(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
Oficina internacional

(43) Fecha de publicación internacional
28 de diciembre de 2017 (28.12.2017)

WIPO | PCT

(10) Número de publicación internacional
WO 2017/220822 A1

(51) Clasificación internacional de patentes:
A61B 34/30 (2016.01) *B25J 9/00* (2006.01)
A61B 34/37 (2016.01) *B25J 13/02* (2006.01)
A61B 34/00 (2016.01) *B25J 19/00* (2006.01)
A61B 90/00 (2016.01)

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2016/070475

(22) Fecha de presentación internacional:
23 de junio de 2016 (23.06.2016)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(71) Solicitantes: **FUNDACIÓN TECNALIA RESEARCH & INNOVATION** [ES/ES]; Parque Científico y Tecnológico de Bizkaia, C/ Geldo, Edificio 700, 48160 Derio, Vizcaya (ES). **UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA** [ES/ES]; Avenida de Medina Azahara, 5, 14005 Córdoba (ES). **SERVICIO ANDALUZ DE SALUD** [ES/ES]; Avenida de la Constitución, 18, Sevilla 41071 (ES). **UNIVERSIDAD DE MÁLAGA** [ES/ES]; Avenida Cervantes, 2, 29071 Málaga (ES).

(72) Inventores: **MEDINA CARNICER, Rafael**; Avenida de Medina Azahara, 5, 14005 Córdoba (ES). **MUÑOZ SALINAS, Rafael**; Avenida de Medina Azahara, 5, 14005 Córdoba (ES). **BAUZANO NÚÑEZ, Enrique**; Avenida Cervantes, 2, 29071 Málaga (ES). **LÓPEZ CASADO, Mª Carmen**; Avenida Cervantes, 2, 29071 Málaga (ES). **MUÑOZ MARTÍNEZ, Víctor Fernando**; Avenida Cervantes, 2, 29071 Málaga (ES). **IDÍGORAS LEIBAR, Igone**; Parque Científico y Tecnológico de Bizkaia, C/ Geldo, Edificio 700, 48160 Derio, Vizcaya (ES). **RENTERÍA BIL-**

