque la Figura 41C muestra marcos de referencia que están girados 90 ° entre sí, es posible cualquier otra orientación en un espacio tridimensional.

La Figura 41D ilustra cómo aparecerán los objetos para estos observadores imaginarios 802. Ambos observadores imaginarios 802 ven una imagen diferente. Para el observador imaginario en la muñeca derecha, los Objetos A y B están delante del espectador. Para el observador imaginario en la muñeca izquierda, los Objetos A y B están a la izquierda del espectador. En la Posición 1, los Objetos A y B, el círculo y el triángulo, están a una distancia de los observadores imaginarios 802. En la Posición 2, los Objetos A y B, el círculo y el triángulo, están más cerca de los observadores imaginarios 802.

En las Figuras 41A-41D, el operador cuenta con señales visuales. El operador puede ver los Objetos A y B. El operador 1 puede verse las manos. Cuando el operador 1 está manejando las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 y/o las herramientas manuales 350 dentro del cuerpo del paciente, el operador 1 podría beneficiarse de recibir señales visuales relacionadas con las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 y/o las herramientas manuales 350. Las señales visuales pueden permitir al operador conocer mejor los marcos de referencia asociados con el movimiento de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. Como se menciona en el presente documento, El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 permite al operador 1 controlar simultáneamente las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 y las herramientas manuales 350. Por ejemplo, como un ejemplo no limitante, el operador 1 puede controlar una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300, tal como un dispositivo de agarre, con la mano izquierda y la herramienta manual 350, tal como una grapadora, con la mano derecha. El sistema de control 400 puede permitir al operador 1 manejar cada herramienta en un marco de referencia 800 independiente. El sistema de control 400 puede incluir un algoritmo de control para traducir los movimientos del operador (por ejemplo, movimientos que controlan el dispositivo de entrada 500) en movimientos en el marco de referencia correcto.

Con referencia ahora a la Figura 42A, el operador 1 está manejando la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y la herramienta manual 350 dentro del cuerpo del paciente. La Figura 42A muestra al operador 1 controlando la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 con la mano izquierda y la herramienta manual 350 con la mano derecha. Las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 y/o las herramientas manuales 350 están dentro del cuerpo y están fuera del campo de visión del operador.

La herramienta manual 350 puede dictar la posición del operador 1 en relación con el paciente 2. El diseño de la herramienta manual 350 dictará la posición de la mano que controla la herramienta manual 350. El operador 1 puede desear controlar la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 desde básicamente la misma posición con la otra mano.

El marco de referencia asociado con la mano izquierda del operador que controla la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 puede estar girado con respecto al marco de referencia asociado con la mano derecha del operador que controla la herramienta manual. Como se muestra en la Figura 42A, el marco de referencia para la mano derecha está girado 90 ° con respecto al marco de referencia para la mano izquierda (configuración opuesta a la que se muestra en la Figura 41A).

Los marcos de referencia están colocados en cada muñeca. Se muestran dos pares de flechas ortogonales en cada muñeca para ilustrar cómo aparecerán los objetos ante los observadores imaginarios 802. En la muñeca derecha, las letras "DD" indican que esta dirección es el lado derecho de la muñeca derecha del operador, o lo que parece ser el

lado derecho del observador imaginario 802. Las letras "DI" indican el lado derecho de la muñeca izquierda del operador, o lo que parece ser el lado derecho del observador imaginario 802. Ambos observadores imaginarios 802 ven una imagen diferente. La cámara 304 (con la lente dentro del cuerpo) ve tanto la herramienta manual 350 como la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 que están dentro del cuerpo.

5 Para manejar la herramienta manual 350, el operador 1 puede mover la mano derecha y puede usar la muñeca derecha en el marco de referencia como se muestra. La mano derecha se ilustra en un ángulo de 90 ° con respecto al brazo derecho, y en un ángulo de 90 ° con la mano izquierda. El operador puede manejar cada herramienta en un marco de referencia independiente. La herramienta manual 350 puede manejarse con respecto a un marco de
10 referencia asociado con la muñeca derecha, y la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 puede manejarse con respecto a la muñeca izquierda.

La Figura 42A muestra un dispositivo de entrada 500 fijado a la mano izquierda. El operador 1 puede usar el dispositivo de entrada 500 para controlar una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 tal como el dispositivo de agarre. La cámara
15 304 (con la lente dentro del cuerpo) mostrará el movimiento del dispositivo de agarre y/o el efector final del dispositivo de agarre en la pantalla 702. En la realización ilustrada, el operador 1 está de pie junto al paciente 2 mirando al paciente 2, y tiene la cabeza mirando a la pantalla 702 (por ejemplo, mirando hacia adelante a lo largo de la Flecha B). El sistema de control 400 puede mostrar en la pantalla una perspectiva natural de la cirugía. Por ejemplo, un movimiento hacia la derecha de la mano izquierda puede mostrarse como un movimiento hacia la derecha de la
20 herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 como se presenta en la pantalla 702. El sistema de control 400 puede usar la posición de los dispositivos de entrada 500, la posición de la cámara 304, la posición del operador 1 y/o la posición de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 para orientar la imagen en la pantalla 600, 702. El sistema de control 400 puede calcular el movimiento del efector final del dispositivo de agarre. El sistema de control 400 puede orientar la imagen de la cámara 304 en la pantalla 600, 702. Por ejemplo, el sistema de control 400 puede orientar la imagen de
25 modo que un movimiento hacia la derecha de la muñeca izquierda se vea como un movimiento hacia la derecha de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300.

El control de la herramienta manual 350 con la mano derecha del operador puede estar en un marco de referencia asociado con la muñeca derecha del operador. El control de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 con la mano
30 izquierda del operador puede estar en un marco de referencia asociado con la muñeca izquierda del operador. Este marco de referencia de la muñeca izquierda puede ser un marco de referencia independiente del marco de referencia de la muñeca derecha. Independientemente del ángulo de la muñeca derecha y de la mano derecha del operador, el cerebro humano puede reconocer la derecha, la izquierda, arriba y abajo en relación con la muñeca y la mano derecha.

Los dos marcos de referencia pueden ser completamente independientes, estar parcialmente alineados o estar completamente alineados. En algunas realizaciones, la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 puede moverse en un marco de referencia alineado con la diana quirúrgica. Tanto la herramienta manual 350 como la herramienta quirúrgica
35 hiperdiestra 300 pueden moverse con respecto a la diana quirúrgica para permitir un movimiento constante de la herramienta manual 350 y la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. Cabe señalar que, en todos estos ejemplos, el marco de referencia de la herramienta manual 350 puede o no estar alineado con el marco de referencia de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. Cada situación tendrá sus ventajas únicas en cuanto a cómo se controlan las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 y las herramientas manuales 350.
40

Al controlar varias herramientas en marcos de referencia independientes, se puede utilizar una combinación diferente de herramientas. El operador puede controlar la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y la herramienta manual 350,
45 o dos o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300, o dos o más herramientas manuales 350. El operador 1 puede manejar una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 con cada mano, en lugar de controlar la herramienta manual 350 y la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 como se ha descrito anteriormente.

El cerebro humano también es capaz de concebir y coordinar fácilmente la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 con la herramienta manual 350, para usar las dos herramientas juntas. El cerebro puede coordinar el movimiento a pesar de los diferentes marcos de referencia. En la Figura 42A, el operador 1 sujeta la herramienta manual 350, tal como una grapadora, con la mano derecha, y el dispositivo de entrada 500 con la mano izquierda.
50

55 Señales visuales

El cerebro humano es capaz de determinar cómo mover la herramienta manual 350 y la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 con información adecuada. Esta información debería permitir al usuario conocer de manera natural el movimiento de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. El sistema de control 400 proporciona ventajosamente
60 dichas señales visuales al operador 1 (por ejemplo, cirujano), por ejemplo, orientando las imágenes presentadas al operador o variando la información proporcionada en dichas imágenes (por ejemplo, ilustrando al menos una parte del cuerpo del paciente 2 para ayudar al operador 1 a conocer la orientación de las herramientas) para facilitar el control natural de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. De este modo, el sistema de control 400 puede permitir el control natural de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 desde cualquier ubicación del operador 1.
65

La Figura 42B muestra la vista de la pantalla 702. La pantalla 702 puede proporcionar imágenes capturadas por la

5 cámara 304, mostrada en la Figura 42A. En la Figura 42A, se muestra un movimiento hacia la derecha de la mano izquierda a lo largo de la dirección de la Flecha A. La orientación relativa de las herramientas puede aumentar el conocimiento del operador 1 sobre el espacio de trabajo. La pantalla 702 puede representar las herramientas manuales 350 y las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 en el mismo entorno. Sin embargo, una imagen distinta de la imagen de la cámara, tal como una imagen de la orientación del paciente con respecto a las herramientas 300, 350, puede aumentar el conocimiento del operador 1 sobre el movimiento de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y/o la herramienta manual dentro del cuerpo del paciente.

10 El sistema de control 400 puede orientar la imagen de la cámara en la pantalla 600, 702. Las pantallas 600, 702 pueden mostrar tanto la herramienta manual 350 como la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. El sistema de control 400 puede orientar la imagen de la cámara con respecto al marco de referencia de la muñeca del operador. El sistema de control 400 puede determinar la dirección del movimiento con respecto a la muñeca del operador y presentar la imagen del movimiento en la misma dirección. Por ejemplo, en la Figura 42A, el operador 1 mueve la mano izquierda a lo largo de la Flecha A. El operador mueve la mano izquierda hacia la derecha.

15 Tal y como se muestra en la Figura 42B, el sistema de control 400 puede orientar la imagen de la cámara 304 de modo que la imagen presentada en la pantalla 702 coincida con la dirección del movimiento. Cuando se presenta en la pantalla 702, el movimiento de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 está en la dirección original, hacia la derecha. Desde el punto de vista de la cámara, este movimiento puede ser hacia la izquierda o en ángulo. El sistema de control 20 400 puede mostrar el movimiento de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 de manera que el operador 1 pueda conocer el movimiento de forma natural. Al mirar la pantalla 702, el operador 1 puede coordinar el movimiento hacia la derecha del dispositivo de entrada 500 con el movimiento hacia la derecha de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300.

25 La orientación de la imagen en la pantalla 600, 702 puede ayudarse del uso de herramientas hiperdiestras o herramientas manuales que giran alrededor del fulcro. El movimiento del extremo distal de la herramienta manual 350 (la sección más alejada de la mano) puede moverse en la dirección opuesta a la mano. Dicho de otra forma, si la mano derecha está manejando la grapadora en torno a un fulcro, entonces, un movimiento hacia la derecha del mango de la grapadora se traducirá en un movimiento hacia la izquierda del extremo distal de la grapadora. Al proporcionar 30 señales visuales, el sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede permitir el uso natural de herramientas hiperdiestras o herramientas manuales que giran alrededor del fulcro.

35 El sistema de control 400 puede permitir el control natural de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 desde cualquier ubicación del operador 1 a través de las imágenes presentadas al operador 1 como se analiza en el presente documento. En el transcurso del procedimiento, el operador 1 puede necesitar moverse por el área de la operación. La herramienta manual 350 puede dictar la ubicación del operador 1. El sistema de control 400 puede presentar imágenes basadas en el punto de vista del operador 1, independientemente de la ubicación del operador.

40 La posición del operador 1 puede ser rastreada. La imagen se puede actualizar para que coincida con el punto de vista del operador 1. La imagen se puede calcular en función de la ubicación del operador 1, particularmente, en la vista alejada. El rastreo del operador 1 puede realizarse usando una de diferentes tecnologías, tales como, pero sin limitación, la fijación de sensores al operador 1, o usando un sistema de localización óptica. El sistema quirúrgico hiperdiestro puede tener un rastreador global que rastree al operador 1.

45 La ubicación del operador 1 puede ser una entrada en el sistema de control 400. El sistema de control 400 calcula y presenta imágenes desde el punto de vista del operador 1. En otras palabras, la pantalla 600, 702 puede mostrar qué anatomía o herramientas vería el operador 1 desde esa ubicación. A medida que el operador 1 se va moviendo, la imagen presentada en la pantalla 600, 702 se basaría en la posición del operador 1. El cálculo y la presentación de 50 las imágenes en función de la ubicación del operador pueden aumentar el conocimiento de la anatomía y permitirle interactuar más fácilmente con las herramientas manuales 350 y las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300.

55 La conversión de coordenadas se puede asociar con el extremo proximal (por ejemplo, herramientas laparoscópicas) o el extremo distal (por ejemplo, efectores finales). El sistema de control 400 puede presentar imágenes de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 y las herramientas manuales 350 en sistemas de coordenadas independientes. Como se ha mencionado previamente, el sistema de coordenadas del dispositivo de entrada 500 puede ser diferente del sistema de coordenadas de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. La imagen de la pantalla 600, 702 puede mostrar el movimiento de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 en el sistema de coordenadas de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300.

60 La Figura 42C muestra otro ejemplo de una disposición de las herramientas, la pantalla 702 y el operador 1. La pantalla 702 se muestra a la izquierda del operador 1. El operador 1 está de pie junto al paciente 2 mirando al paciente 2, pero tiene la cabeza vuelta hacia la pantalla 702 (a lo largo de la Flecha C). El marco de referencias de cada herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 está asociado con cada muñeca del operador 1. El sistema de control 400 puede permitir el control natural de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 desde cualquier ubicación de la pantalla 702. La pantalla 65 702 puede presentar señales visuales para permitir al operador conocer el movimiento de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y las herramientas manuales. Independientemente de la orientación de la pantalla 702, el sistema de

control puede orientar esta imagen para aumentar el conocimiento del operador. El sistema de control 400 puede mostrar, en la pantalla 702, una perspectiva natural de la cirugía independientemente del posicionamiento de la pantalla 702. La asociación de los marcos de referencia con las muñecas mantiene la intuición del control.

5 Las pantallas 600, 702 pueden mostrar la misma imagen o imágenes diferentes. La pantalla 600 puede proporcionar una entrada al sistema, como se describe en el presente documento. Las pantallas 600, 702 pueden mostrar múltiples imágenes en una sola pantalla.

10 La pantalla 600, 702 puede mostrar diferentes tipos de asociación entre el movimiento del dispositivo de entrada 500 y el movimiento de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. Puede haber, en algunas realizaciones, una relación de 1:1 entre el movimiento de la mano, el movimiento de la herramienta y el movimiento que se muestra en la pantalla. Son posibles otras relaciones. La pantalla 600, 702 puede mostrar un movimiento inverso a la dirección del movimiento de la mano y el movimiento de la herramienta, tal que se muestra el movimiento al revés. La pantalla 600, 702 puede mostrar un movimiento torcido en un ángulo en la dirección del movimiento de la mano y el movimiento de la herramienta. La pantalla 600, 702 puede mostrar cualquier orientación con respecto al marco de referencia asociado con la muñeca.

20 Las muñecas se mencionan solo como un ejemplo de un objeto con el que puede asociarse el marco de una referencia. El marco de referencia se puede fijar a cualquier parte del cuerpo del operador, del paciente, objetos del espacio de trabajo, objetos del escenario quirúrgico, la pantalla, las herramientas quirúrgicas hiperdiestras, la cámara, los brazos quirúrgicos hiperdiestros, o cualquier otro objeto. Sin embargo, la fijación del marco de referencia a secciones del cuerpo del operador, incluyendo el antebrazo, la muñeca, la mano y la cabeza pueden facilitar el control de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 de manera natural.

25 Como se analiza en el presente documento, el sistema quirúrgico hiperdiestro 100 permite ventajosamente al operador 1 controlar las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 desde una variedad de marcos de referencias. Por ejemplo, el operador 1 puede controlar las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 desde un marco de referencia de la cámara 304 en el espacio de trabajo, dentro del cuerpo. El operador 1 puede asignar los movimientos de la mano al movimiento de la herramienta quirúrgica hiperdiestra en el marco de referencia de la cámara 304. Esta vista puede ser limitante para movimientos amplios o movimientos en los que sea más natural moverse con respecto a un marco de referencia fuera del cuerpo del paciente. Por lo tanto, el sistema quirúrgico hiperdiestro 100 permite al operador cambiar dinámicamente el marco de referencia a otra vista. El operador 1 puede cambiar a un marco de referencia mundial (por ejemplo, una vista del escenario quirúrgico y del paciente) para una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. El marco de referencia mundial puede ser útil para movimientos amplios y/o cuando una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 estén bloqueadas en una sola herramienta, como se describe en el presente documento. El marco de referencia mundial puede ser útil cuando se muevan una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 a una nueva ubicación en relación con el paciente. El marco de referencia mundial puede ser útil cuando el operador 1 cambie de posición en relación con el paciente y/o cambia las manos que controlan el dispositivo de entrada 500 en función de su nueva posición. El operador 1 puede controlar la cámara 304 y presentar imágenes en la pantalla 600, 702 del marco de referencia mundial. El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 permite al operador cambiar dinámicamente el marco de referencia para volver al marco de referencia de la cámara 304.

45 En algunas realizaciones, los marcos de referencia pueden estar en movimiento. Como un ejemplo no limitante, se puede adjuntar un marco de referencia a una herramienta manual 350 que puede estar en proceso de moverse. El sistema de control 400 puede bloquear una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 a la herramienta manual 350, de modo que el conjunto de herramientas se mueva juntas. El concepto de bloqueo se describe en el presente documento. La pantalla 600, 702 puede mostrar un marco de referencia asociado con las herramientas en movimiento, y puede garantizar que el conjunto de herramientas se esté moviendo como un grupo según lo previsto.

50 Se puede establecer un marco de referencia basado en la posición del operador 1 cuando se conecta inicialmente el embrague 112. Cuando el embrague 112 está conectado, el dispositivo de entrada 500 puede controlar una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. Cuando el embrague 112 se desconecta, el sistema de control 400 puede almacenar este marco de referencia. Cuando el embrague 112 se conecta de nuevo, la una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 se mueven con respecto al mismo marco de referencia establecido anteriormente.

55 En algunas realizaciones, cuando el embrague 112 se vuelve a conectar, se establece un nuevo marco de referencia basado en la nueva posición del operador 1. El operador 1 puede decidir si usar el marco de referencia establecido en la conexión previa del embrague 112 o usar un nuevo marco de referencia. La conexión del embrague 112 puede establecer uno o más marcos de referencia. El sistema de control 400 solo puede establecer un marco de referencia si el operador 1 solo está usando un dispositivo de entrada 500. Sin embargo, si el operador 1 está usando dos dispositivos de entrada 500, entonces el embrague 112 puede establecer dos marcos de referencias. Los marcos de referencia pueden estar asociados con cada muñeca y pueden estar alineados, parcialmente alineados o ser independientes.

65 La mano derecha y la mano izquierda del operador 1 pueden manejar objetos en dos marcos de referencia diferentes. Los objetos pueden tener un tamaño, una forma o una función diferentes. El sistema quirúrgico hiperdiestro 100

permite el control simultáneo de una herramienta manual 350 y una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. El operador 1 recibe suficientes señales con respecto a las restricciones sobre la herramienta manual 350 y/o la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 para permitir este control simultáneo. El operador 1 recibe suficientes señales con respecto a los marcos de referencia de la herramienta manual 350 y/o la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 para permitir este control simultáneo. El sistema de control 400 del sistema quirúrgico hiperdiestro 100 permite ventajosamente el movimiento de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 y/o herramientas manuales en diferentes marcos de referencia. Esta capacidad puede ser muy útil durante el uso combinado de las herramientas manuales 350 y las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300.

10 Fuentes de señales visuales

Una fuente de información son las señales visuales vistas por el operador 1, a través de la observación bien del escenario quirúrgico o de las pantallas 600, 702. La información adicional puede aumentar el conocimiento del operador sobre el movimiento de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y la herramienta manual 350. Las señales visuales pueden ser suministradas por el sistema de control y mostradas en las pantallas 600, 702.

Una fuente de información son las señales visuales vistas por el operador 1 a través de la observación de el escenario quirúrgico. Desde la ubicación del operador, el operador puede ver la configuración del escenario quirúrgico. El operador 1 puede ver la orientación de su cuerpo, incluyendo las manos, con respecto al paciente. El operador 1 puede ver la ubicación en la que las herramientas entran en el cuerpo. En otras palabras, un cirujano puede usar los objetos que hay a su alrededor, tales como la cama 102, el paciente 2, las manos como señales para conocer la posición de las herramientas 300, 350 en relación con la anatomía. El cirujano puede manejar la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 o la herramienta manual 350 conforme a ese conocimiento.

Una fuente de información son las señales visuales o las imágenes presentadas en la pantalla 600, 702. El sistema de control 400 puede calcular y presentar imágenes relevantes para el conocimiento del procedimiento por parte del operador. Las imágenes pueden permitir al operador 1 ver las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300, las herramientas manuales 350 y/o la anatomía del paciente. Las imágenes pueden originarse a partir de uno o más componentes de visualización del sistema quirúrgico hiperdiestro 100. Estos componentes incluyen una o más cámaras 304, que pueden ser controladas por el sistema de control 400. La cámara 304 puede considerarse una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y ser movida por un brazo robótico hiperdiestro 200 para proporcionar imágenes al operador 1. Por ejemplo, se pueden desplegar múltiples cámaras 304. Cada cámara 304 puede adquirir imágenes de una sección diferente de la anatomía. En algunas realizaciones, se colocan cámaras 304 de tamaño milimétrico en cada punta de trocar. En algunas realizaciones, el sistema de control 400 y/o los componentes de visualización realizan una reconstrucción 3D en tiempo real del entorno, tanto interno como externo al paciente 2. El sistema de control 400 y/o los componentes de visualización pueden integrar imágenes previas de los pacientes, tales como radiografías y tomografías computarizadas previas. La información de las fuentes se puede combinar para proporcionar información más completa al operador 1. El sistema de visualización 700 puede proporcionar al operador 1 la libertad de ver el espacio de trabajo desde diferentes fuentes.