(54) **Title:** SURGICAL ROBOTIC SYSTEM AND METHOD FOR HANDLING A SURGICAL ROBOTIC SYSTEM

(54) **Título:** SISTEMA ROBÓTICO QUIRÚRGICO Y MÉTODO PARA MANEJAR UN SISTEMA ROBÓTICO QUIRÚRGICO

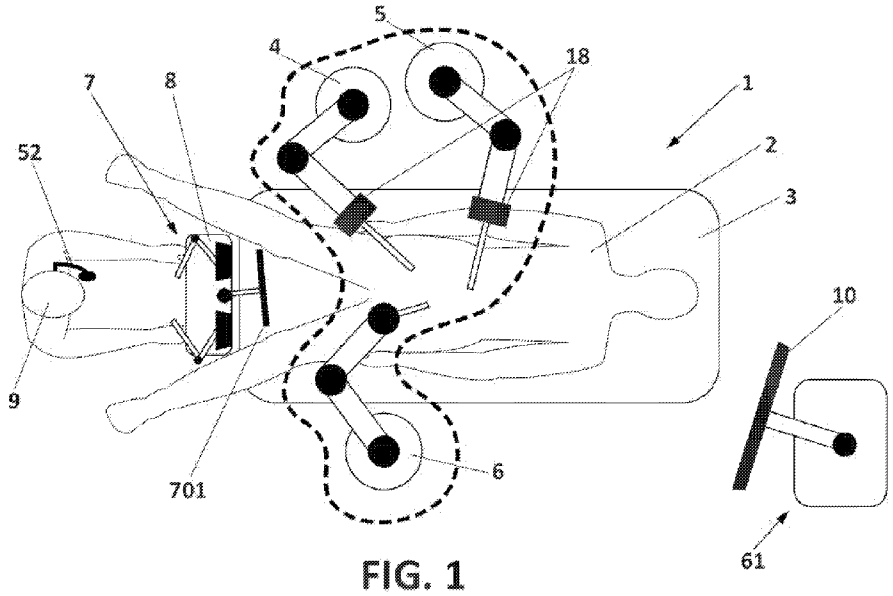


FIG. 1

(57) **Abstract:** A surgical robotic system (1) comprising: robotic units, each one being independent from the others, each comprising a support (11) and a robotic arm assembly (12); said support (11) comprising motion means and configured to change position and orientation of the support (11) with respect to the table (3); said robotic arm assembly (12) comprising: a robotic arm (15), a surgical tool (18) coupled thereto and a force sensor (16) configured to receive measurement of forces and torques applied by the tool (18). The system also comprises a control console (7) configured to remotely operate said robotic units, comprising: computing means (42); haptic devices (8) configured to control the movement, spatial orientation and aperture/ closure of the distal end of the tool (18), each haptic device (8) being configured to control one robotic arm (15); selection means (51) configured to activate/deactivate the robotic

WO 2017/220822 A1

[Continúa en la página siguiente]

BAO, Arantxa; Parque Científico y Tecnológico de Bizkaia, C/ Geldo, Edificio 700, 48160 Derio, Vizcaya (ES). **AZKOITIA ARTETXE, José Miguel**; Parque Científico y Tecnológico de Bizkaia, C/ Geldo, Edificio 700, 48160 Derio, Vizcaya (ES). **DOMÍNGUEZ GARCÍA, Alfonso**; Parque Científico y Tecnológico de Bizkaia, C/ Geldo, Edificio 700, 48160 Derio, Vizcaya (ES). **FERNÁNDEZ IRIBAR, Asier**; Parque Científico y Tecnológico de Bizkaia, C/ Geldo, Edificio 700, 48160 Derio, Vizcaya (ES). **REQUENA TAPIA, María José**; Edificio IMIBIC, Complejo Hospital Universitario Reina Sofía, Avenida Menéndez Pidal s/n, 14005 Córdoba (ES). **ARJONA BERRAL, José Eduardo**; Edificio IMIBIC, Complejo Hospital Universitario Reina Sofía, Avenida Menéndez Pidal s/n, 14005 Córdoba (ES). **PAREDES ESTEBAN, Rosa María**; Edificio IMIBIC, Complejo Hospital Universitario Reina Sofía, Avenida Menéndez Pidal s/n, 14005 Córdoba (ES). **SALVATIERRA VELÁZQUEZ, Ángel**; Edificio IMIBIC, Complejo Hospital Universitario Reina Sofía, Avenida Menéndez Pidal s/n, 14005 Córdoba (ES). **MUÑOZ CARVAJAL, Ignacio**; Edificio IMIBIC, Complejo Hospital Universitario Reina Sofía, Avenida Menéndez Pidal s/n, 14005 Córdoba (ES). **BRICEÑO DELGADO, Javier**; Edificio IMIBIC, Complejo Hospital Universitario Reina Sofía, Avenida Menéndez Pidal s/n, 14005 Córdoba (ES).

(74) **Mandatario: VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**; Paseo de la Castellana 93, 28046 Madrid (ES).

(81) **Estados designados** *(a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **Estados designados** *(a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

— *con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))*

arms (15); a monitor (701) configured to show a 3D image.

(57) Resumen: Un sistema robótico quirúrgico (1) que comprende: unidades robóticas, cada una de las cuales es independiente de las demás y comprende un soporte (11) y un conjunto de brazo robótico (12); dicho soporte (11) comprende medios de movimiento y está configurado para cambiar la posición y la orientación del soporte (11) con respecto a la mesa (3); dicho conjunto de brazo robótico (12) comprende: un brazo robótico (15), una herramienta quirúrgica (18) acoplada a este y un sensor de fuerza (16) configurado para recibir la medición de las fuerzas y de los pares aplicados por la herramienta (18). El sistema comprende también una consola de control (7) configurada para manejar a distancia dichas unidades robóticas, que comprende: un medio de computación (42); dispositivos hápticos (8) configurados para controlar el movimiento, la orientación espacial, así como la apertura y el cierre del extremo distal de la herramienta (18), cada dispositivo háptico (8) está configurado para controlar un brazo robótico (15); medios de selección (51) configurados para activar y desactivar los brazos robóticos (15); un monitor (701) configurado para mostrar una imagen en 3D.

SISTEMA ROBÓTICO QUIRÚRGICO Y MÉTODO PARA MANEJAR UN SISTEMA ROBÓTICO QUIRÚRGICO

CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere al campo de los instrumentos quirúrgicos. Más precisamente, se refiere a robots y sistemas robóticos para realizar procedimientos quirúrgicos.

ESTADO DE LA TÉCNICA

En los últimos años, los sistemas robóticos quirúrgicos han proporcionado una contribución significativa a las operaciones quirúrgicas. Se espera que la cirugía asistida por robot no solo ayude a los cirujanos, sino que también mejore sus capacidades durante los procedimientos quirúrgicos.

En determinadas circunstancias, como en la cirugía mínimamente invasiva, el cirujano podría incluso controlar a distancia los instrumentos quirúrgicos en lugar de moverlos directamente. Este control a distancia se podría realizar, por ejemplo, a través de un telemanipulador directo o por medio de control por ordenador.

Por ejemplo, la patente de Estados Unidos US8672880B2 divulga un sistema de inserción quirúrgico controlado a distancia que tiene un dispositivo robótico y un mecanismo de control a distancia. El dispositivo robótico tiene un controlador de mango para recibir y mantener el mango de control o el extremo proximal de un dispositivo médico. El dispositivo médico es capaz de moverse en hasta seis rangos de movimiento.

La solicitud de patente de Estados Unidos US2006/0100610A1 divulga un sistema quirúrgico robótico para cirugía con catéter. El sistema se basa en una estación de control para el operario situada a distancia de una mesa de operaciones, a

la que se acoplan una unidad de control del instrumento y el instrumento mediante una abrazadera de montaje de la unidad de control del instrumento. Un enlace de comunicación transfiere señales entre la estación de control para el operario y la unidad de control del instrumento, que se diseña para situarse encima de un paciente tendido sobre la mesa.

A su vez, la patente de Estados Unidos US7118582B1 divulga un sistema médico que tiene diversos brazos robóticos que pueden mover un instrumento quirúrgico correspondiente. Para que los brazos robóticos se encuentren en el mismo plano de referencia que el paciente, los mismos se montan en la mesa de operaciones. Esto limita los tipos potenciales de cirugía a realizarse con el sistema. Adicionalmente, tener los brazos robóticos montados en la mesa de operaciones dificulta la aproximación al paciente en caso de emergencia. No es raro que durante la cirugía surja un problema inesperado, lo que requiere la intervención inmediata del cirujano u otros miembros del personal cualificado. Tener brazos robóticos complejos en una posición fija complica gravemente la aproximación, implicando incluso consecuencias irreversibles.

Por lo tanto, existe la necesidad de un nuevo sistema robótico para realizar procedimientos quirúrgicos de forma completamente segura, en la que el cirujano es plenamente consciente de la evolución de la operación, incluyendo tanto sensibilidad visual como al tacto, asegurando al mismo tiempo una rápida aproximación al paciente en caso de emergencia.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

Un objetivo de la invención es proporcionar un sistema robótico quirúrgico basado en una pluralidad de unidades robóticas independientes que se pueden mover fácilmente. Cada unidad comprende un brazo robótico configurado para transportar

una herramienta quirúrgica. La expresión "herramienta quirúrgica" se emplea a lo largo de este texto de una manera general, haciendo referencia a instrumentos mínimamente invasivos, incluyendo no solamente las propias herramientas, tales como una cuchilla o bisturíes, sino también equipos para asistir a la cirugía o equipos de diagnóstico, tales como cámaras, endoscopios, y así sucesivamente. Las unidades son independientes unas de otras debido a que la ubicación y el movimiento de una de las mismas no afecta a la ubicación y movimiento de las demás. Las unidades son multifuncionales, puesto que se pueden utilizar para diferentes finalidades, dependiendo de la herramienta acoplada a la misma.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema robótico quirúrgico que comprende: al menos tres unidades robóticas configuradas para, durante el uso del sistema, disponerse próximas a una mesa de operaciones sobre la que está tendido un paciente, siendo cada unidad robótica independiente de las otras unidades robóticas, comprendiendo cada unidad robótica un soporte y un conjunto de brazo robótico que se extiende desde dicho soporte; comprendiendo dicho soporte medios de movimiento, estando dicho soporte configurado para cambiar la posición y orientación del soporte con respecto a la mesa de operaciones; comprendiendo dicho conjunto de brazo robótico: un brazo robótico que tiene 6 grados de libertad, una herramienta quirúrgica acoplada al brazo robótico a través de un adaptador de herramienta y un sensor de fuerza de 6 ejes configurado para recibir la medición de las fuerzas y pares aplicados por la herramienta quirúrgica; una consola de control configurada para manejar a distancia dichas unidades robóticas desde una ubicación próxima a dicha mesa de operaciones, comprendiendo dicha consola de control: medios de computación configurados para gestionar y ejecutar algoritmos de control de fuerza y de control de posicionamiento de la herramienta; una pluralidad de