Las imágenes se pueden ver en una o más pantallas 600, 702. La pantalla 600 se puede configurar para recibir comentarios del operador 1, como se describe en el presente documento. Las imágenes se pueden ver en una o más consolas inmersivas 704. El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 permite al operador 1 moverse y colocarse en la posición más óptima en relación con el paciente 2 para el procedimiento. Durante el procedimiento, el operador 1 (por ejemplo, el cirujano) puede cambiarse de posición. La una o más pantallas 600, 702 permiten al operador 1 ver las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300, las herramientas manuales 350 y/o la anatomía del paciente desde múltiples ubicaciones. La imagen de la pantalla 600, 702 puede actualizarse en función de la ubicación del operador 1.

La imagen mostrada en la pantalla 600, 702 puede depender del tipo de acciones que se realizan. Por ejemplo, si el operador 1 está realizando suturas delicadas, se puede mostrar una vista acercada de la anatomía y las herramientas en la pantalla 600, 702. Esta vista se puede obtener directamente de la cámara 304. Si el operador ahora quiere moverse a una parte diferente del cuerpo, se requiere la motricidad gruesa de las herramientas, se puede mostrar una vista alejada en la pantalla 600, 702. Dicho de otra forma, el factor de acercamiento puede adaptarse al movimiento. La función de acercamiento puede ser realizada automáticamente por el sistema de control 400, basándose, al menos en parte, en el tipo de movimiento que se realiza. La función de acercamiento también puede ser iniciada por el operador 1. Los niveles de acercamiento pueden cambiarse usando los dispositivos de entrada 500, tal como mediante el uso de gestos para acercar o alejar. Son posibles otras formas de cambiar los niveles de acercamiento, tales como conectar dispositivos manuales, tales como ruedas de control, en el dispositivo de entrada 500, en donde el operador puede mover la rueda de control para cambiar el nivel de acercamiento. Otras formas incluyen proporcionar botones o barras deslizantes en la pantalla 702 o la pantalla 600.

Durante las operaciones de acercamiento, la transición entre imágenes puede ser uniforme y fluida. A medida que las imágenes se alejan, se pueden mostrar menos detalles anatómicos. El sistema de control puede cambiar la alimentación de la imagen, tal como el cambio de la cámara 304 dentro del paciente 1 a la alimentación de la cámara 304 montada fuera del cuerpo del paciente. A continuación, se analizan otras fuentes de datos para la vista alejada.

En algunas realizaciones, se puede crear una cámara virtual 706 (véase la Figura 43), permitiendo así la visualización del objetivo desde distintos puntos de vista. La cámara virtual 706 crea una imagen desde cualquier punto de vista. La cámara virtual 706 puede estar asociada con el punto de vista de cualquiera de los múltiples objetos controlables presentes alrededor del espacio de trabajo. La cámara virtual 706 puede estar asociada con el punto de vista del operador 1, tal como el cirujano. A medida que el operador 1 se va moviendo, el sistema de visualización 700 se ajusta al punto de vista del operador de ese momento. La cámara virtual 706 puede crear una imagen usando múltiples fuentes, como se describe en el presente documento.

En algunas realizaciones, la cámara virtual 706 puede estar asociada con la herramienta de cámara 304. El operador 1, tal como un cirujano, puede escoger ajustar la posición de la cámara 304 durante la cirugía, ajustando, por tanto, la cámara virtual 706. Por lo tanto, la pantalla 600, 702 se actualizará a medida que la cámara 304 se vaya moviendo.

La Figura 43 muestra un ejemplo de cómo el operador 1, tal como un cirujano, puede ajustar una cámara virtual 706 durante la cirugía. El operador 1 puede ser rastreado si está portando un dispositivo de rastreo. Si la vista de la cámara 304 está invertida con respecto a la del operador 1, el sistema de control 400 puede reconocer la posición del operador 1 e invertir la cámara virtual 706 en la pantalla 600, 702 para reflejar mejor el punto de vista del operador 1. A medida que el operador 1 se mueve para alinearse con la cámara 304, el sistema de control 400 puede reconocer la posición del operador 1 y reflejar la imagen real de la cámara 304. Las imágenes pueden invertirse, rotarse y voltearse de izquierda a derecha en la pantalla 600, 702 para reflejar el punto de vista de los objetos rastreados, tales como el operador 1, u objetos controlables, tales como brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 y/o herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. En otro ejemplo, la pantalla 600 puede mostrar controles deslizantes o botones para cambiar la posición de la cámara virtual 706 de modo que el operador 1, tal como un cirujano, pueda escoger la vista más apropiada.

Se pueden controlar y ajustar diferentes parámetros de la cámara para mejorar la imagen de la cámara virtual 706. Como un ejemplo no limitante, se puede ajustar la función de acercamiento. Por ejemplo, si se desean movimientos a gran escala, la imagen de la pantalla 600, 702 puede alejarse. A medida que el operador 1, tal como un cirujano, maneja las herramientas para el movimiento a gran escala, la imagen de la pantalla 600, 702 puede acercarse y alejarse para que se pueda ver el espacio de trabajo. Esto se puede hacer automáticamente. Los parámetros de la cámara, tales como el ángulo y el acercamiento, se pueden ajustar con movimientos manuales, por ejemplo, si la cámara virtual 706 está controlada por un dispositivo de entrada 500. El dispositivo de entrada 500, tal como sensores conectados a la mano o controladores inalámbricos, permite que el sistema avanzado de visualización 700 reconozca un patrón de movimiento y realice funciones tales como cambiar el ángulo virtual y el acercamiento.

El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 puede tener múltiples pantallas 600, 702. Dependiendo de los niveles de acercamiento, el sistema de control 400 puede mostrar diferentes imágenes en cada pantalla 600, 702, cada una con diferentes parámetros, tal como diferentes ángulos de cámara. Esto puede permitir a un operador 1, tal como a un cirujano y/o un asistente quirúrgico, operar simultáneamente al paciente, y consultar cada uno la pantalla 600, 702 que presente el punto de vista más natural del espacio de trabajo quirúrgico en relación con la ubicación de cada persona. Esto podría ser útil, por ejemplo, si un asistente se encuentra cerca de las piernas del paciente y el cirujano principal se encuentra al lado del paciente. La pantalla 702 del asistente mostraría la anatomía y las herramientas desde el punto de vista del asistente, y la pantalla 702 del cirujano mostraría la anatomía y las herramientas desde el punto de vista del cirujano.

Los parámetros tales como el ángulo de la cámara y la perspectiva de las imágenes mostradas en cada pantalla 600, 702 pueden depender de uno o más parámetros, incluyendo la posición y la orientación del paciente 2, la posición y la orientación de la pantalla 600, 702, la posición y la orientación del observador de las imágenes, tal como el operador 1. Esto implica que el sistema de control 400 tiene conocimiento de la ubicación y orientación de los diferentes objetos, tales como la pantalla 600, 702, el operador 1 y el paciente 2. Si se dispone de dicho conocimiento, como no saber dónde se encuentra el operador 1, el sistema de control 400 calculará las imágenes sin ese parámetro.

Cuando el operador 1 que se encuentra de pie al lado de la cama mire al paciente 2 y, luego, mire hacia arriba o hacia la pantalla 600, 702, puede encontrar útil navegar por la anatomía o las herramientas en una vista alejada. La vista alejada puede crearse con datos de diferentes fuentes. Estas fuentes pueden incluir datos en vivo de cámaras 304 conectadas en una o múltiples ubicaciones alrededor del sistema quirúrgico hiperdiestro 100 y/o conectadas a una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. Estas fuentes pueden incluir datos de imágenes previas a la operación, tales como datos de resonancia magnética o tomografía computarizada o modelos de la anatomía. Por ejemplo, el proceso de alejamiento puede comenzar mostrando imágenes de la anatomía interna detallada como las ve una cámara 304, que puede estar dentro del cuerpo del paciente colocada a través de un acceso. A medida que disminuye el factor de acercamiento (es decir, que la cámara se aleja), se muestra todo el órgano. A medida que el factor de acercamiento se reduce aún más, el punto de vista puede moverse fuera del cuerpo y puede mostrar el exterior del cuerpo del paciente junto con una representación de los órganos internos. Este concepto se ilustra en la Figura 44.

Partiendo de la Figura 44A, se ilustra una vista acercada de una sección del esófago y la entrada al estómago (la

abertura gastroesofágica). Este es un sitio típico para la cirugía bariátrica en donde se evita el estómago. En la Figura 44B, se muestra el contorno del estómago y algunas partes del esófago. La imagen que se muestra en la Figura 44B se aleja con respecto a la Figura 44A. En la Figura 44C, el estómago, se muestra el esófago en relación con todo el cuerpo. Se puede ajustar el nivel de acercamiento para permitir al cirujano conocer la mejor manera de manejar las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 y/o las herramientas manuales 350. Si el operador 1 solo necesita visualizar los efectores finales, por ejemplo, para movimientos precisos y pequeños, entonces, puede ser útil una imagen "acercada" como la de la Figura 44A. Si el operador 1 desea cambiar de posición las herramientas y usar un ángulo de aproximación diferente con respecto a la anatomía, entonces, puede ser útil una imagen tal como la Figura 44C durante el proceso de cambio de posición.

El sistema quirúrgico hiperdiestro 100 permite al usuario pasar de una vista acercada dentro del paciente a una vista alejada fuera del paciente. El cirujano puede moverse a una nueva posición cuando la imagen esté en la vista alejada. El operador 1 puede encontrar más fácil cambiarse de posición con respecto al paciente en la vista alejada. Desde esta posición, el operador 1 puede acercarse para ver las herramientas dentro del cuerpo, como se ven desde su nueva posición. En algunas realizaciones, el operador 1 puede desconectar el dispositivo de entrada 500 antes de cambiarse de posición. El operador 1 puede conectar el dispositivo de entrada 500 tras cambiarse de posición. En algunas realizaciones, el operador 1 puede cambiar las manos que controlan el dispositivo de entrada 500 en función de la nueva posición.

La representación de los órganos internos puede ser una combinación de diferentes fuentes de datos. Estas fuentes incluyen imágenes reales, en tiempo real, vistas por cámaras u otros dispositivos de visualización. Estas fuentes pueden incluir datos del modelo tridimensional de los órganos generados a partir de la alimentación de la cámara laparoscópica estereoscópica en el transcurso de la cirugía. Estas fuentes pueden incluir datos de resonancia magnética, de tomografía computerizada u de otra modalidad de generación de imágenes previos a la operación. El modelo puede corregirse y mejorarse a medida que nuevos datos de una fuente en tiempo real, tal como la cámara 304, se vuelven disponibles. Después, se podría mostrar el modelo corregido.

El sistema de control 400 puede clasificar los datos en diferentes clases tales como, pero sin limitación, datos en tiempo real (de las cámaras 304), datos del modelo, datos previos a la operación, datos obsoletos (específicamente, datos de la cámara 304 que se tomaron antes de ese momento). Cada tipo de datos puede mostrarse de manera diferente en la imagen combinada. Por ejemplo, los datos obsoletos pueden combinarse con un tono amarillo, lo que indica que se debe tener precaución al usar esa parte específica de los datos tal como aparece en la imagen. En otro ejemplo, los datos del modelo pueden combinarse con un tono rojo, lo que indica que se debe tener mucho cuidado al usar esos datos específicos tal como aparecen en la imagen. Este tipo de clasificación y visualización puede servir como advertencias y recordatorios para el cirujano mientras maneja las herramientas dentro del cuerpo de un paciente a la vez que mira las imágenes de la pantalla 600, 702.

A medida que se ajustan el factor de acercamiento y/o el punto de vista, el sistema de control 400 puede cambiar la relación entre el movimiento del operador 1 (el movimiento de control) y el movimiento de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 (el movimiento controlado). Como ejemplo, en la vista acercada, el sistema de control 400 puede escalar el movimiento de las manos de manera que solo sean posibles movimientos pequeños y precisos con movimientos amplios de la mano. A medida que las imágenes se alejan, la escala entre el movimiento de control y el movimiento controlado puede cambiar, por ejemplo, de modo que, en algunas realizaciones, existe una relación de 1:1 entre los dos. Otros aspectos pueden cambiar de acuerdo con el factor de acercamiento, tal como la ubicación del agarre virtual y los puntos de control.

La Figura 45 muestra una imagen como se ve en la pantalla 702. La pantalla 600 y/o la pantalla 702 pueden mostrar rasgos distintivos del escenario quirúrgico. La pantalla 600 y/o la pantalla 702 pueden representar una imagen de uno o más brazos quirúrgicos hiperdiestros 200, una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300, una o más herramientas manuales 350, el paciente 2, el dispositivo de fijación (por ejemplo, la cama), el operador 1, etc. La pantalla 600 y/o la pantalla 702 pueden representar los puntos de control del sistema quirúrgico hiperdiestro 100.

La pantalla 600 y/o la pantalla 702 pueden mostrar las restricciones del sistema quirúrgico hiperdiestro 100. Por ejemplo, la pantalla 600, 702 puede mostrar la ubicación de un fulcro de una herramienta manual 350. La pantalla 600, 702 puede presentar la restricción para aumentar el conocimiento del operador. Por ejemplo, la pantalla 600, 702 puede mostrar la ubicación de un agarre virtual 512 de una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. La pantalla 600, 702 puede presentar la restricción para aumentar el conocimiento del operador.

La pantalla 600 y/o la pantalla 702 pueden mostrar los puntos de control del sistema quirúrgico hiperdiestro 100. Los puntos de control 2600 son ubicaciones del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 y la herramienta quirúrgica hiperdiestra 200 que tienen la capacidad de moverse. El sistema de control 400 puede producir el movimiento en torno a los puntos de control 2600 basándose en una entrada del operador 1 o una restricción. Por ejemplo, la entrada del operador 1 efectúa el movimiento de una o más secciones que están conectadas con el punto de control 2600. El movimiento del punto de control 2600 hace que se muevan una o más secciones del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 conectado al punto de control 2600.

Los puntos de control 2600 se pueden mover a través del dispositivo de entrada 500. El movimiento del dispositivo de entrada 500 provocaría el movimiento del punto de control 2600 seleccionado. Esto produciría el movimiento de la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 que está controlada por el brazo quirúrgico hiperdiestro 200. La pantalla 600 puede usarse para asignar un dispositivo de entrada 500 a un punto de control 2600 específico.

5 Los puntos de control 2600 pueden indicarse de diferentes maneras, incluyendo, entre otras, colores, retículas, otros iconos en la pantalla. La imagen del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 en la pantalla 600, 702 puede ser una imagen de cámara real de una o muchas cámaras 302 alrededor del sitio quirúrgico. La imagen del brazo quirúrgico hiperdiestro 200 en la pantalla 600, 702 puede ser un dibujo.

10 Una realización de un método quirúrgico

En algunas realizaciones, se usan una o más herramientas manuales 350 junto con una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 en el mismo espacio de trabajo. Un ejemplo de una herramienta manual 350 es una grapadora 354, véase la Figura 39. La grapadora 354 puede usarse junto con la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300. En la Figura 39, se muestra el flujo de trabajo cuando se usan ambos tipos de herramientas en un procedimiento quirúrgico de resección de colon, que muestra un método 5. La Figura 39 ilustra un método de uso de una herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 y una herramienta manual 350. El método se refiere al mantenimiento del colon en una determinada posición y a la colocación de una línea de grapas a través del colon. El sistema incluye un primer dispositivo de agarre 312, un segundo dispositivo de agarre 314, una cámara 304 y una grapadora 354. El sistema incluye dos dispositivos de entrada 500, un primer controlador 516 y un segundo controlador 518.

En la etapa 10, el operador 1 puede colocar la cámara 304 usando cualquiera de los dispositivos de entrada 500. En algunas realizaciones, el operador 1 conecta un icono del dispositivo de entrada 500 con un icono del objeto controlable tal como la cámara 304.

Después, en la etapa 20, el operador 1 usa el primer controlador 516, que es controlado por una mano del operador, para mover un objeto controlable, tal como el primer dispositivo de agarre 312. El operador usa el primer dispositivo de agarre 312 para colocar y sujetar una sección del colon. El operador usa el embrague 112 para desconectar el objeto controlable, el primer dispositivo de agarre 312. El primer dispositivo de agarre 312 permanecerá en su sitio. El operador 1 puede establecer el primer controlador 516.

Además, en la etapa 30, el operador 1 puede levantar la grapadora 354 manual con una mano. El operador 1 puede colocar la grapadora 354 manual y mover la grapadora 354 a la posición diana, como se ve a través de la cámara 304 colocada. En la etapa 40, el operador 1 usa el segundo controlador 518, que está controlado por la mano que no sujeta la grapadora 354. El segundo controlador 518 mueve un segundo objeto controlable, tal como el segundo dispositivo de agarre 314. El operador 1 usa el segundo dispositivo de agarre 314 para colocar y sujetar una sección del colon. Después, en la etapa 50, el operador 1 maneja la grapadora 354 y el segundo dispositivo de agarre 314 para colocar el colon en la posición más óptima para recibir las grapas. Por último, en la etapa 60, el operador 1 maneja la grapadora manual 354 y las grapas se administran en la ubicación diana. Este método ilustra cómo se pueden usar una o más herramientas manuales 350 y una o más herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 al mismo tiempo por el mismo operador 1 en el mismo espacio de trabajo. El operador 1 puede estar de pie junto al paciente en todo momento (por ejemplo, en una o más, por ejemplo, una pluralidad de, ubicaciones junto a la cama) durante este procedimiento. En algunas realizaciones, el operador 1 podría realizar las dos primeras etapas, las etapas 10 y 20, a una distancia, tal como desde el controlador 514, alejado del paciente.

Con las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300, suele ser difícil transmitir la sensación del tacto. Los cirujanos a veces usan el tacto para obtener mejor información sobre la anatomía. Sin embargo, muchos cirujanos prefieren tocar al paciente en ciertas situaciones. En algunas realizaciones, se puede usar la herramienta manual 350 para entrar en contacto con el tejido. Esto se realiza comúnmente con la cirugía tradicional. La información sensorial proporcionada con el uso de la herramienta manual 350 puede guiar el manejo por parte del cirujano de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. Los dispositivos proxy tales como los sensores de fuerza y las celdas de carga pueden transmitir una sensación de presión o tacto a través de mecanismos complejos a las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. La presión transmitida por las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300 al operador (a través de uno o más dispositivos de entrada 500, tal como comunicando una señal desde un transmisor del sistema de control 400 a un receptor del dispositivo de entrada 500) facilita el conocimiento de la anatomía del paciente 2.

Las herramientas manuales 350 pueden usarse en otros métodos, en combinación con las herramientas quirúrgicas hiperdiestras 300. Por ejemplo, el brazo quirúrgico hiperdiestro 200 puede sujetar el trocar 302, como se muestra en la Figura 2. La herramienta manual 350 o la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 se pueden insertar a través del trocar 302. Este método de uso puede ser beneficioso, por ejemplo, cuando la herramienta manual 350 deba mantener el tejido en su sitio mientras el cirujano maneja las otras herramientas. En otro ejemplo, en los pacientes obesos, el manejo de las herramientas se vuelve difícil debido al hábito corporal; en estos casos, la herramienta manual o la herramienta quirúrgica hiperdiestra 300 pueden ser sujetadas o soportadas por los brazos quirúrgicos hiperdiestros 200 para aliviar el estrés físico sobre el operador 1.

En las realizaciones del presente documento, el sistema quirúrgico hiperdiestro se describe como aquel acoplado a un dispositivo de fijación. El sistema quirúrgico hiperdiestro puede acoplarse a una cama, una cama de hospital, una mesa de operaciones, una mesa de diagnóstico, una plataforma, el suelo, una pared, un carro o una plataforma móvil. Cuando el dispositivo de fijación es un carro o una plataforma rodante, el dispositivo de fijación se puede anclar al suelo. El dispositivo de fijación puede estar ubicado dentro de un ambulatorio, la oficina de un médico forense, un hospital, un consultorio médico, un centro clínico o cualquier otro lugar adecuado para el uso del sistema quirúrgico hiperdiestro.

Aunque se describe en ciertas realizaciones en relación con los procedimientos quirúrgicos, El sistema quirúrgico hiperdiestro puede usarse de cualquier manera apropiada. El sistema quirúrgico hiperdiestro puede usarse en un método que maneje herramientas quirúrgicas hiperdiestras para la inserción percutánea. El sistema quirúrgico hiperdiestro descrito en el presente documento puede manejarse en procedimientos no percutáneos (por ejemplo, procedimientos que no impliquen la realización de incisiones y la inserción de las herramientas quirúrgicas hiperdiestras por vía percutánea). Por ejemplo, el sistema quirúrgico hiperdiestro se puede usar para tomar biopsias de piel. El sistema quirúrgico hiperdiestro se puede usar para cualquier cirugía. El sistema quirúrgico hiperdiestro se puede usar en cualquier procedimiento médico apropiado. El sistema quirúrgico hiperdiestro se puede usar junto con pacientes vivos (por ejemplo, cirugía) o cadáveres (por ejemplo, autopsias). Las realizaciones descritas en el presente documento pueden usarse de cualquier manera apropiada. El brazo quirúrgico hiperdiestro puede usarse en la fabricación o en el montaje de productos (por ejemplo, en una línea de montaje, en una sala limpia, etc.).