dispositivos hápticos, proporcionando cada uno 7 grados de libertad, estando dichos dispositivos hápticos configurados para controlar el movimiento, la orientación espacial y la apertura/el cierre del extremo distal de la herramienta quirúrgica acoplada a un brazo robótico correspondiente, configurándose cada dispositivo háptico para el control de un brazo robótico, produciendo el movimiento de un dispositivo háptico un movimiento correspondiente de la herramienta quirúrgica acoplada a un brazo robótico correspondiente; medios de selección configurados para activar/desactivar los brazos robóticos a ser controlados en todo momento; un primer monitor configurado para mostrar una imagen en 3D capturada por un medio de captura de imágenes comprendido en un endoscopio acoplado a un brazo robótico; un monitor de configuración configurado para proporcionar menús, alertas, estado y/u opciones de configuración del sistema.

El adaptador de herramienta comprende preferentemente un medio de accionamiento y un sensor de fuerza, comprendiendo dicho medio de accionamiento un motor configurado para abrir/cerrar la herramienta quirúrgica; estando dicho sensor de fuerza configurado para medir la fuerza de agarre/cierre aplicada por dicho medio de accionamiento. También preferentemente, el motor se acciona y controla por uno de los grados de libertad de dichos dispositivos hápticos.

El sensor de fuerza comprende preferentemente un grado de libertad para medir la fuerza de agarre/cierre aplicada por dicha herramienta quirúrgica y para retroalimentar la información de medición a dichos dispositivos hápticos.

En una realización particular, los medios de movimiento de dicho soporte se configuran para llevar el soporte más cerca de la mesa de operaciones o para alejarlo de la misma o para reorientarlo durante una operación. Los medios de movimiento comprenden preferentemente una pluralidad de ruedas orientables.

En una realización particular, el soporte comprende medios de frenado con el fin de inmovilizar la unidad robótica durante la operación.

En una realización particular, el soporte tiene forma de L, con una parte inferior que es más ancha que su parte superior, lo que permite la introducción de una fracción de la parte inferior más ancha que la parte superior, debajo de la mesa de operaciones.

En una realización particular, el soporte aloja en su interior: al menos una batería configurada para permitir que la unidad robótica trabaje de manera inalámbrica; una fuente de alimentación configurada para conectarse a la red eléctrica, lo que permite que la unidad robótica trabaje en un modo conectado con cable; un cargador de batería; y al menos un convertidor de corriente o un convertidor de tensión.

En una realización particular, el soporte aloja en su interior, un medio de control configurado para controlar el brazo robótico asociado a dicho soporte.

En una realización particular, el soporte aloja en su interior, un módulo de comunicaciones.

En una realización particular, el soporte aloja en su interior medios para medir el nivel de carga de las baterías comprendidas en dicho soporte.

En una realización particular, el soporte aloja en su interior una caja de comunicaciones asociada a dicho sensor de fuerza, estando dicha caja de comunicaciones configurada para controlar y procesar de dicho sensor de fuerza.

En una realización particular, la consola de control comprende un soporte ajustable.

En una realización particular, los medios de selección son una pluralidad de pedales. Preferentemente, un primer pedal de dicha pluralidad de pedales se configura para activar dos conjuntos de brazos robóticos que llevan respectivos instrumentos

quirúrgicos; y un segundo pedal de dicha pluralidad de pedales se configura para activar un conjunto de brazo robótico que lleva un endoscopio.

En una realización particular, el monitor de configuración es una pantalla táctil.