Aunque la presente divulgación se ha descrito en el contexto de ciertas realizaciones y ejemplos, los expertos en la materia entenderán que la divulgación se extiende más allá de las realizaciones desveladas específicamente a otras realizaciones y/o usos alternativos, y modificaciones evidentes y equivalentes de los mismos. Además, si bien se han mostrado y descrito en detalle varias variaciones de las realizaciones de la divulgación, otras modificaciones, que están dentro del alcance de la presente divulgación, serán muy evidentes para los expertos en la materia. También se contempla que es posible realizar diferentes combinaciones o combinaciones secundarias de los rasgos distintivos y de los aspectos específicos de las realizaciones y que sigan estando dentro del alcance de la divulgación. Por ejemplo, los rasgos distintivos descritos anteriormente en relación con una realización pueden usarse con una realización diferente descrita en el presente documento y que la combinación siga estando dentro del alcance de la divulgación. Se ha de entender que es posible combinar o sustituir diferentes rasgos distintivos y aspectos de las realizaciones desveladas entre sí para formar modos variables de las realizaciones de la divulgación. Así pues, se pretende que el alcance de la divulgación del presente documento no esté limitado por las realizaciones particulares descritas anteriormente. Por consiguiente, a menos que se establezca lo contrario o que sea claramente incompatible, cada realización de la presente invención puede comprender, además de sus rasgos distintivos esenciales descritos en el presente documento, uno o más rasgos distintivos según lo descrito en el presente documento de cada otra realización de la invención desvelada en el presente documento.

Se entenderá que los rasgos distintivos, los materiales, las características o los grupos descritos en combinación con un determinado aspecto, realización o ejemplo son aplicables a cualquier otro aspecto, realización o ejemplo descrito en esta sección o en otra parte de la presente memoria descriptiva a menos que sea incompatible con la misma. Todos los rasgos distintivos desvelados en la presente memoria descriptiva (incluyendo las reivindicaciones adjuntas, el sumario y los dibujos), y/o todas las etapas de cualquier método o proceso así desvelado, pueden combinarse en cualquier combinación, excepto en las combinaciones en donde al menos algunos de dichos rasgos distintivos y/o etapas son excluyentes entre sí. La protección no se restringe a los detalles de ninguna de las realizaciones anteriores. La protección se extiende a cualquier nuevo rasgo distintivo o a cualquier nueva combinación de rasgos distintivos desvelados en la presente memoria descriptiva (incluyendo las reivindicaciones adjuntas, el resumen y los dibujos), o a cualquier nueva etapa o cualquier nueva combinación de las etapas de cualquier método o proceso así desvelado.

Además, determinados rasgos distintivos que se describen en la presente divulgación en el contexto de implementaciones separadas también se pueden implementar en combinación en una sola implementación. A la inversa, los diferentes rasgos distintivos que se describen en el contexto de una sola implementación también se pueden implementar en múltiples implementaciones por separado o en cualquier combinación secundaria adecuada.

Asimismo, aunque las operaciones pueden representarse en los dibujos o describirse en la memoria descriptiva en un determinado orden, no es necesario realizar dichas operaciones en el orden que se muestra en particular o en orden secuencial, ni realizar todas las operaciones, para lograr resultados deseables. Se pueden incorporar otras operaciones que no se representen ni se describan en los métodos y procesos ilustrativos. Por ejemplo, se pueden realizar una o más operaciones adicionales antes, después, simultáneamente, o entre cualquiera de las operaciones descritas. Además, las operaciones pueden reorganizarse o reordenarse en otras implementaciones. Los expertos en la materia apreciarán que, en algunas realizaciones, las etapas reales adoptadas en los procesos ilustrados y/o desveladas pueden diferir de las mostradas en las figuras. Dependiendo de la realización, se pueden eliminar algunas de las etapas descritas anteriormente, y se pueden añadir otras. Además, los rasgos distintivos y atributos de las realizaciones específicas desveladas anteriormente pueden combinarse de diferentes maneras para formar realizaciones adicionales, todo lo cual cae dentro del alcance de la presente divulgación. Además, no debe entenderse que la separación de diferentes componentes del sistema en las implementaciones descritas anteriormente requiera dicha separación en todas las implementaciones, y debe entenderse que los componentes y sistemas descritos

generalmente pueden integrar conjuntamente un solo producto o empaquetarse en múltiples productos.

5 A los fines de la presente divulgación, en el presente documento, se describen ciertos aspectos, ventajas y rasgos distintivos novedosos. No necesariamente la totalidad de dichas ventajas puede lograrse de acuerdo con cualquier realización en particular. Así pues, por ejemplo, los expertos en la materia reconocerán que la divulgación puede realizarse o llevarse a cabo de una manera que logre una ventaja o un grupo de ventajas como las enseñadas en el presente documento sin lograr necesariamente otras ventajas enseñadas o sugeridas en el presente documento.

10 Las expresiones en condicional, tales como "puede" o "podría", a menos que se indique específicamente lo contrario, o se entienda de otro modo dentro del contexto en donde se usa, en general, pretenden transmitir que ciertas realizaciones incluyen, mientras que otras realizaciones no incluyen, determinados rasgos distintivos, elementos y/o etapas. Así pues, dicha expresión en condicional, en general, no implica que los rasgos distintivos, los elementos y/o las etapas sean de alguna manera necesarios para una o más realizaciones o que una o más realizaciones necesariamente incluyan el proceso lógico para decidir, con o sin la entrada o solicitud del usuario, si estos rasgos
15 distintivos, elementos y/o etapas están incluidos o deben realizarse en cualquier realización en particular.

20 Las expresiones con conjunciones tales como la expresión "al menos uno de X, Y y Z ", a menos que se indique específicamente lo contrario, o se entienda de otra manera con el contexto en donde se usa, en general, pretende transmitir que un artículo, término, etc. puede ser bien X, Y o Z. Por lo tanto, dicha expresión con conjunciones, en general, no implica que ciertas realizaciones requieran la presencia de al menos uno de X, al menos uno de Y y al menos uno de Z.

25 Las expresiones de grado usadas en el presente documento, tales como los términos "aproximadamente", "en torno a", "en general" y "básicamente" como se usa en el presente documento representan un valor, una cantidad o una característica cercana al valor, a la cantidad o a la característica que se establecen que aún realiza una función deseada o logra un resultado deseado. Por ejemplo, los términos "aproximadamente", "en torno a", "en general" y "básicamente" pueden referirse a una cantidad que esté dentro de menos del 10 % de, dentro de menos del 5 % de, dentro de menos del 1 % de, dentro de menos del 0,1 % y dentro de menos del 0,01 % de la cantidad indicada. En otro ejemplo, en determinadas realizaciones, las expresiones "básicamente paralelo" y "esencialmente paralelo" se refieren a un valor, una cantidad o una característica que se aleja exactamente del paralelismo en menos de o igual a
30 15 grados, 10 grados, 5 grados, 3 grados, 1 grado, 0,1 grados, o de otra manera.

35 El alcance de la presente divulgación no pretende estar limitado por las divulgaciones específicas de las realizaciones preferidas en la presente sección o en otra parte de la presente memoria descriptiva, y puede estar definido por las reivindicaciones como se presentan en la presente sección o en otra parte de la presente memoria descriptiva o como se presenten en el futuro. El lenguaje de las reivindicaciones debe interpretarse de manera amplia en función del lenguaje empleado en las reivindicaciones y no limitado a los ejemplos descritos en la presente memoria descriptiva o durante el procesamiento de la solicitud, ejemplos que deben interpretarse como no exclusivos. La invención se define en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema quirúrgico (100), que comprende:

5 uno o más brazos electromecánicos que se pueden acoplar a un dispositivo de fijación;
 una o más herramientas electromecánicas soportadas por uno o más brazos electromecánicos para definir uno o
 más conjuntos de brazos y herramientas electromecánicos;
 un sistema de control electrónico (400) configurado para comunicarse electrónicamente con uno o más conjuntos
 de brazos y herramientas electromecánicos, estando el sistema de control (400) configurado para controlar el
 10 funcionamiento de uno o más conjuntos de brazos y herramientas electromecánicos;
 uno o más controladores portátiles manuales que se pueden accionar para comunicar una o más señales de control
 a uno o más conjuntos de brazos y herramientas electromecánicas a través del sistema de control electrónico para
 manejar uno o más conjuntos de brazos y herramientas electromecánicas, y
 un sistema de visualización (700) configurado para recibir señales de entrada de una o más fuentes que
 15 comprenden una o más cámaras (304), estando el sistema de visualización (700) configurado para mostrar una
 imagen de un lugar de trabajo quirúrgico en uno o más monitores,
caracterizado por que el sistema de control (400) está configurado para controlar electrónicamente el uno o más
 conjuntos de brazos y herramientas electromecánicas mientras cambia dinámicamente entre un marco de
 referencia de una cámara del lugar de trabajo quirúrgico y un marco de referencia fuera del cuerpo de un paciente.
 20

2. El sistema quirúrgico de la reivindicación 1, en donde dichos uno o más controladores portátiles manuales están
 configurados para proporcionar dichas una o más señales de control desde una pluralidad de ubicaciones de un
 escenario quirúrgico, y en donde una de la pluralidad de ubicaciones es un soporte de control remoto.

25 3. El sistema quirúrgico de la reivindicación 1, en donde dichos uno o más controladores portátiles manuales están
 configurados para proporcionar dichas una o más señales de control desde una pluralidad de ubicaciones de un
 escenario quirúrgico, en donde una de la pluralidad de ubicaciones está al lado de una mesa de operaciones de un
 paciente, en donde dichos uno o más controladores portátiles manuales se pueden manejar junto a la mesa de
 operaciones para permitir así al cirujano manejar simultáneamente una herramienta manual con una mano y un
 30 conjunto de brazos y herramientas electromecánicas con la otra mano a través de dicho uno o más controladores
 portátiles manuales.

4. El sistema de la reivindicación 3, en donde el conjunto de brazos y herramientas electromecánicas, y la herramienta
 manual se manejan independientemente entre sí o en sincronía entre sí.

35 5. El sistema de la reivindicación 3, en donde el conjunto de brazos y herramientas electromecánicas y la herramienta
 manual se manejan en marcos de referencia que están alineados, parcialmente alineados o independientes entre sí.

6. El sistema quirúrgico de la reivindicación 1, en donde al menos uno de los uno o más controladores portátiles
 manuales (522) es inalámbrico y comunica dichas una o más señales de control de forma inalámbrica.

7. El sistema quirúrgico de la reivindicación 1, en donde el dispositivo está acoplado a una mesa de operaciones (102).

45 8. El sistema de la reivindicación 1, en donde el uno o más brazos electromecánicos comprenden cada uno tres grados
 de libertad.

9. El sistema de la reivindicación 1, en donde dichos uno o más controladores portátiles manuales están configurados
 para proporcionar dichas una o más señales de control desde una pluralidad de ubicaciones de un escenario
 quirúrgico, en donde se rastrea una posición dentro de el escenario quirúrgico de uno o más controladores portátiles
 50 manuales.

10. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además un embrague (112) que se puede accionar para conectar
 y desconectar selectivamente el uno o más controladores portátiles manuales con el uno o más conjuntos de brazos
 y herramientas electromecánicas para manejar selectivamente el uno o más conjuntos de brazos y herramientas
 electromecánicas.
 55

11. El sistema quirúrgico de la reivindicación 1, que comprende además una interfaz de usuario que se puede manejar
 para conmutar selectivamente uno de los uno o más controladores portátiles manuales entre el manejo de diferentes
 conjuntos de brazos y herramientas electromecánicas.
 60

12. El sistema quirúrgico de la reivindicación 1, en donde el sistema de control (400) está configurado para cambiar
 dinámicamente entre diferentes marcos de referencia para el uno o más conjuntos de herramientas y brazos
 electromecánicas, y una o más cámaras (304), permitiendo así que un cirujano se mueva a diferentes orientaciones
 con respecto a un paciente durante un procedimiento quirúrgico y controle el uno o más conjuntos de brazos y
 65 herramientas electromecánicas desde dichas diferentes orientaciones.

13. El sistema quirúrgico de la reivindicación 1, en donde un marco de referencia de una cámara (304) cuando está en el espacio de trabajo quirúrgico proporciona al cirujano una vista inmersiva del espacio de trabajo quirúrgico.
- 5 14. El sistema quirúrgico de la reivindicación 13, en donde el sistema de control está configurado para controlar el uno o más conjuntos de brazos y herramientas electromecánicas en un marco de referencia fuera del cuerpo de un paciente.
- 10 15. El sistema quirúrgico de la reivindicación 13, en donde el sistema de control está configurado para cambiar la asignación de uno o más controladores portátiles manuales sujetados por el cirujano entre uno o más conjuntos de brazos y herramientas electromecánicas para permitir al cirujano cambiarse de posición a un punto de vista diferente con respecto al paciente.
16. El sistema quirúrgico de la reivindicación 13, en donde el sistema de visualización (700) muestra una o más imágenes del espacio de trabajo quirúrgico en un marco de referencia que sigue al cirujano.

Continuo de la interacción

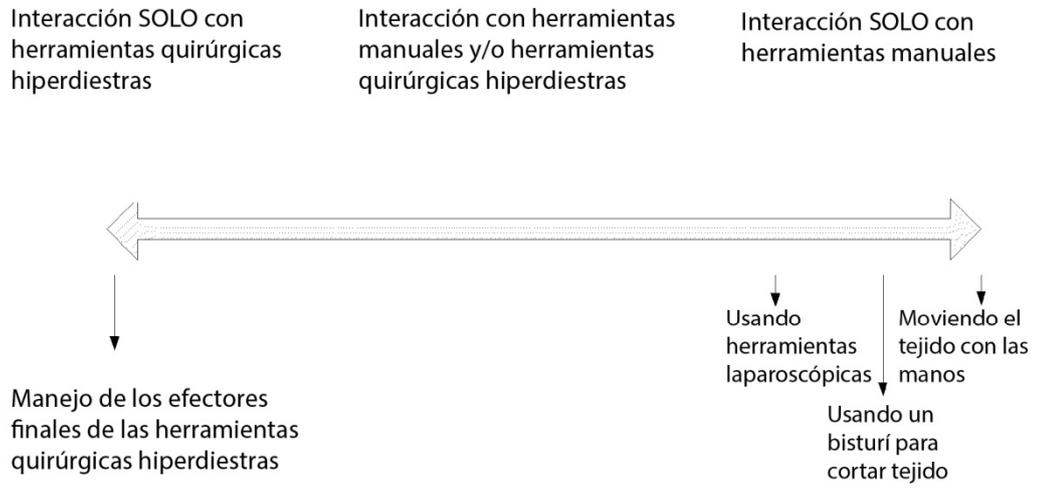


FIG. 1A

Continuo de la interacción

Interacción a través de un sistema hiperdiestro usando dispositivos de entrada del usuario

Interacción en un mundo físico

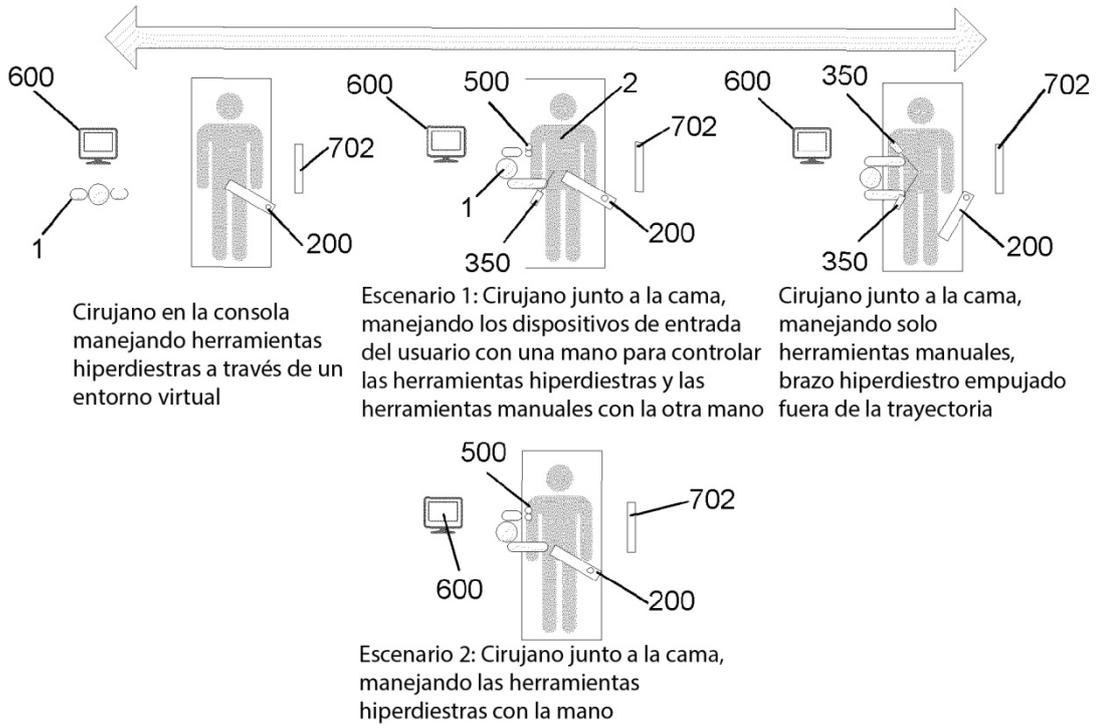
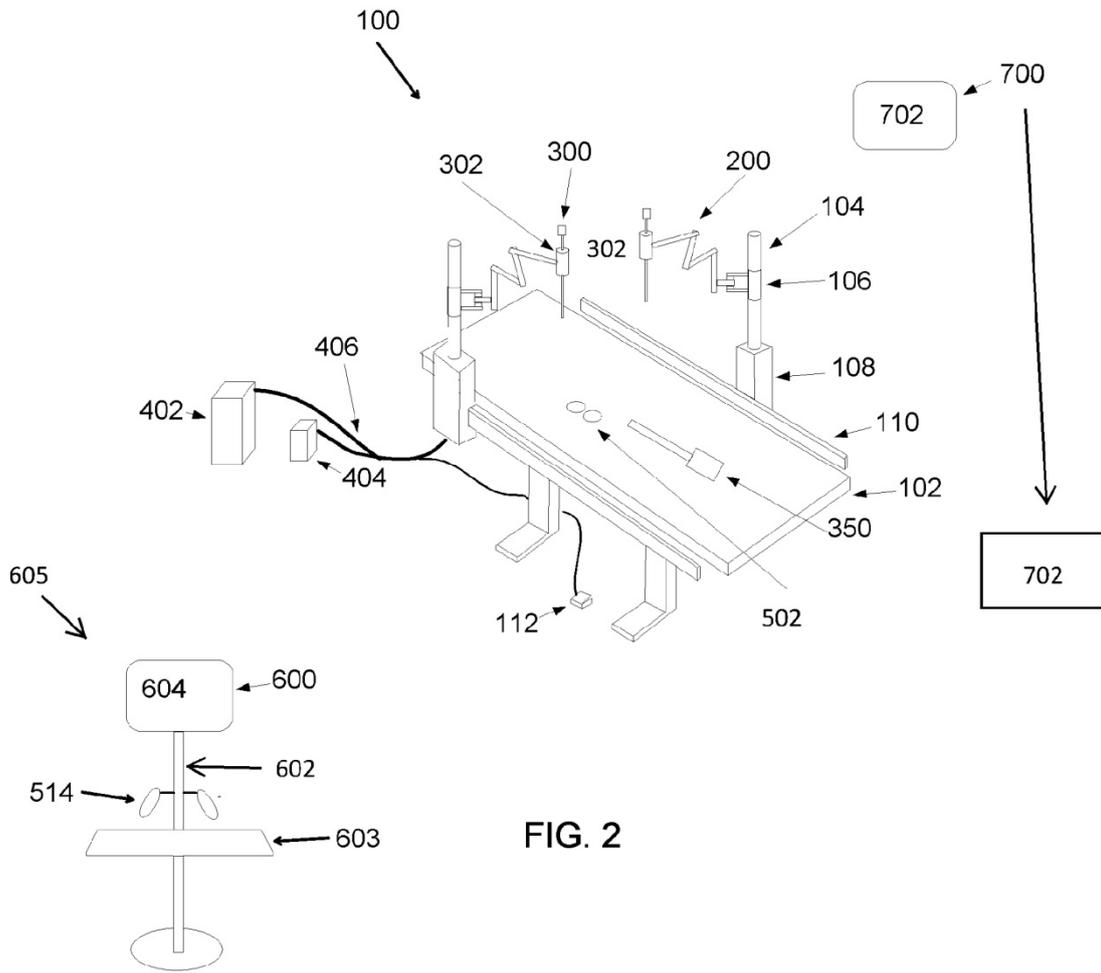
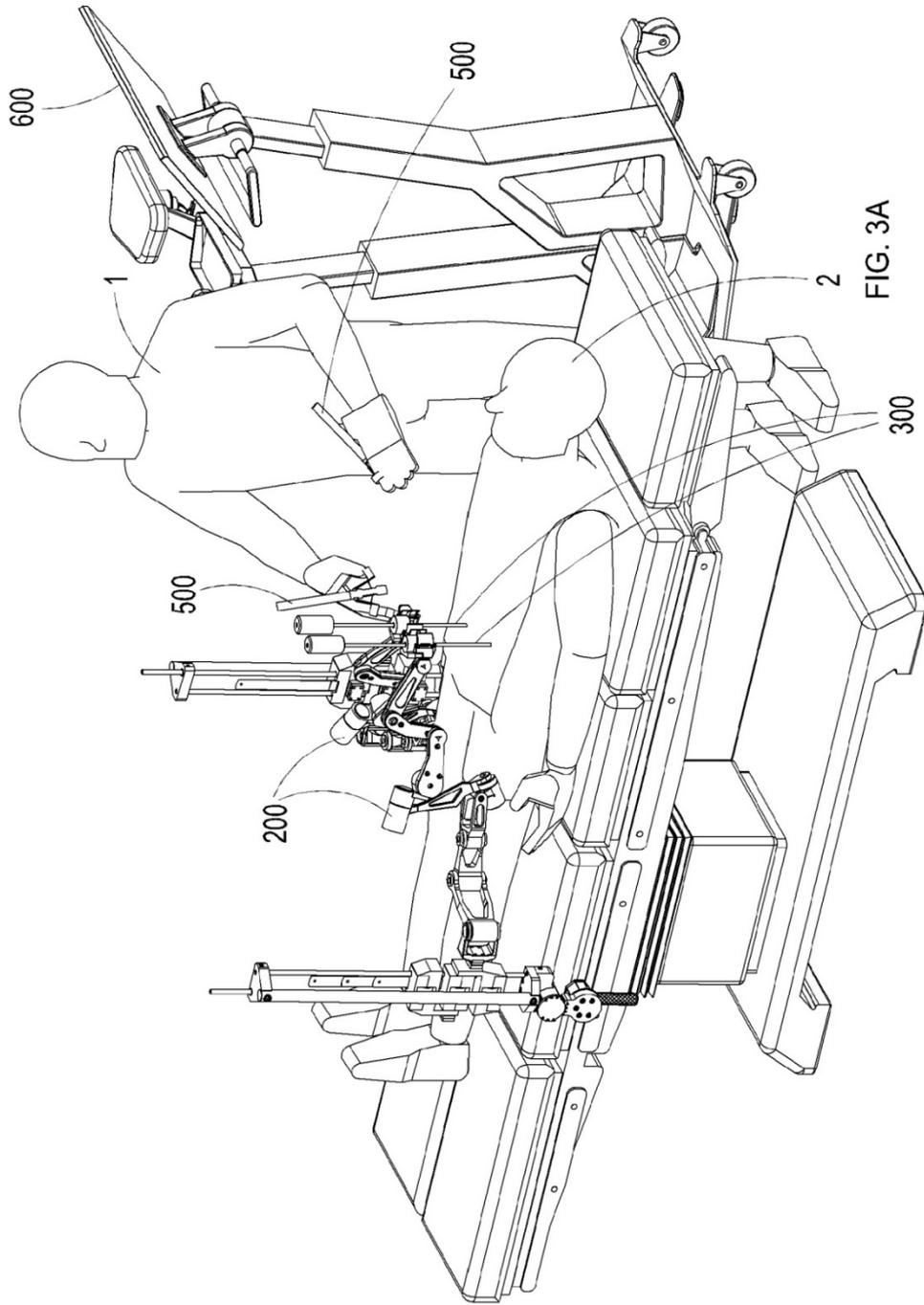


FIG. 1B





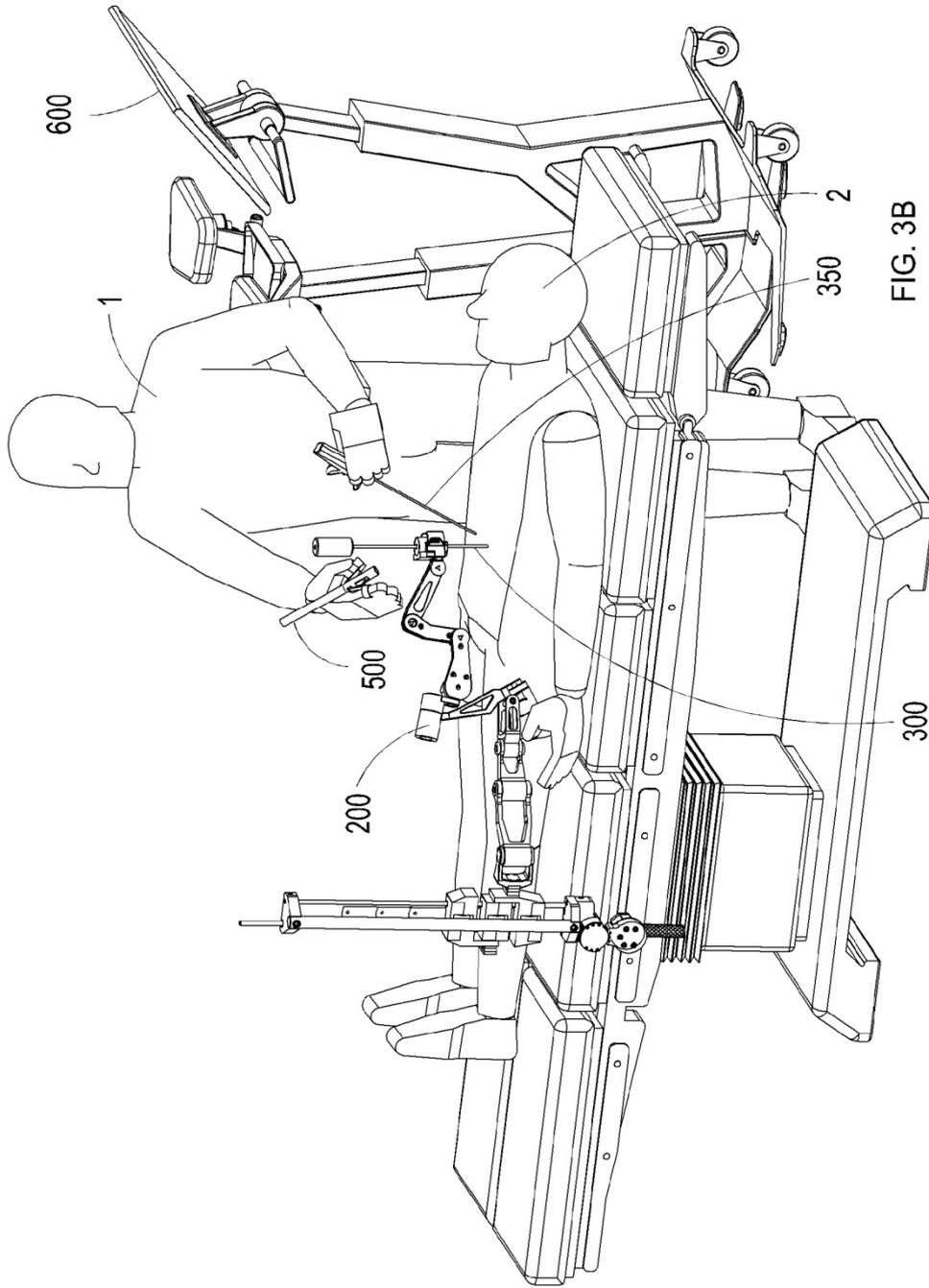


FIG. 3B

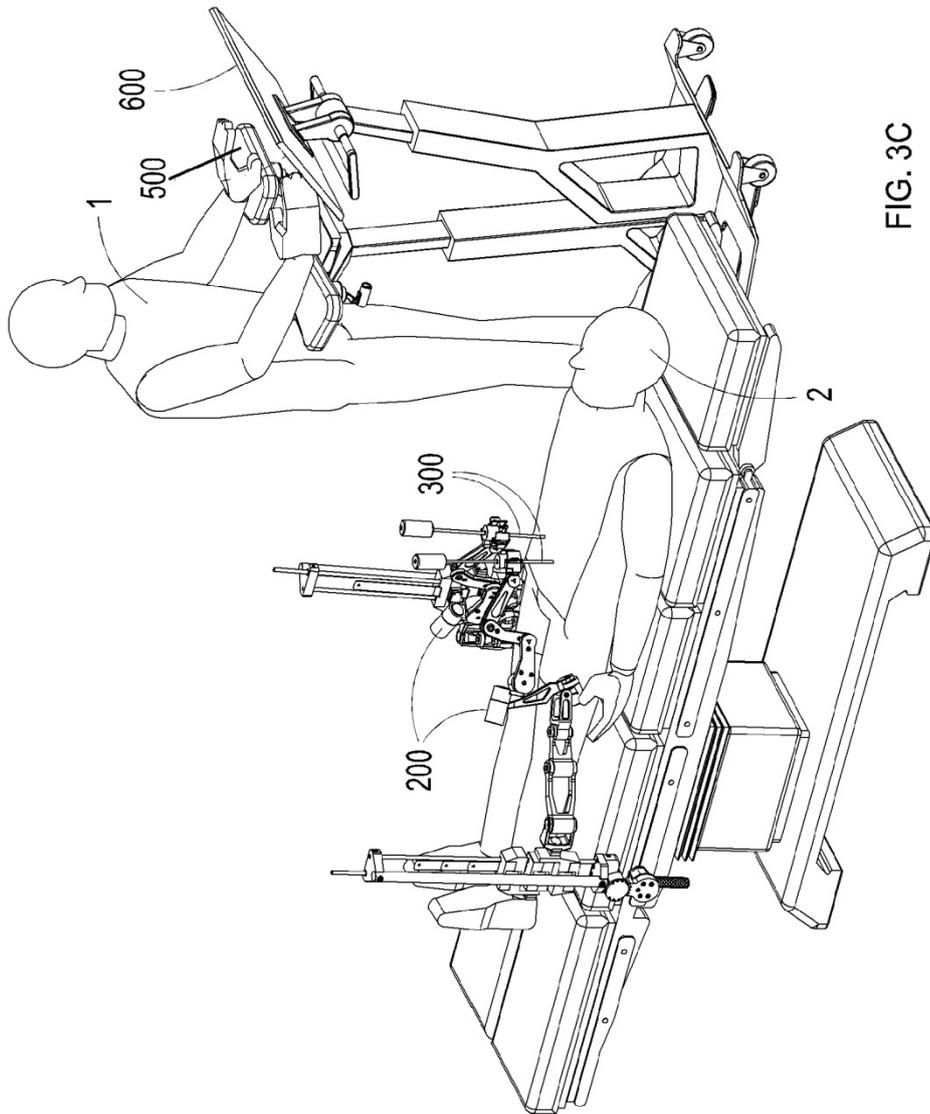


FIG. 3C

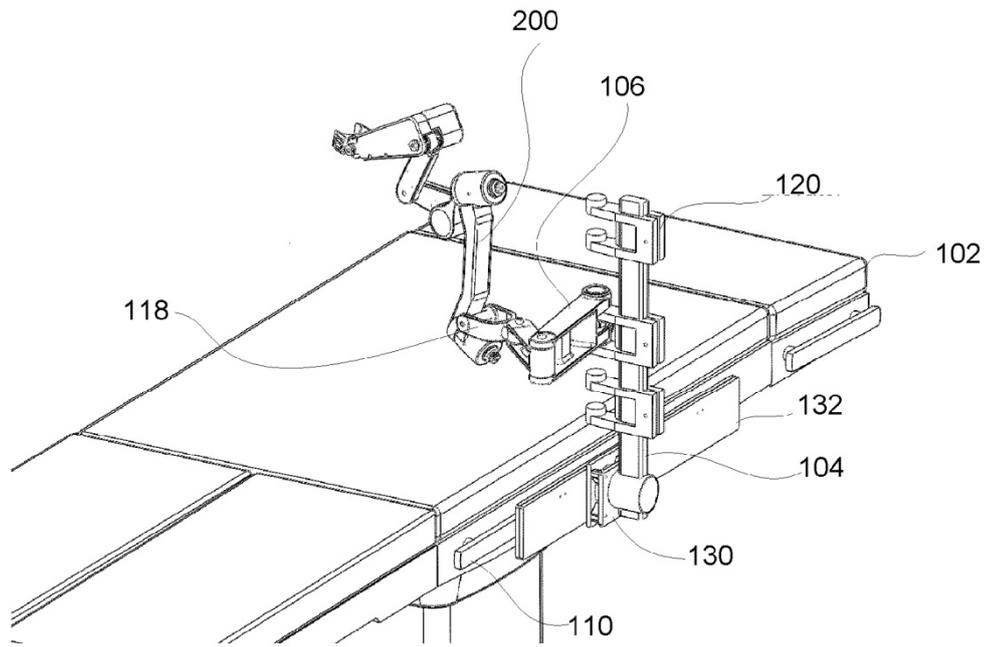
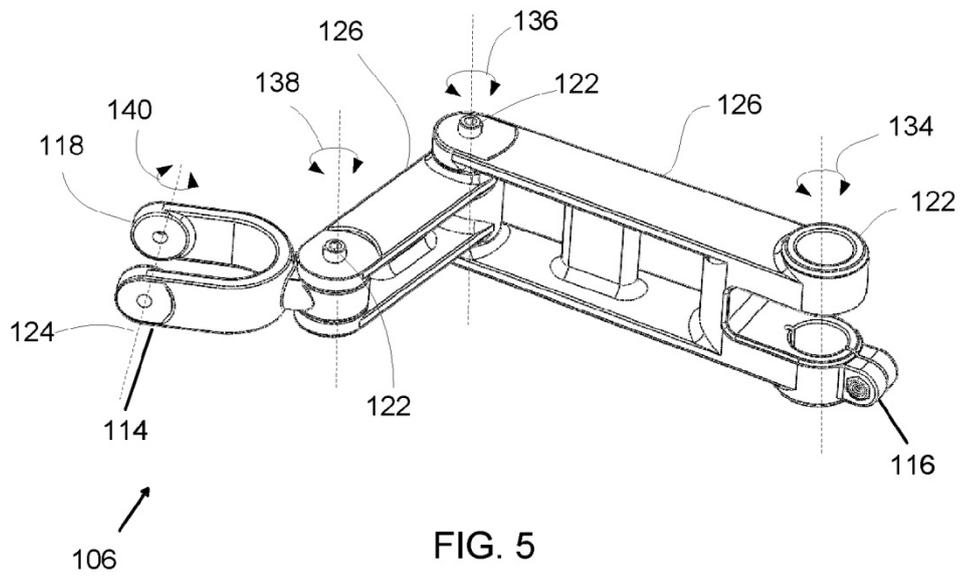


FIG. 4



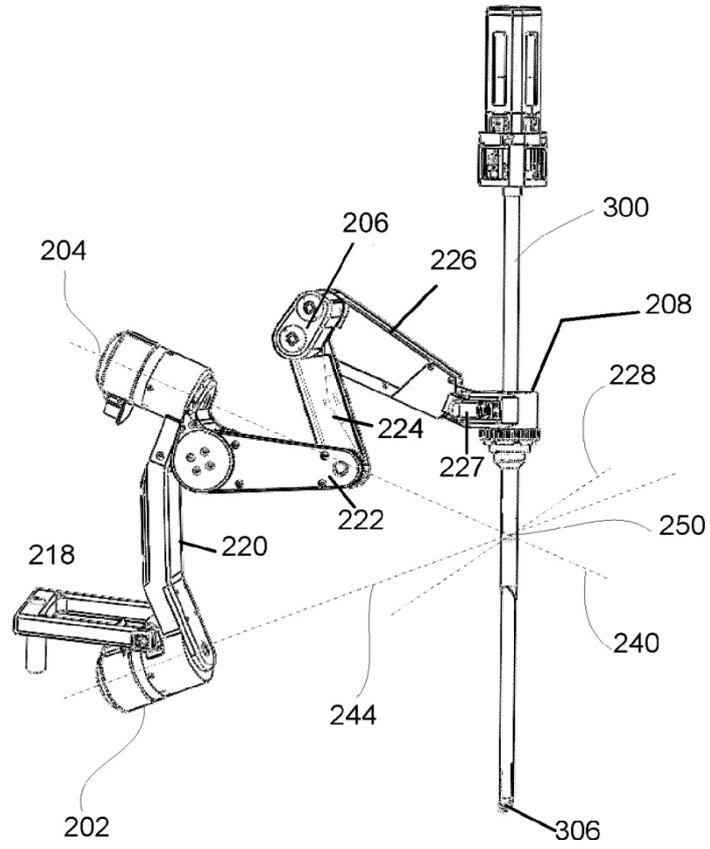


FIG. 7

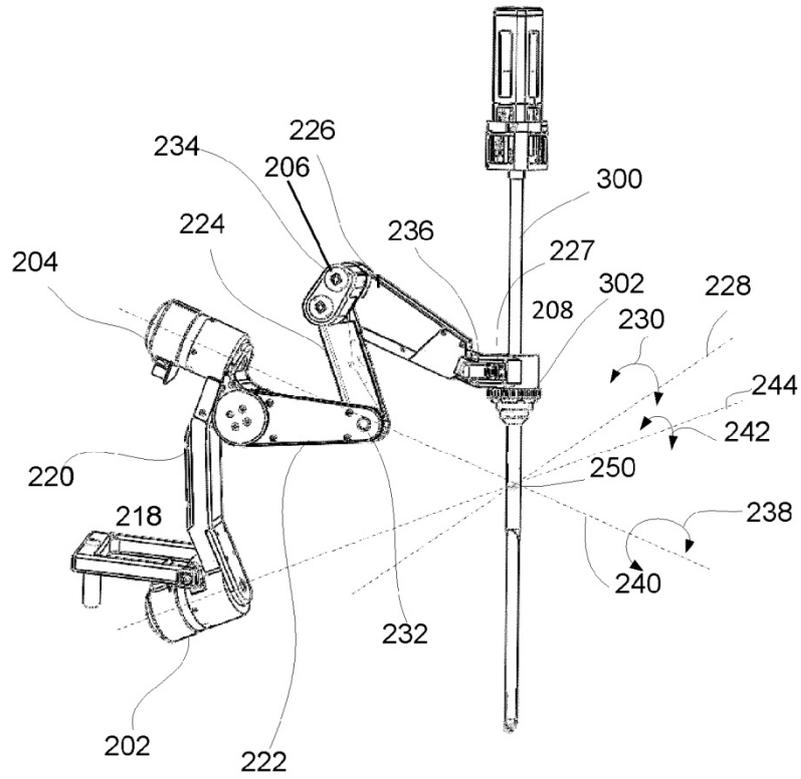


FIG. 8

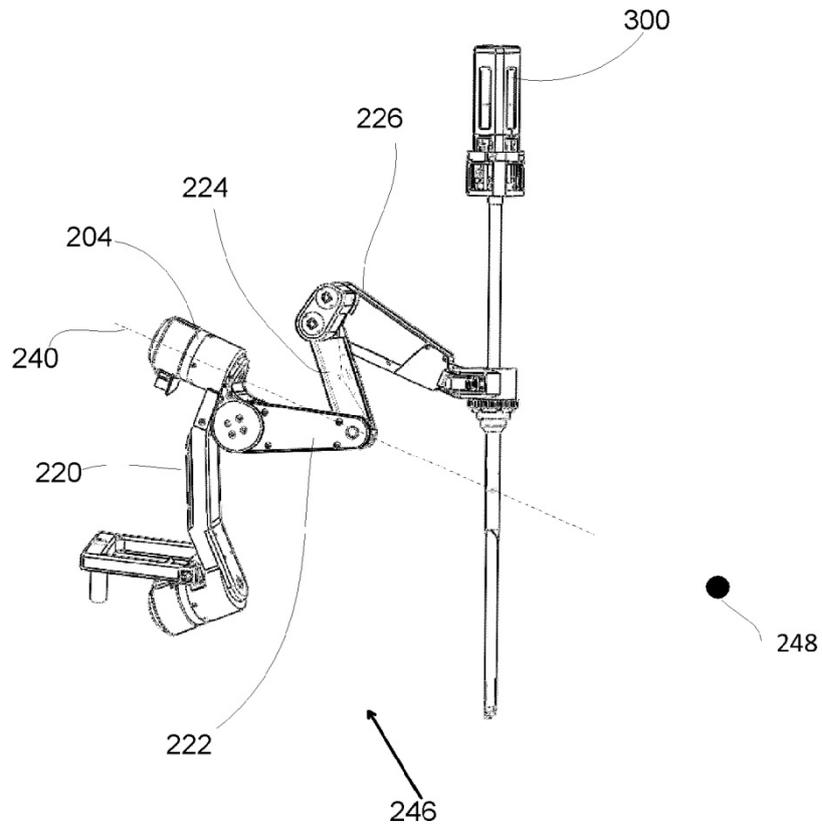


FIG. 9

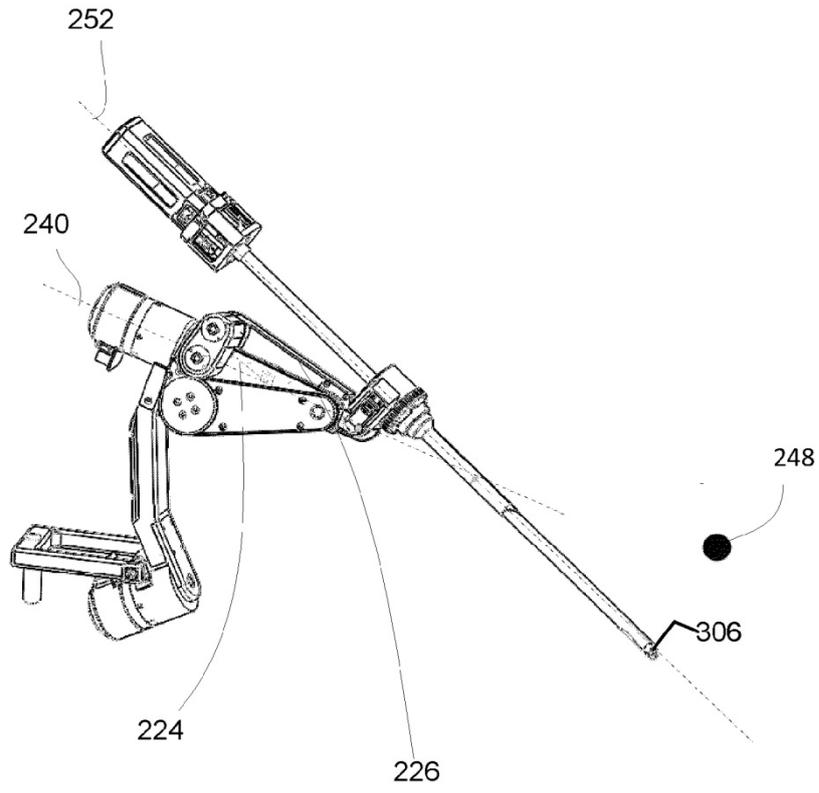


FIG. 10

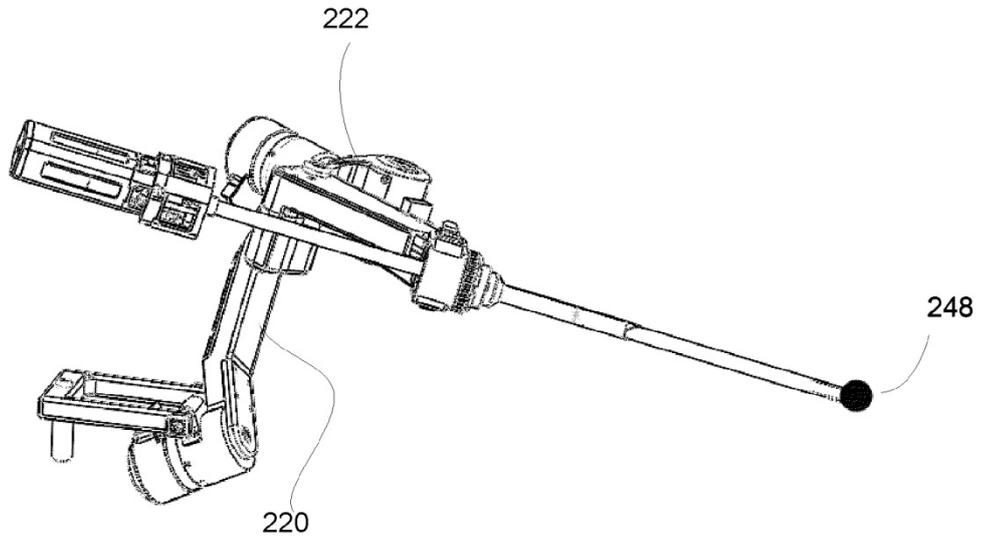


FIG. 11

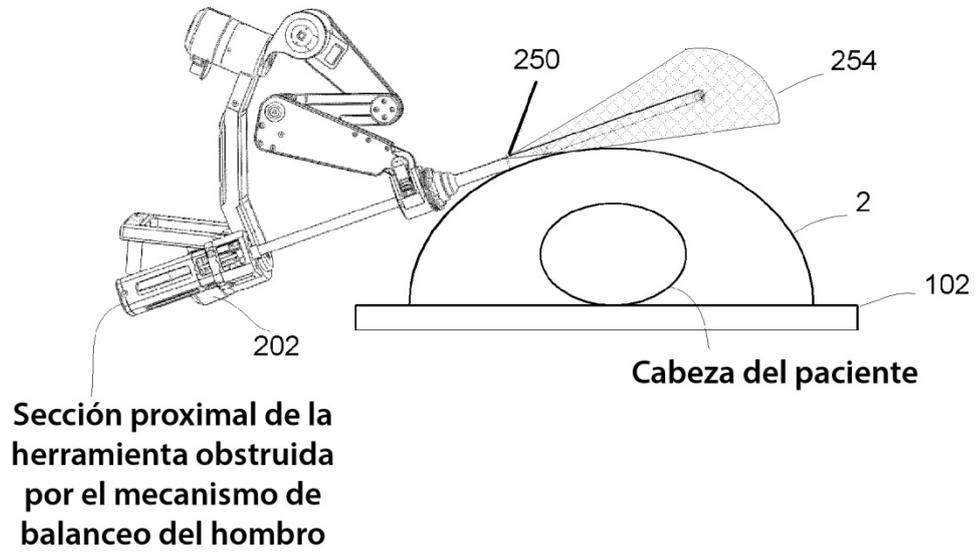


FIG. 12

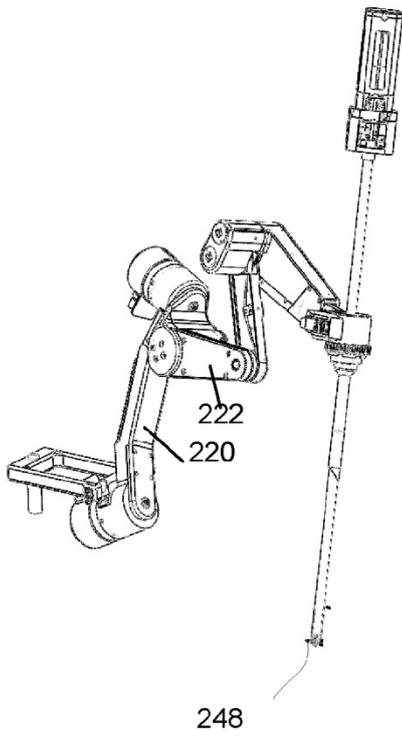


FIG. 13A

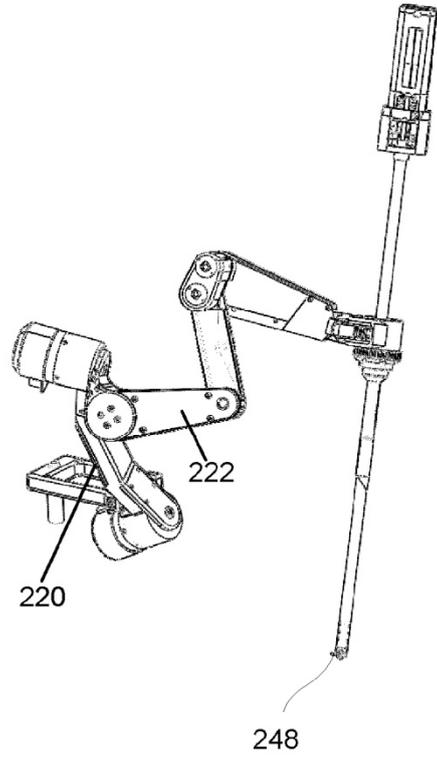


FIG. 13B

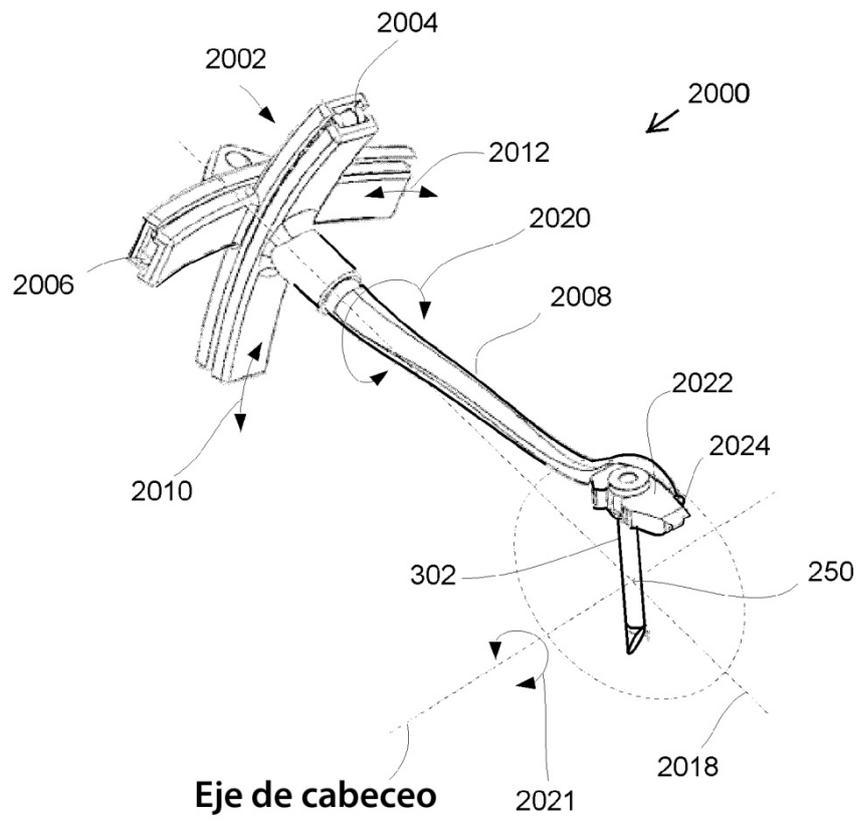


FIG. 14

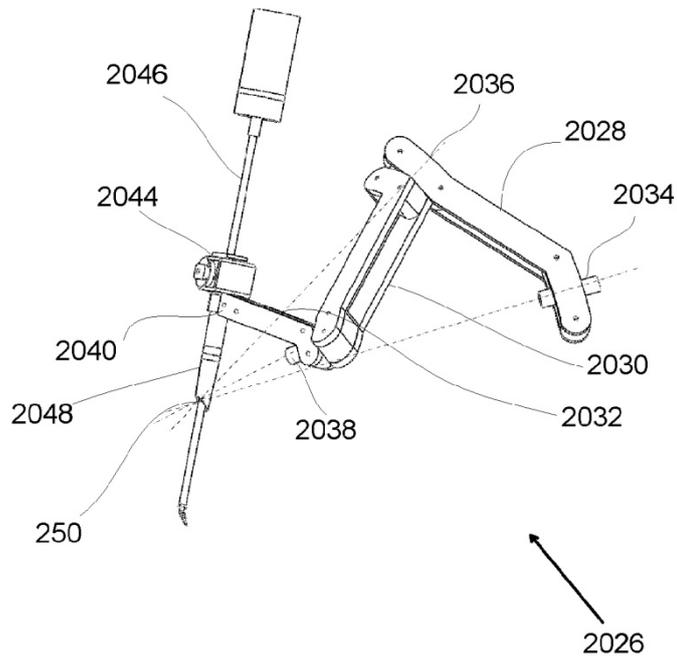


FIG. 15

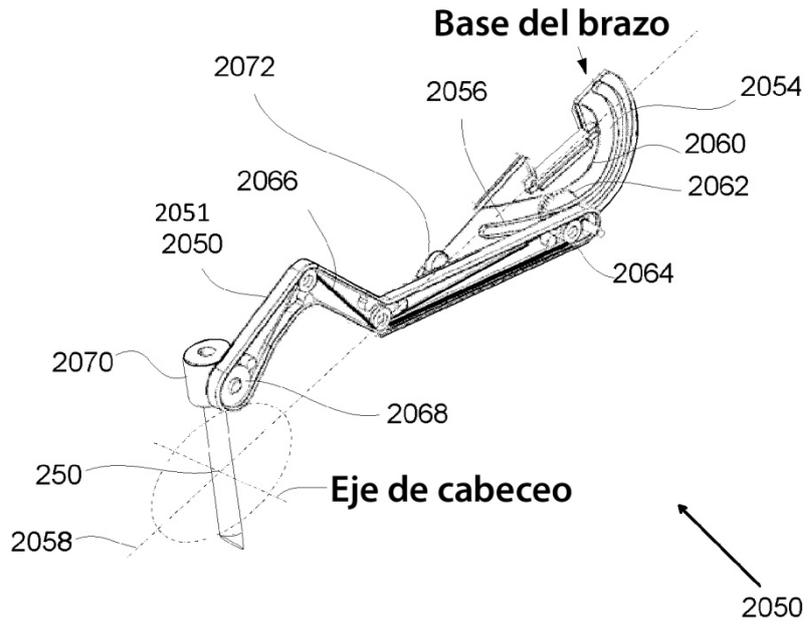


FIG. 16

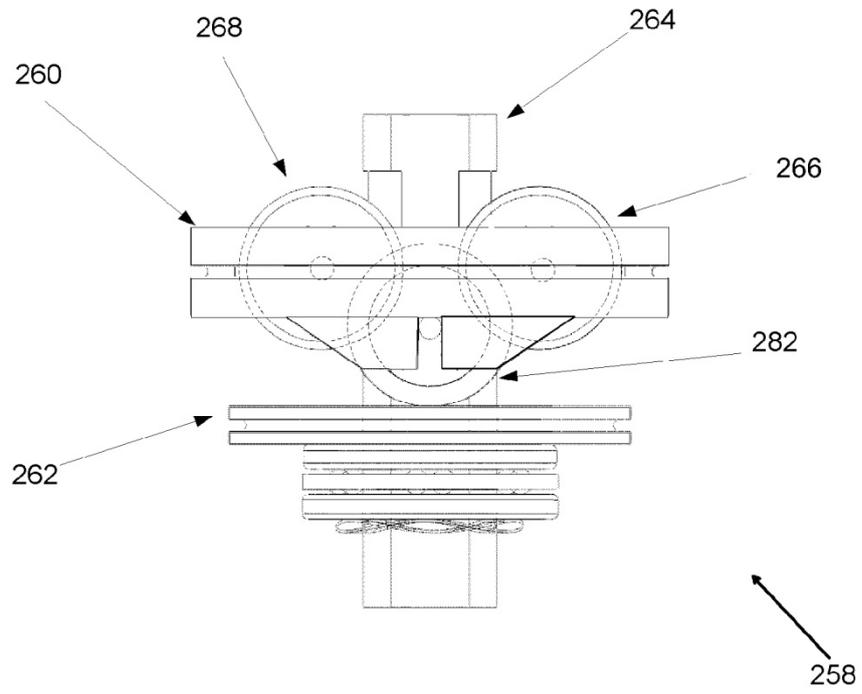


FIG. 17

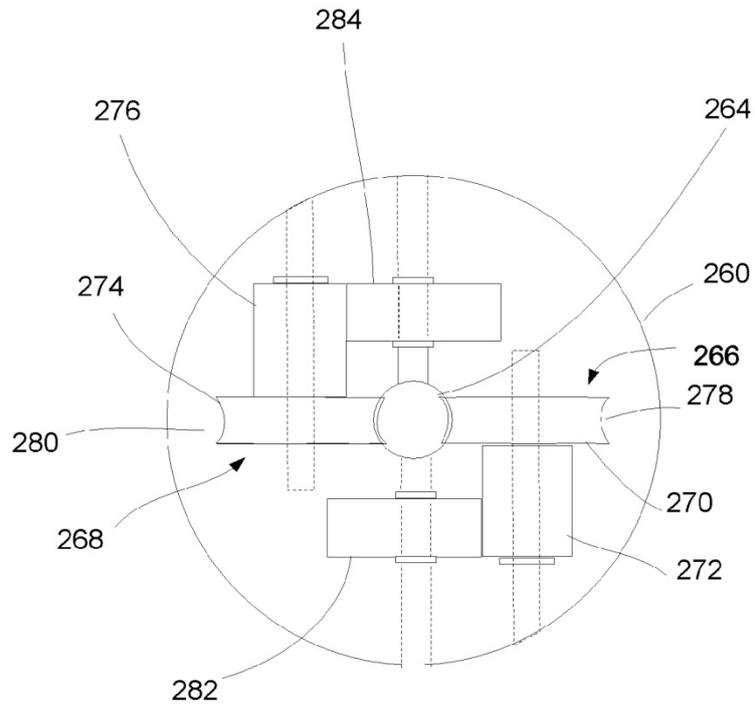


FIG. 18

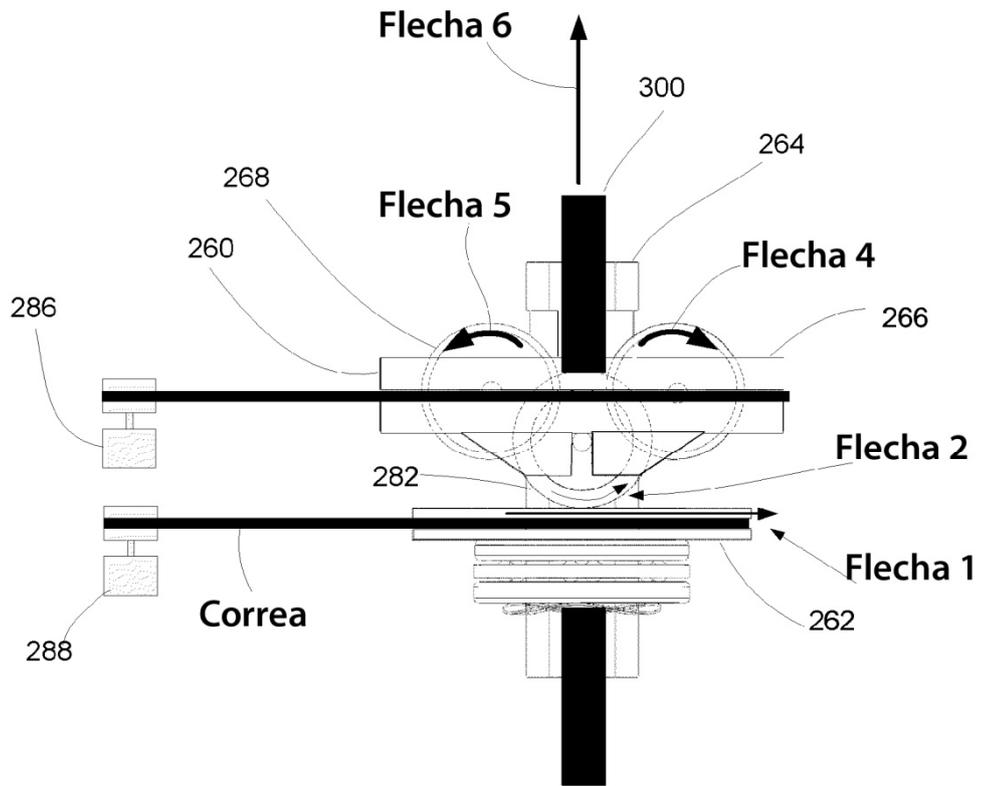


FIG. 19

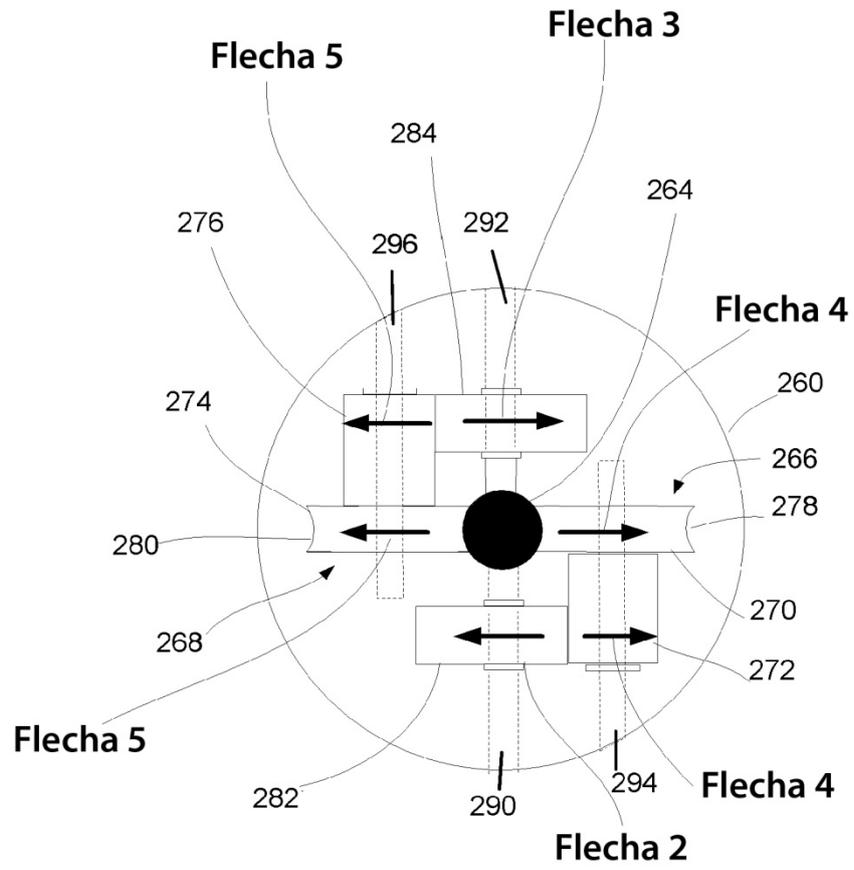


FIG. 20

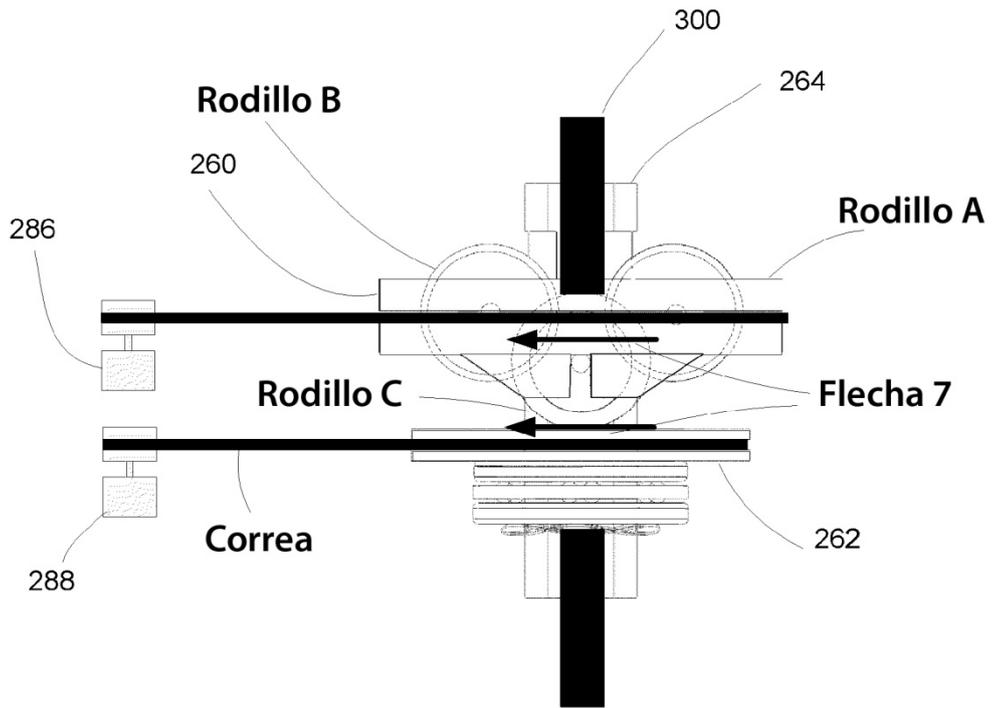


FIG. 21

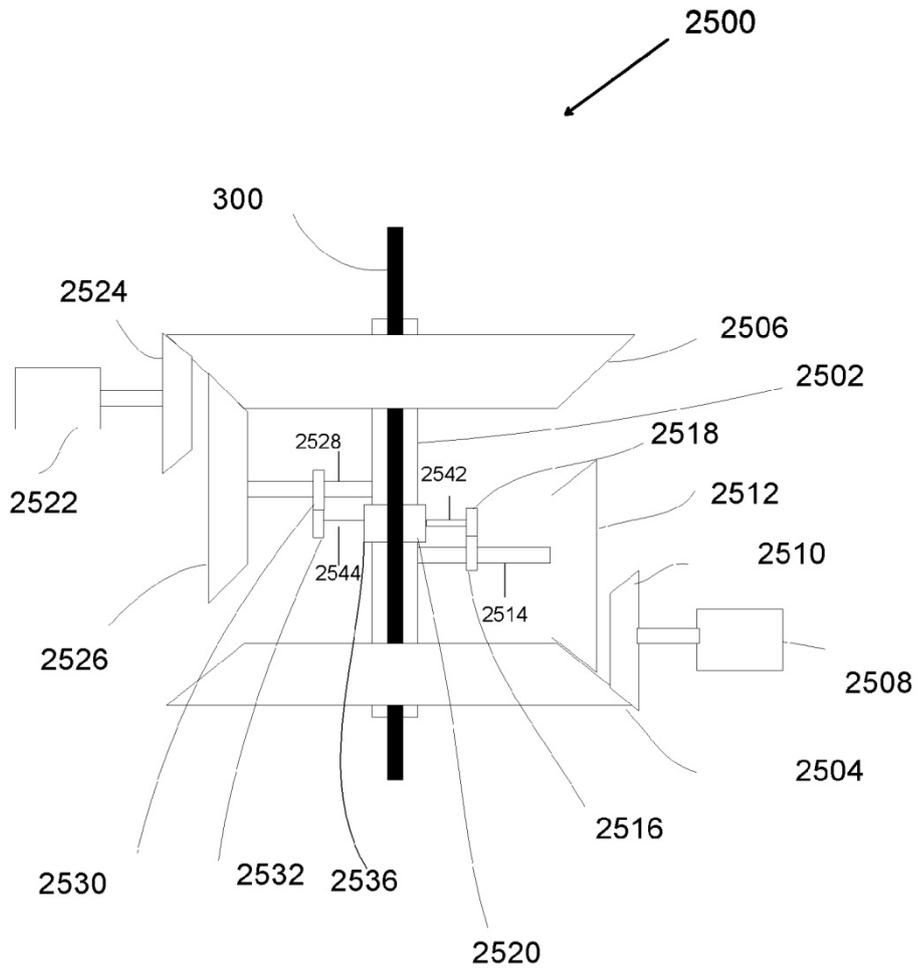


Fig. 23

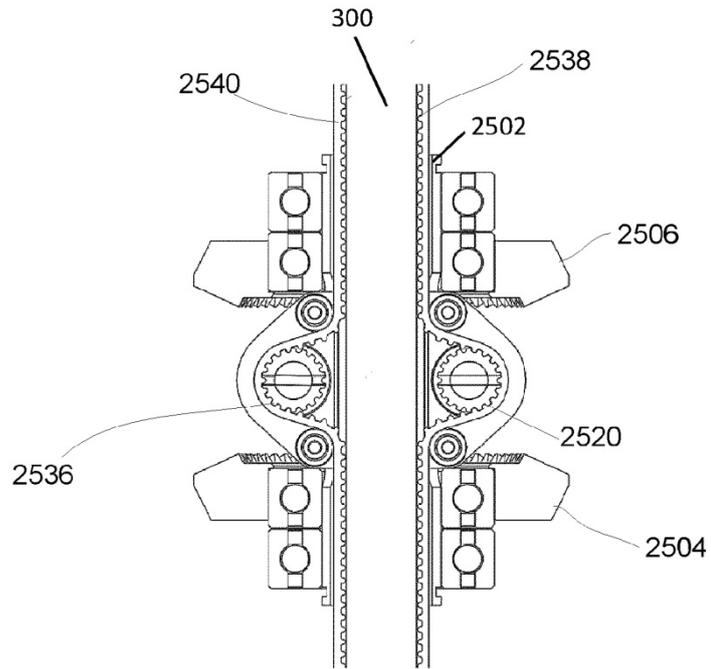


FIG.24

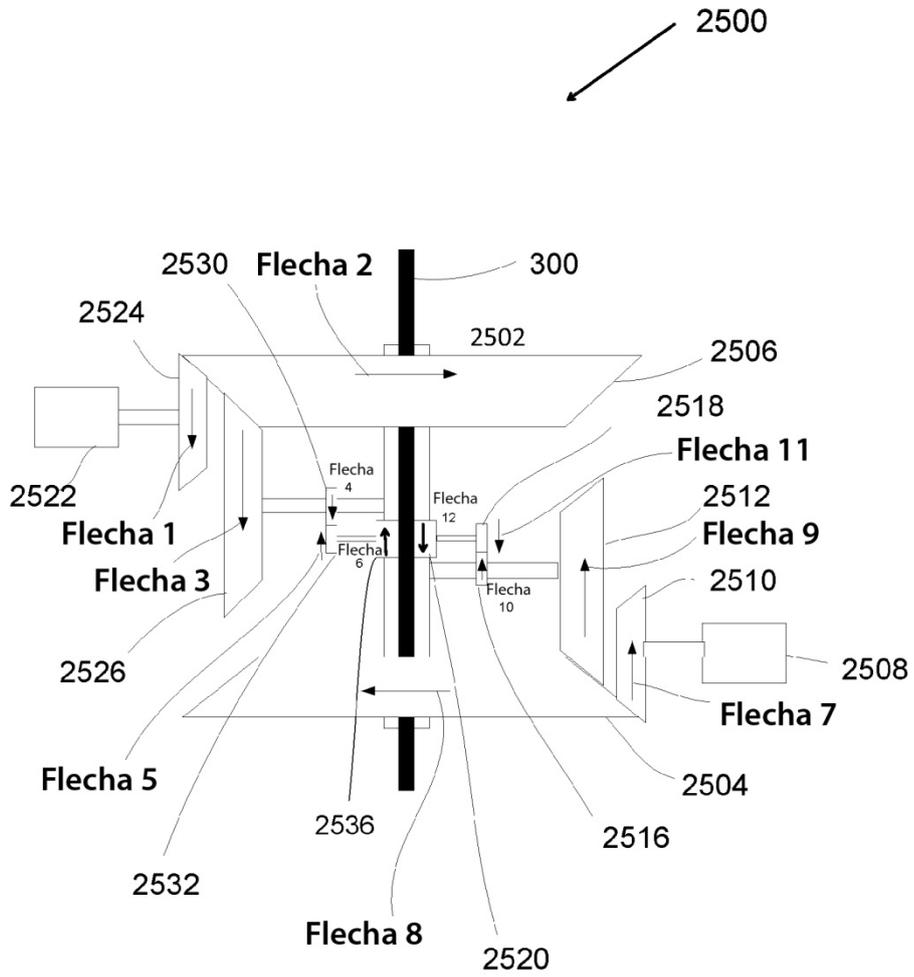


Fig. 25

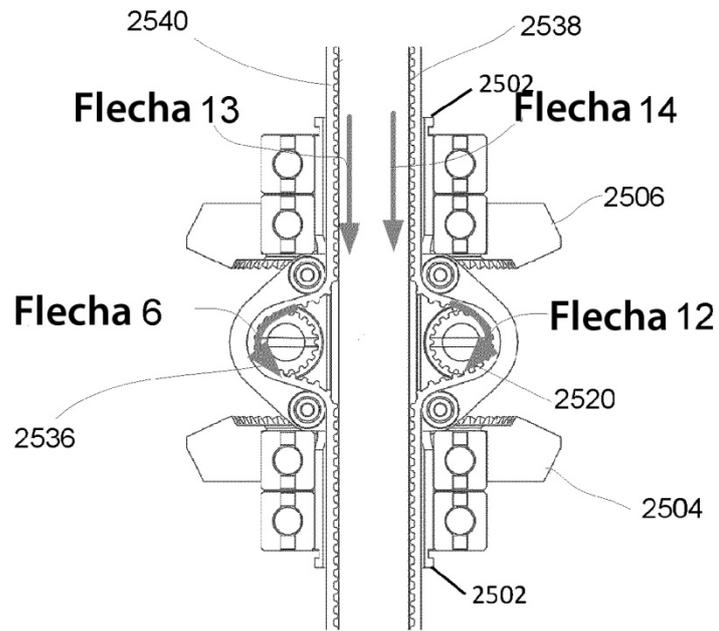


FIG. 26

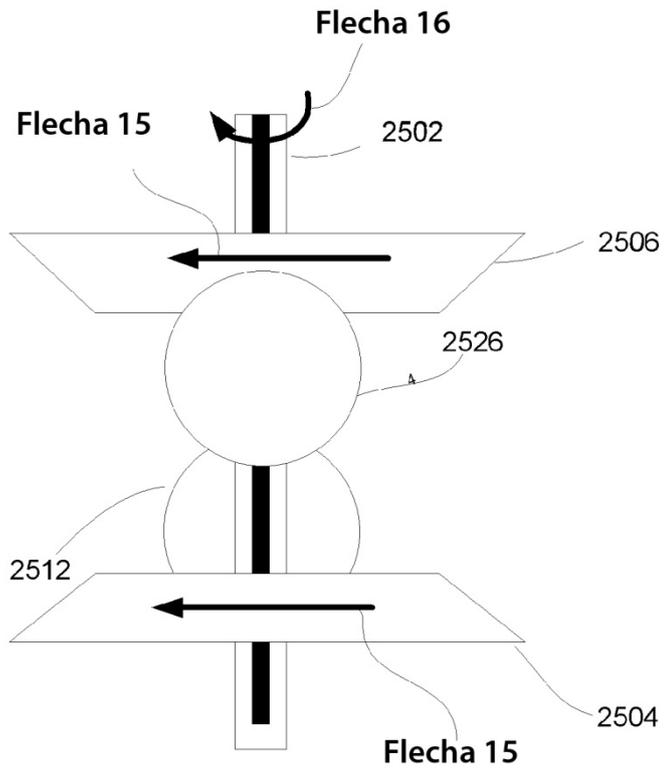


FIG. 27

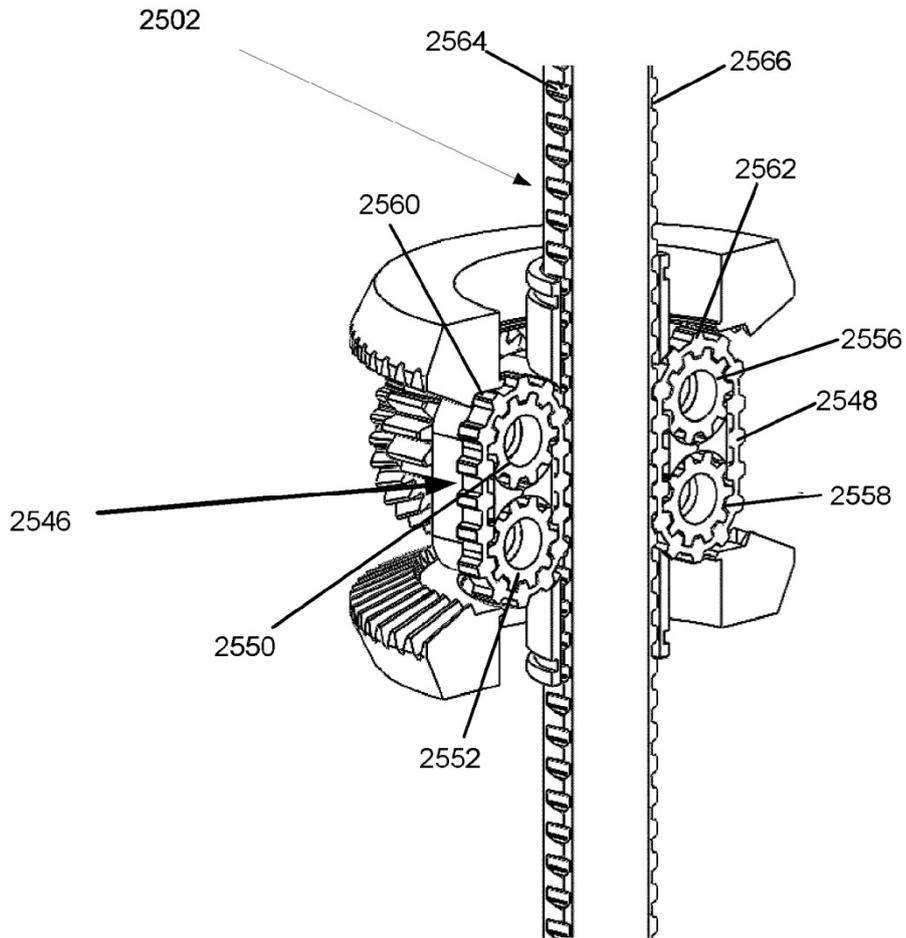


FIG. 28

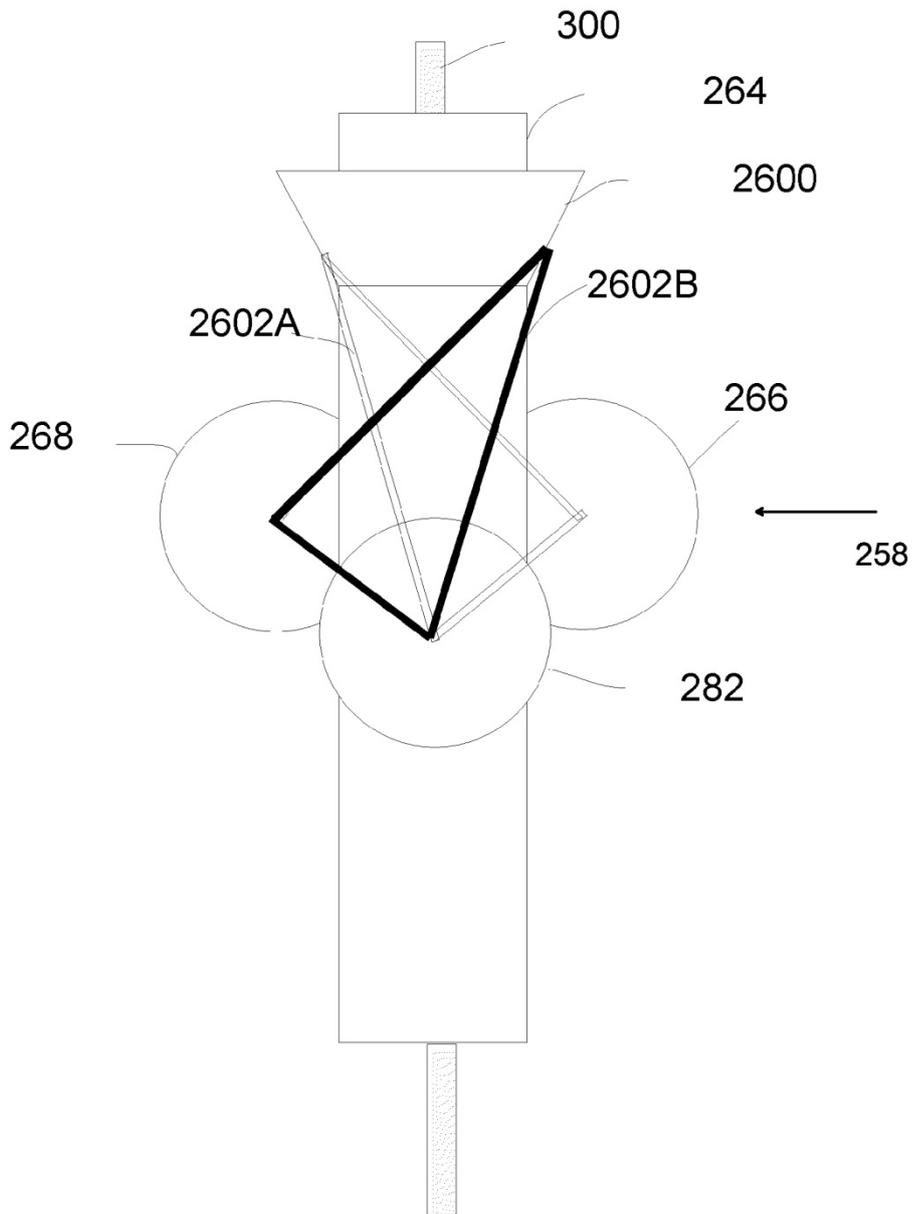


FIG. 29

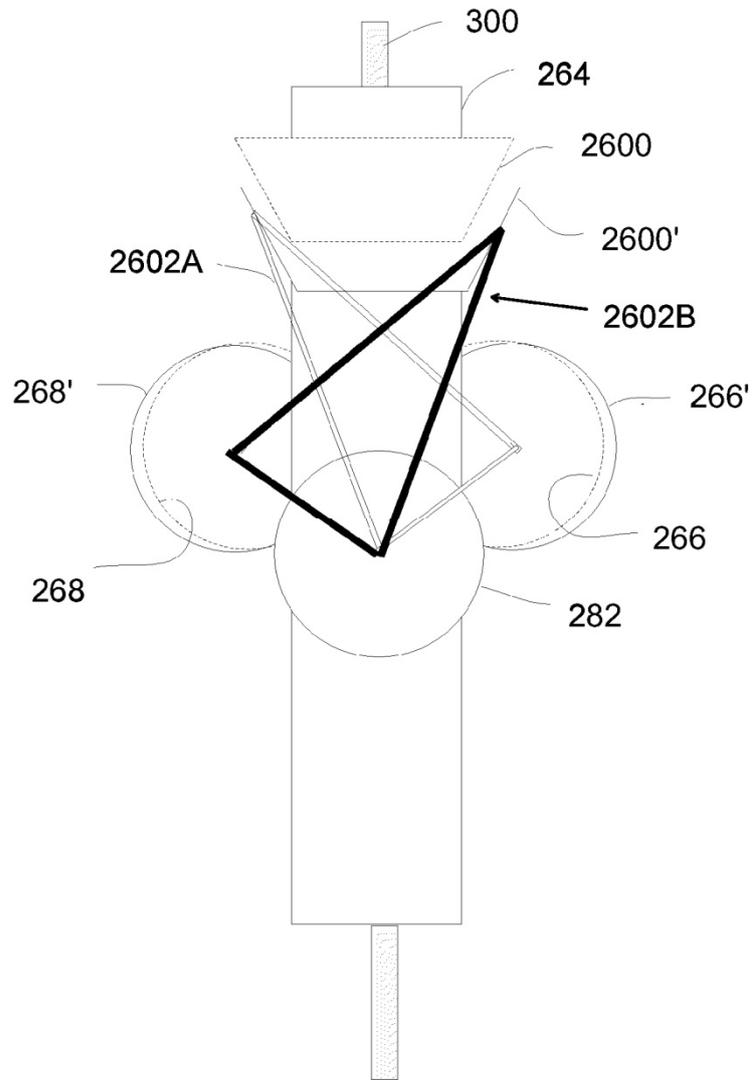


FIG. 30

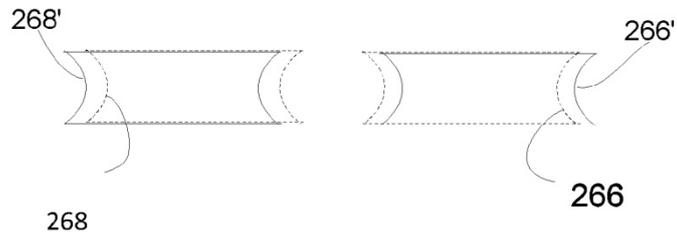


FIG. 31

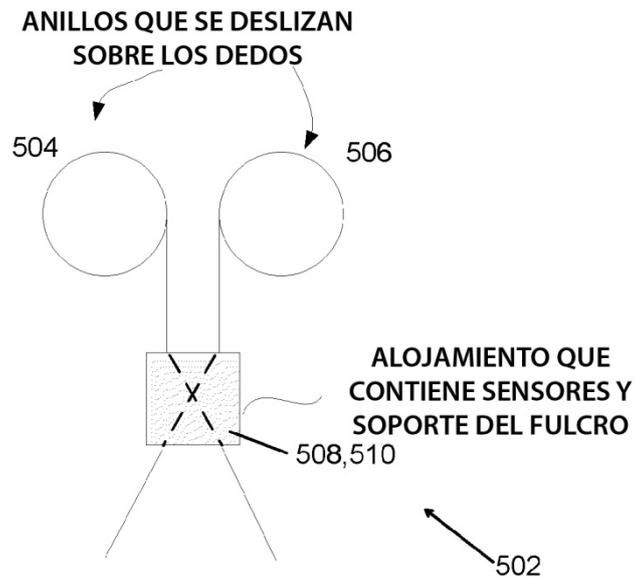


FIG. 32A

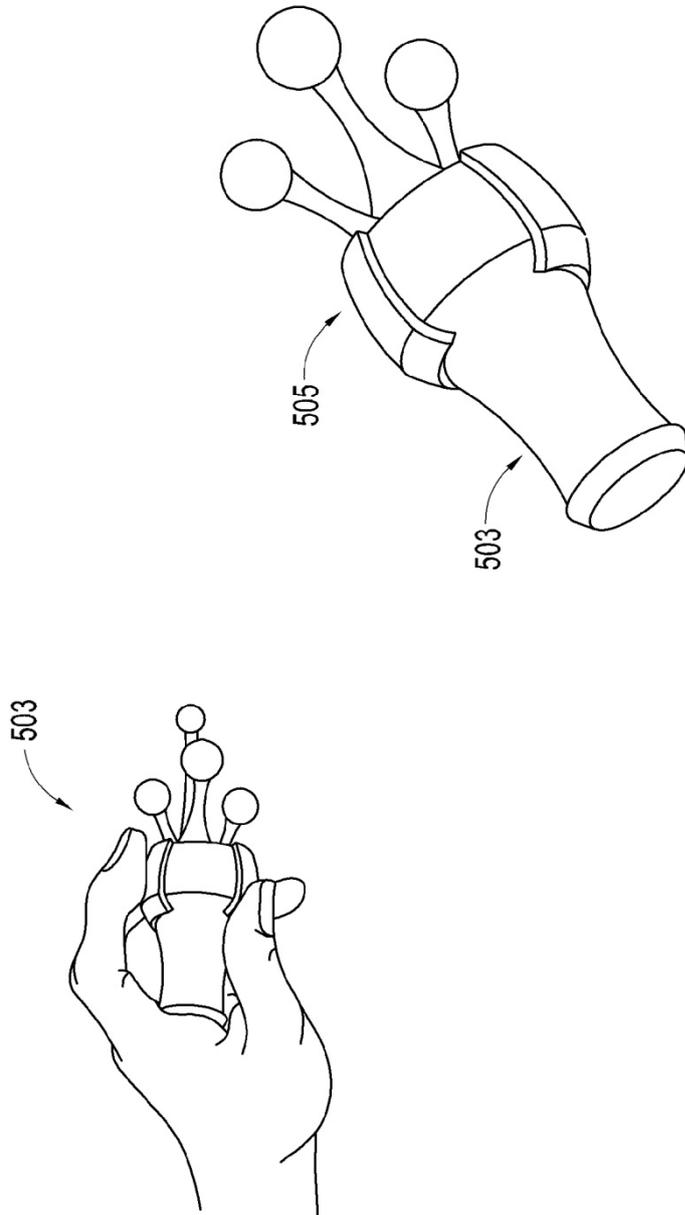


FIG. 32B

AGARRE VIRTUAL

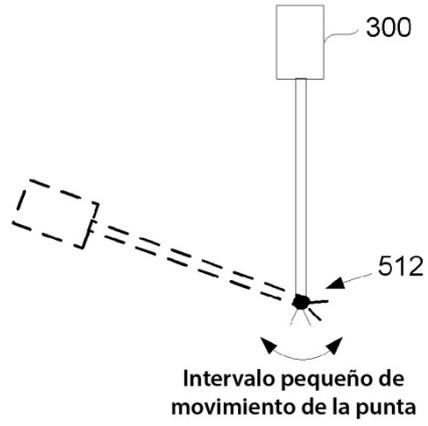


FIG. 33A

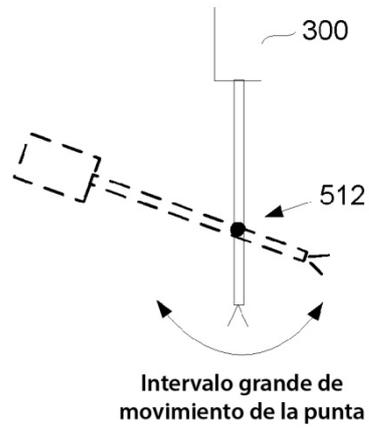


FIG. 33B

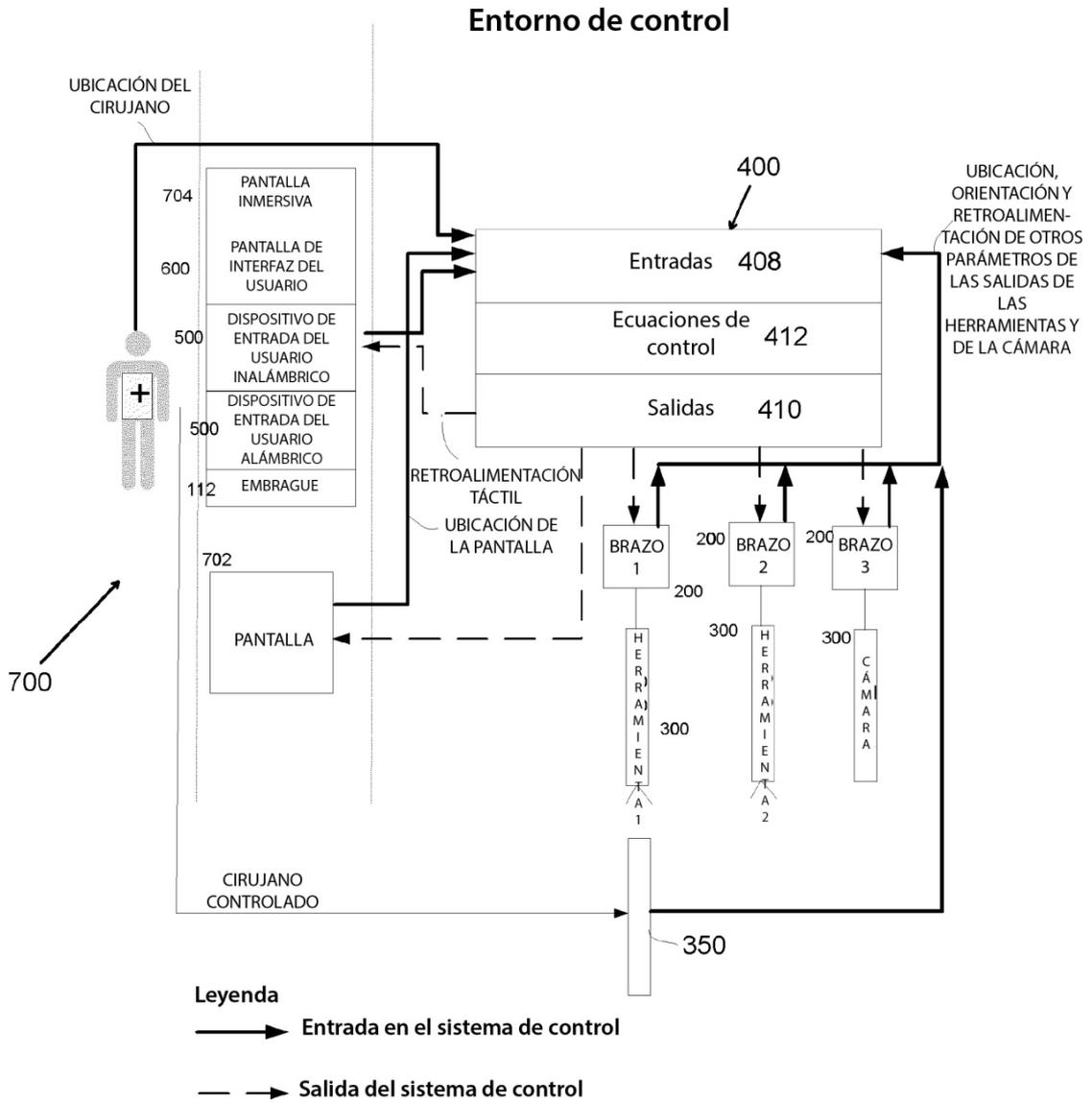


FIG. 34

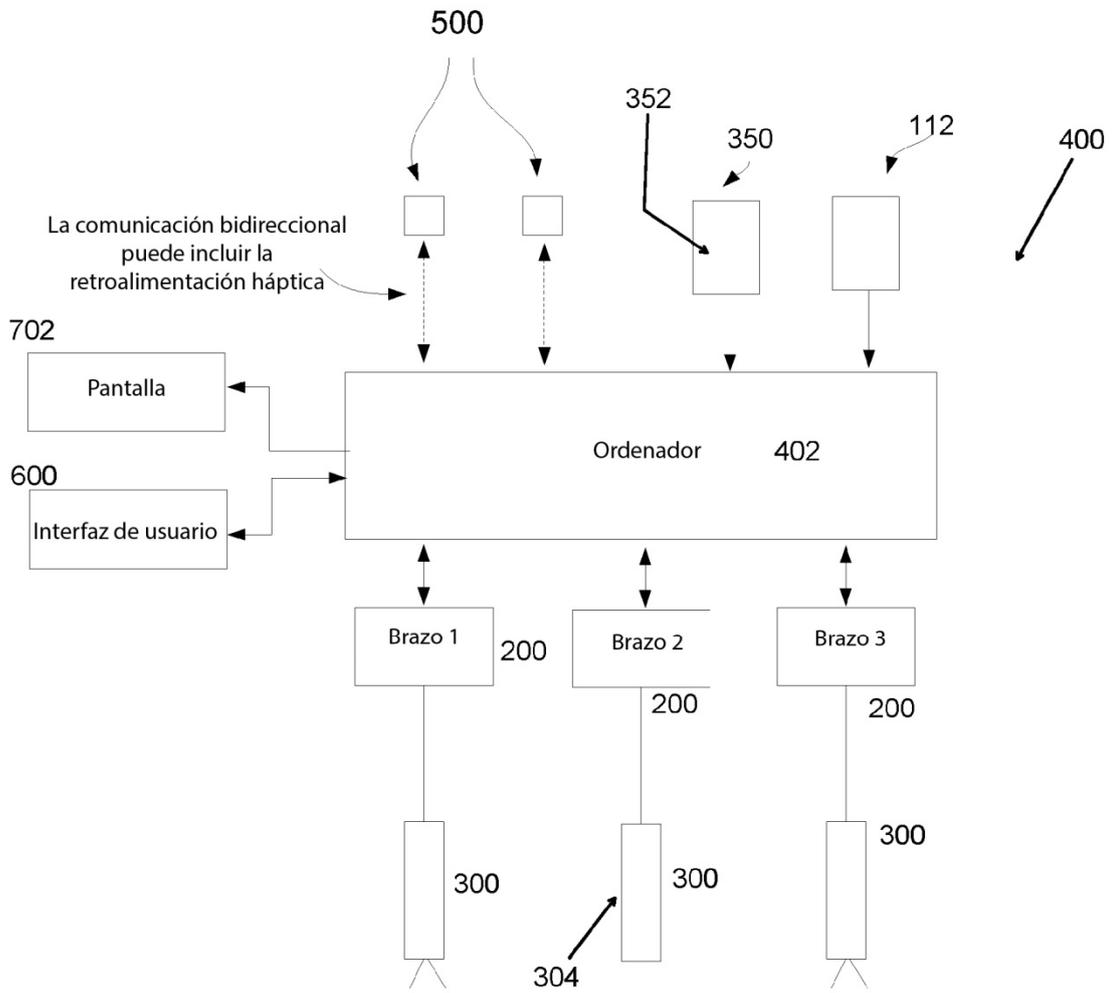


FIG. 35

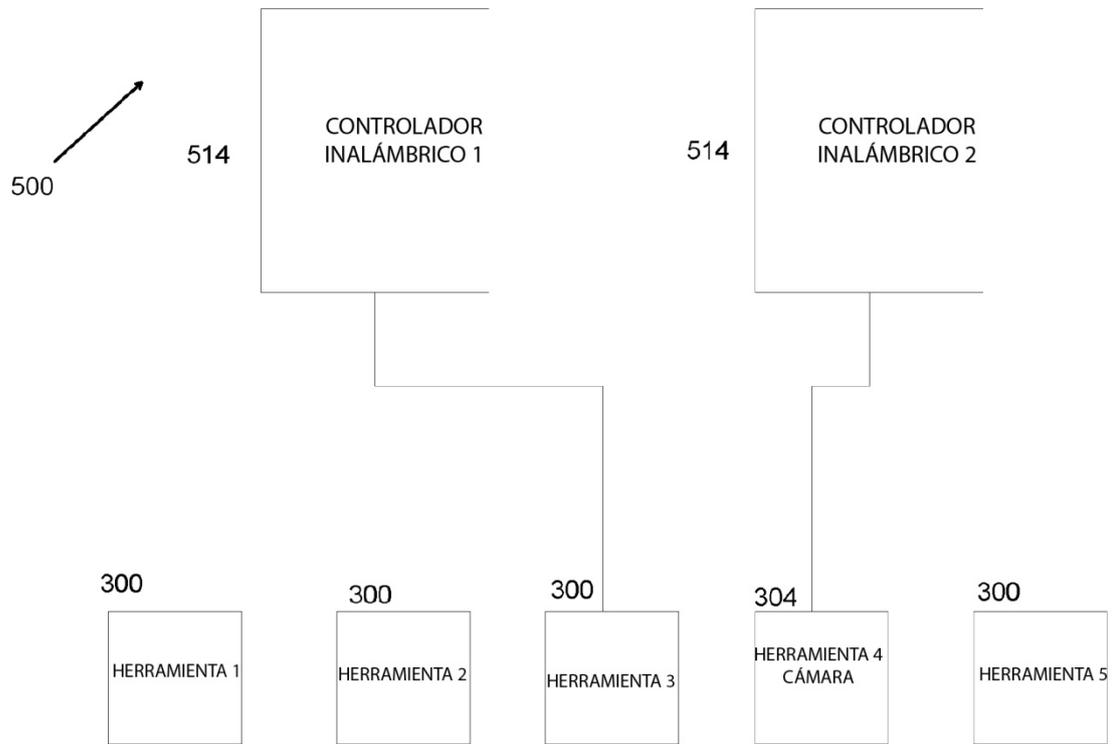


FIG. 36

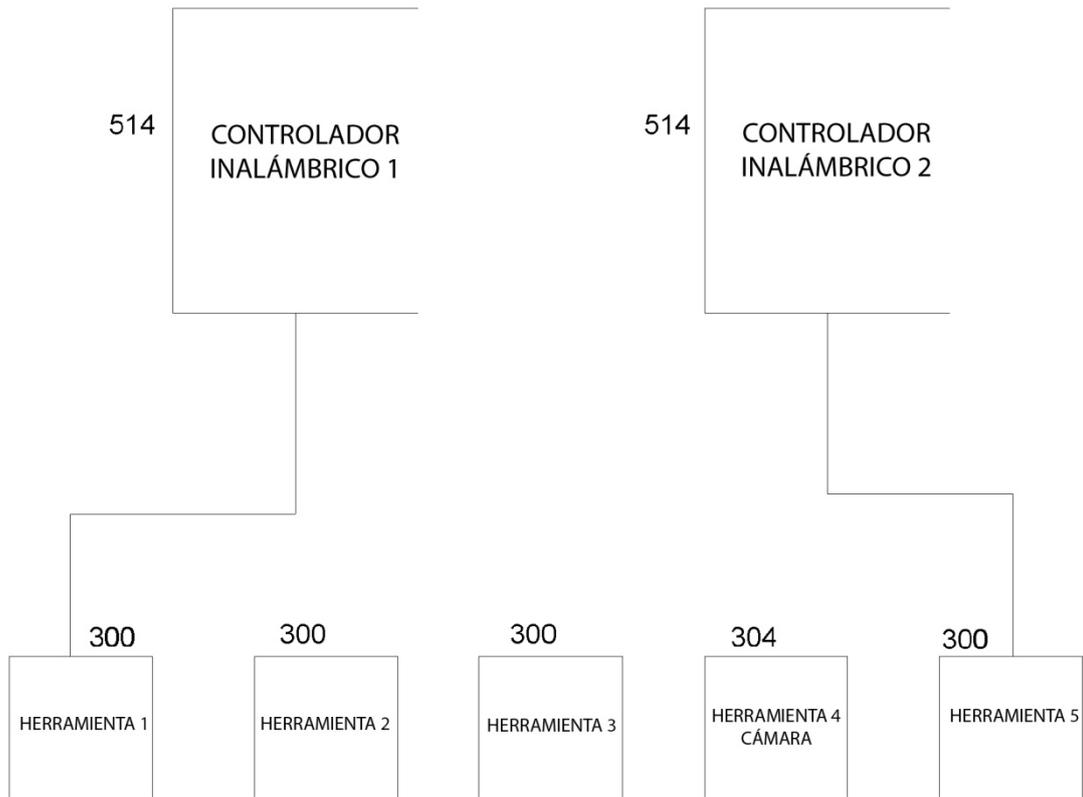


FIG. 37

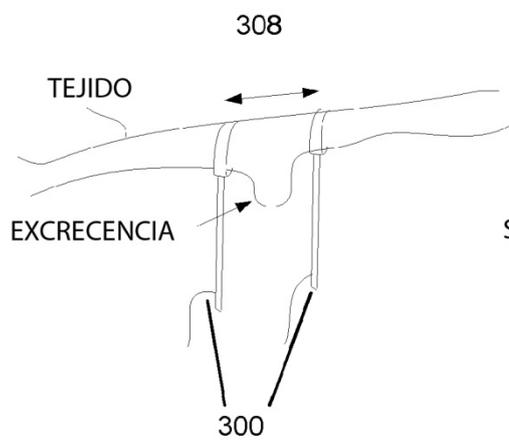


FIG. 38A

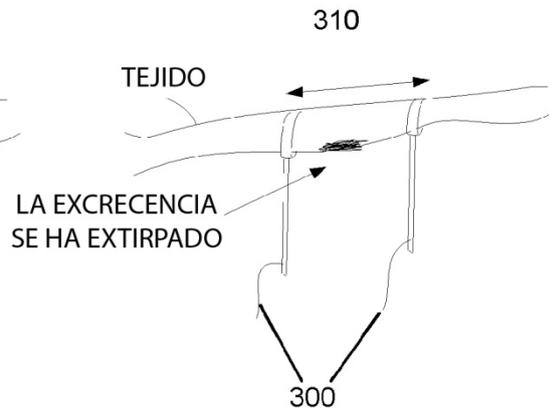


FIG. 38B

5
↘

Tabla 1

		Herramienta superdiestra: Dispositivo de agarre 1	Herramienta superdiestra: Dispositivo de agarre 2	Herramienta superdiestra: Cámara	Herramienta manual: Grapadora
Orden de los eventos	1. Adquisición de una buena visión del espacio operativo 10			Uso de cualquiera de los dos controladores inalámbricos, asignación a la herramienta que sujeta la cámara y posicionamiento de la cámara	
	2. Movilización del colon y posicionamiento de un extremo de la línea de la grapa 20	Uso del controlador inalámbrico controlado por la mano derecha para agarrar el colon y posicionarlo. Desembrague de esta herramienta robótica y establecimiento del controlador inalámbrico abajo en una zona estéril			
	3. Posicionamiento de la grapadora manual 30				Uso de la mano derecha para posicionar la grapadora manual
	4. Posicionamiento del colon sobre el otro extremo de la línea de la grapa 40		Uso del controlador inalámbrico controlado por la mano izquierda para agarrar el colon y posicionarlo.		
	5. Posicionamiento y grapado (movimiento simultáneo) 50		Mantenimiento del posicionamiento del colon con la mano izquierda mientras se maneja la grapadora con la mano derecha para obtener la mejor posición de la grapa		Mantenimiento del posicionamiento del colon con la mano izquierda mientras se maneja la grapadora con la mano derecha para obtener la mejor posición de la grapa
	6. Administración de las grapas 60				Uso de la grapadora para administrar grapas. El dispositivo de agarre izquierdo se puede desembragar para mantener el tejido en su sitio mientras se grapa

FIG. 39

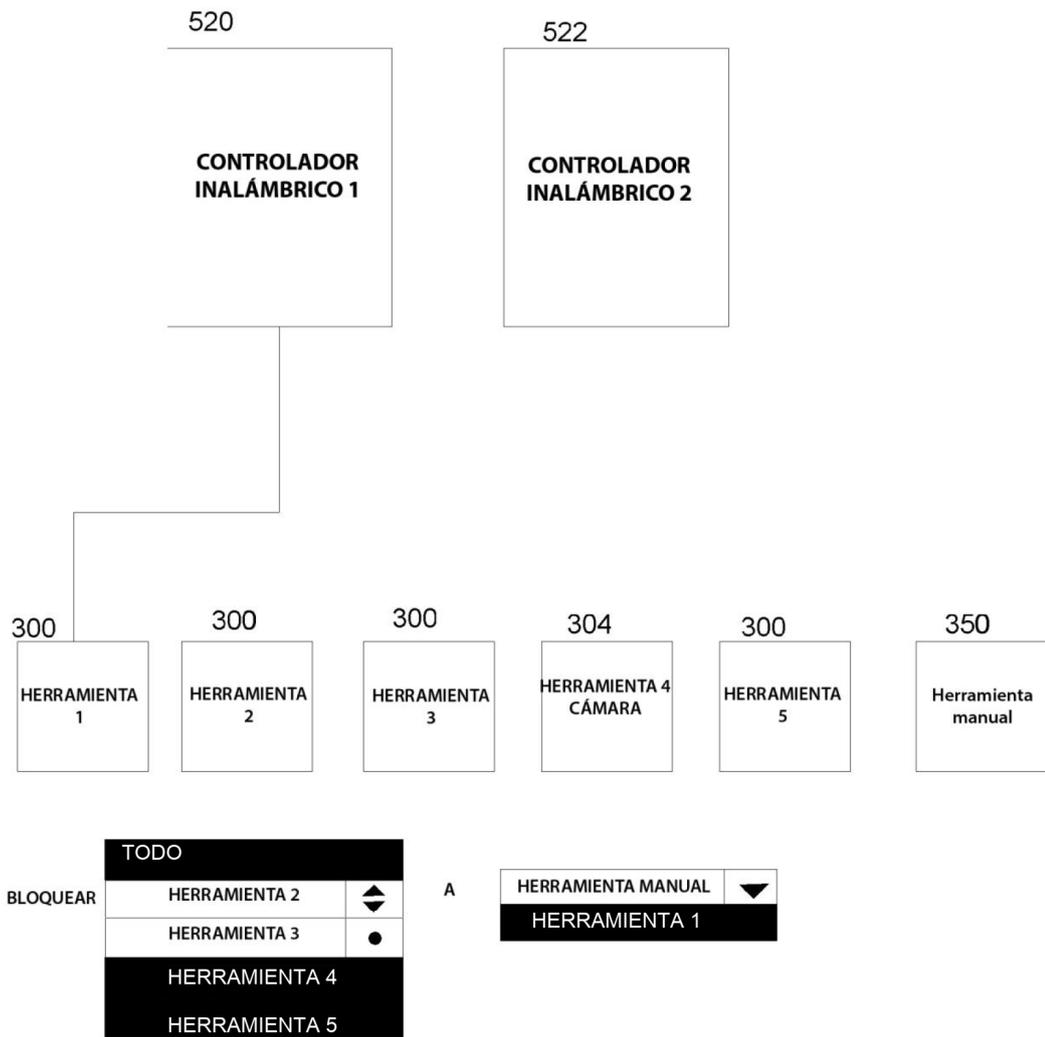


FIG. 40

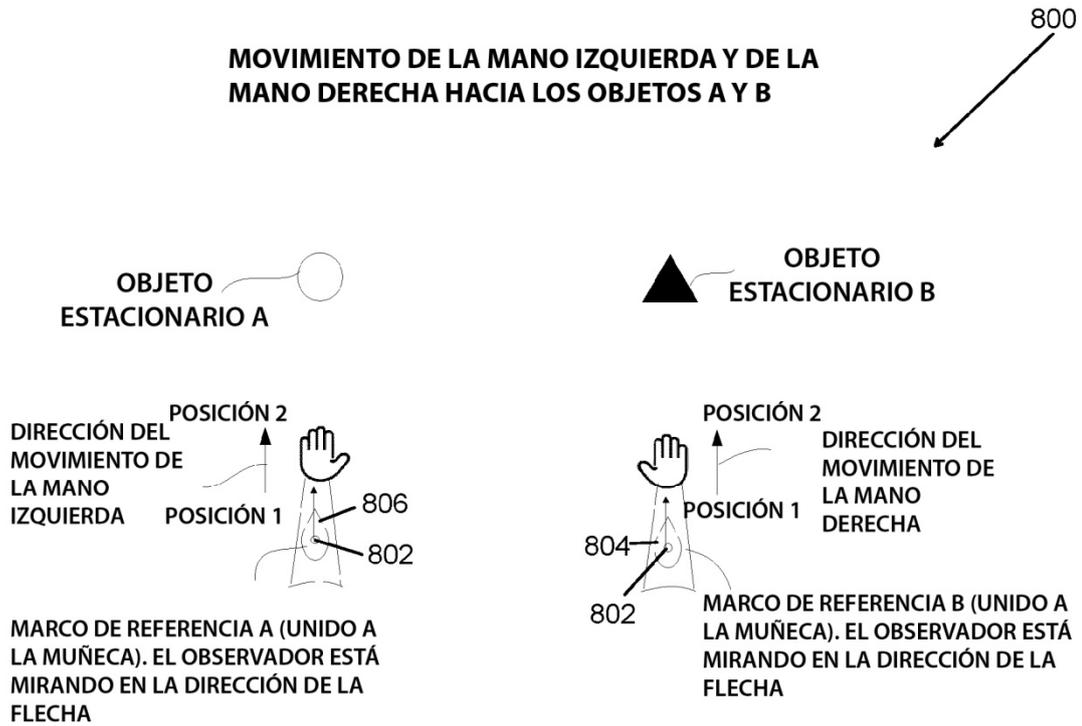


FIG. 41A

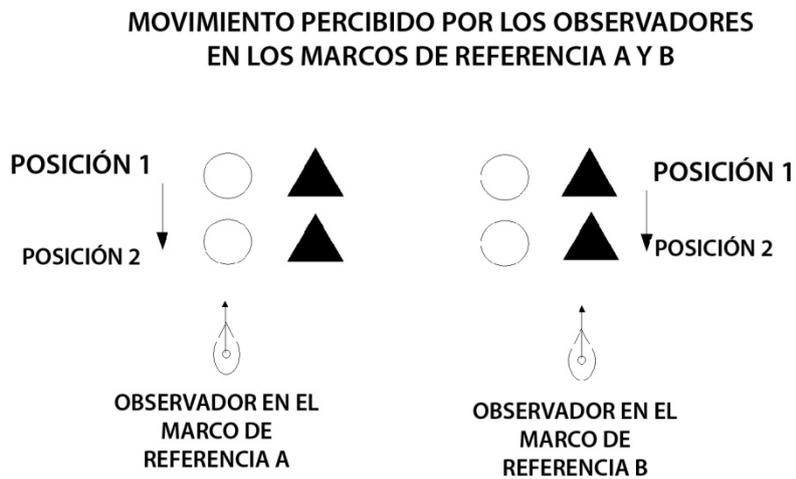


FIG. 41B

MOVIMIENTO DE LA MANO IZQUIERDA Y DE LA MANO DERECHA HACIA LOS OBJETOS A Y B

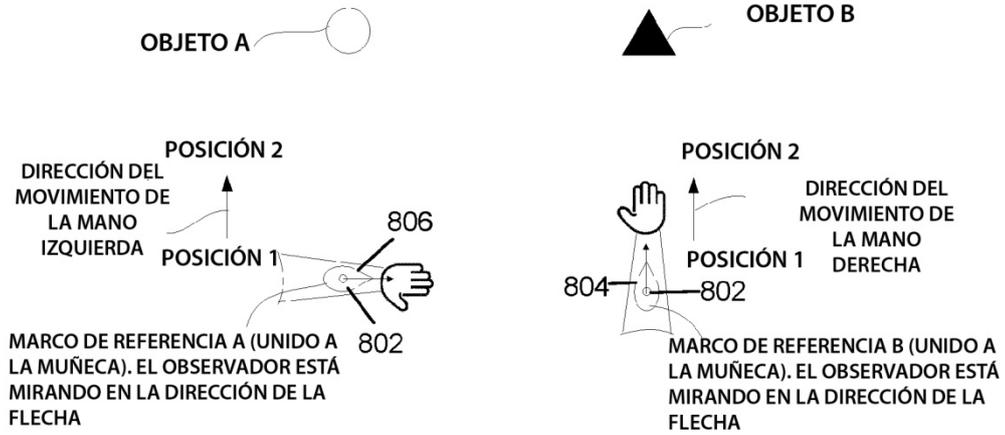


FIG. 41C

MOVIMIENTO PERCIBIDO POR LOS OBSERVADORES EN LOS MARCOS DE REFERENCIA A Y B

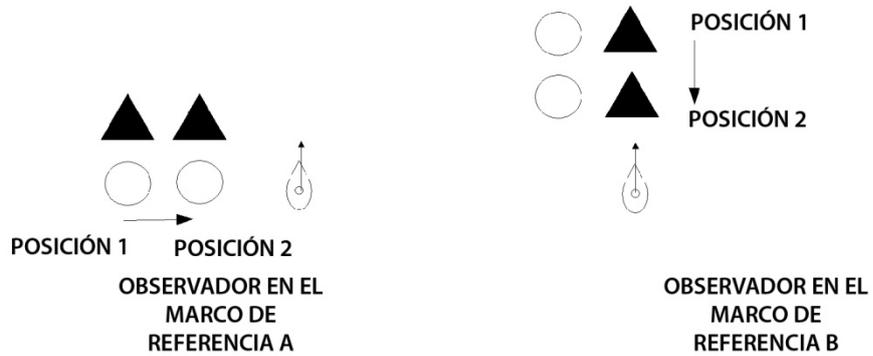


FIG. 41D

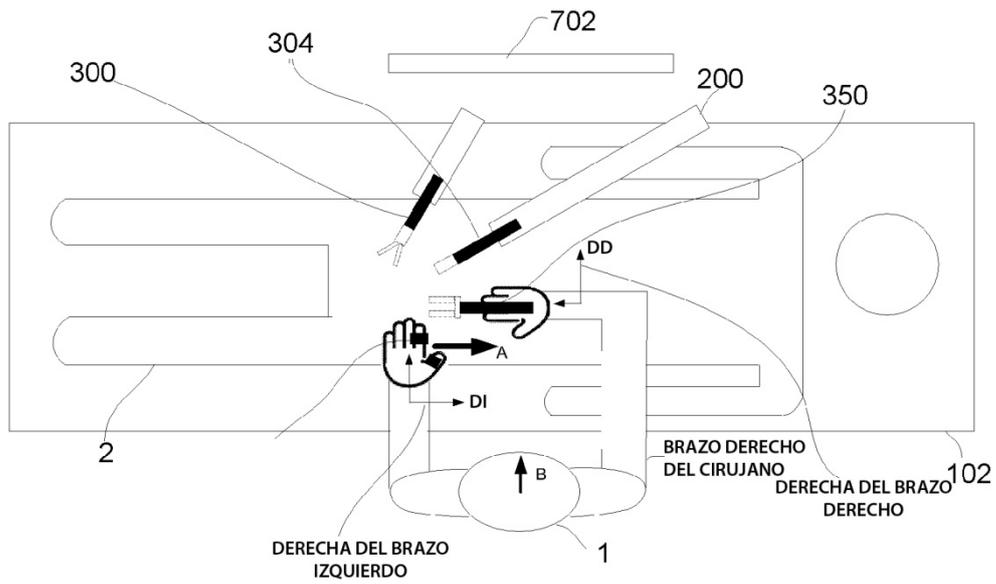
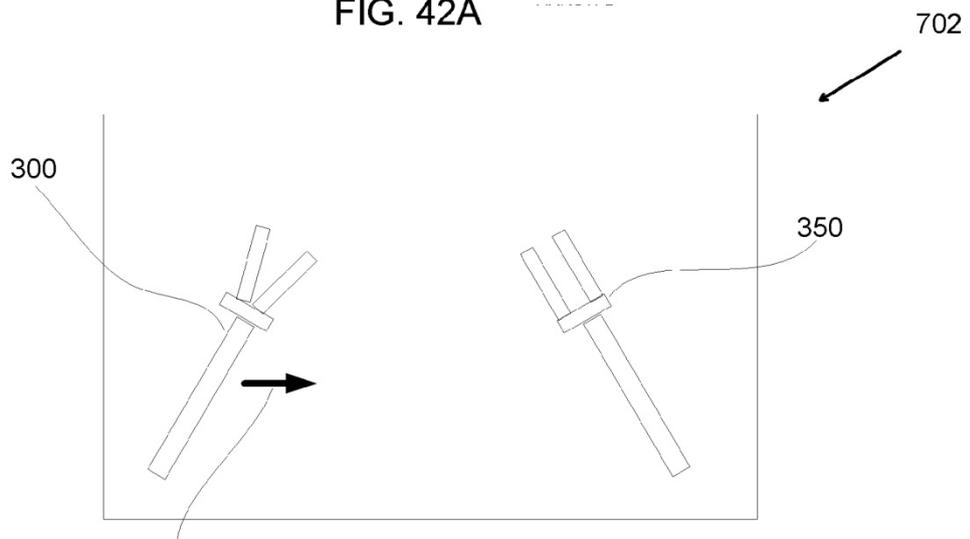


FIG. 42A



UN MOVIMIENTO HACIA LA DERECHA DE LA MANO IZQUIERDA DEL CIRUJANO DE LA FIG. 42A EN LA DIRECCIÓN DE LA FLECHA MOVERÁ LA HERRAMIENTA HACIA LA DERECHA EN LA PANTALLA

FIG. 42B

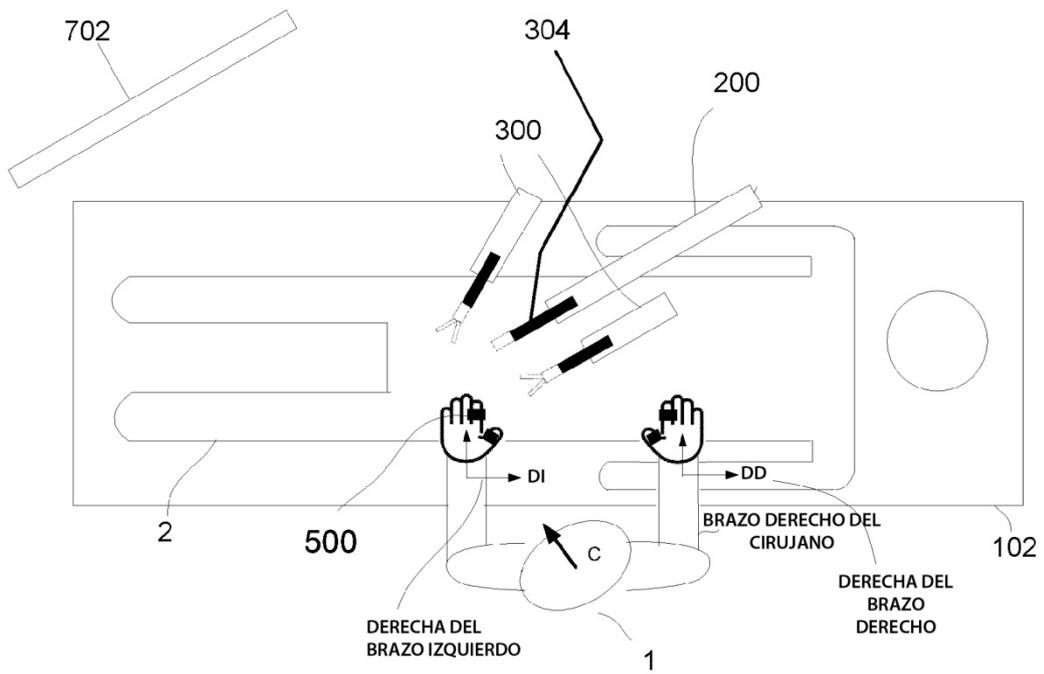


FIG. 42C

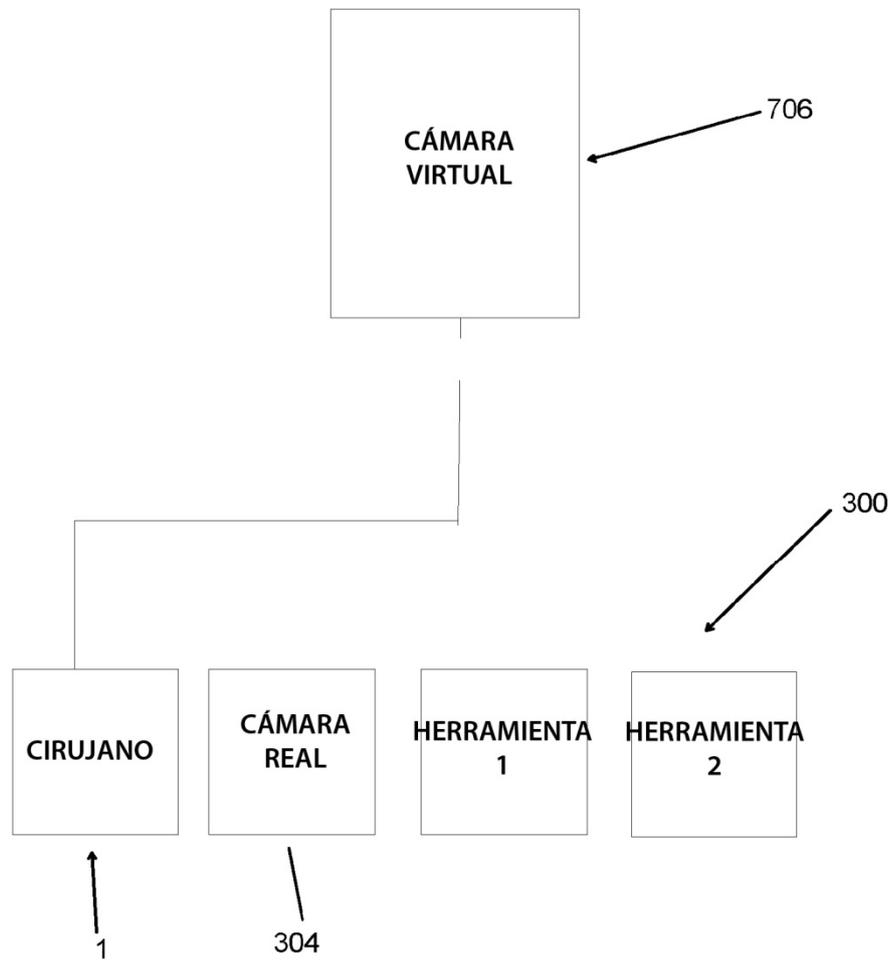
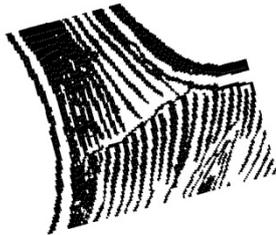


FIG. 43

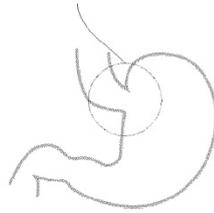
Capacidad de acercamiento



**Acercamiento
aumentado**

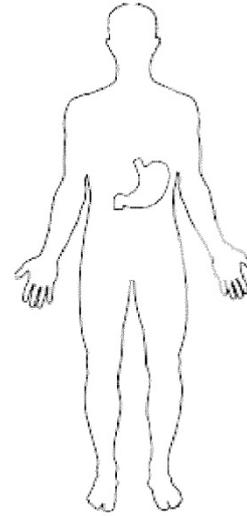
FIG. 44A

Sección acercada



**Acercamiento
medio**

FIG. 44B



Alejamiento

FIG. 44C

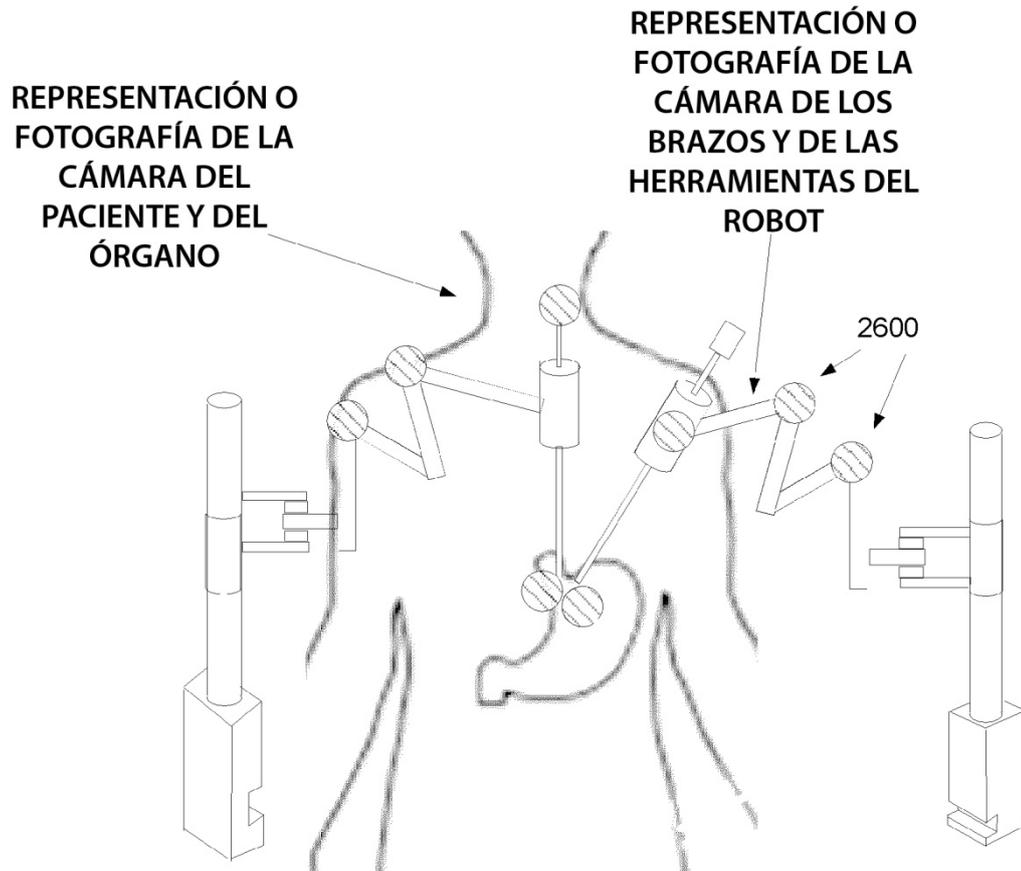


FIG. 45