En una realización particular, el medio de computación se configura para recibir señales de entrada desde dichos dispositivos hápticos, para calcular un movimiento correspondiente de los instrumentos quirúrgicos y para proporcionar señales de salida correspondientes para mover los conjuntos de brazos robóticos (12) y las herramientas.

En una realización particular, la consola de control comprende medios de computación para determinar, a partir de las fuerzas medidas por dicho sensor de fuerza, qué porcentaje de la contribución a la medición se debe a la interacción con el punto de fulcro y qué porcentaje de la contribución a la medición se debe a la interacción con el tejido interno del paciente. Preferentemente, la consola de control comprende medios de computación para enviar una fuerza simulada a al menos un dispositivo háptico, donde dicha fuerza simulada se obtiene de la contribución a dicha medición debido a la interacción con el tejido interno del paciente, convirtiéndose dicha fuerza simulada en dicho al menos un dispositivo háptico en una fuerza en la mano correspondiente del cirujano.

La consola de control comprende preferentemente medios de computación para estimar la posición cartesiana del punto de fulcro a partir de la contribución a dicha medición debida a la interacción con el punto de fulcro y a partir de las coordenadas modeladas de dicho brazo robótico, comprendiendo dicha estimación de la posición cartesiana del punto de fulcro el cálculo de la distancia entre el extremo proximal de la herramienta quirúrgica y el punto de fulcro.

En una realización particular, la consola de control comprende además una

unidad de reconocimiento de voz.

En una realización particular, la consola de control comprende además un segundo monitor configurado para mostrar dicha imagen en 3D capturada por dichos medios de formación de imágenes comprendidos en dicho endoscopio acoplado a un brazo robótico.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para manejar un sistema robótico quirúrgico que comprende: disponer al menos tres unidades robóticas de dicho sistema robótico quirúrgico próximas a una mesa de operaciones sobre la está tendido un paciente, siendo cada unidad robótica independiente de las otras unidades robóticas, comprendiendo cada unidad robótica un soporte y un conjunto de brazo robótico que se extiende desde dicho soporte, en el que dicho conjunto de brazo robótico comprende un brazo robótico que tiene 6 grados de libertad, una herramienta quirúrgica acoplada al brazo robótico a través un adaptador de herramienta y un sensor de fuerza de 6 ejes; guiar el extremo de cada brazo robótico que transporta dicha herramienta quirúrgica hacia un trocar e insertar la herramienta quirúrgica en el trocar, habiéndose insertado previamente dicho trocar en la piel del paciente; controlar desde una consola de control dichas unidades robóticas desde una ubicación próxima a dicha mesa de operaciones, comprendiendo dicho control: recibir la medición de las fuerzas y pares aplicados por la herramienta quirúrgica dentro de la piel del paciente; controlar con una pluralidad de dispositivos hápticos, proporcionando cada uno de ellos 7 grados de libertad, el movimiento, la orientación espacial y la apertura/el cierre del extremo distal de la herramienta quirúrgica acoplada a un brazo robótico correspondiente, configurándose cada dispositivo háptico para controlar un brazo robótico, produciendo el movimiento de un dispositivo háptico un movimiento correspondiente de la herramienta quirúrgica

acoplada a un brazo robótico correspondiente; activar/desactivar a través de medios de selección los brazos robóticos que hay que controlar en todo momento; mostrar en un primer monitor una imagen en 3D capturada por un medio de formación de imágenes comprendido en un endoscopio acoplado a un brazo robótico.

El método comprende preferentemente recibir señales de entrada de dichos dispositivos hápticos para calcular un movimiento correspondiente de los instrumentos quirúrgicos y para proporcionar señales de salida correspondientes para mover los conjuntos de brazo robótico y herramientas.

El método comprende preferentemente determinar, a partir de las fuerzas medidas por dicho sensor de fuerza, qué porcentaje de la contribución a las fuerzas medidas se debe a la interacción con el punto de fulcro y qué porcentaje de la contribución a las fuerzas medidas se debe a la interacción con el tejido interno del paciente. Más particularmente, el método comprende enviar una fuerza simulada a al menos un dispositivo háptico, obteniéndose dicha fuerza simulada a partir de la contribución a dichas fuerzas mediadas debido a la interacción con el tejido interno del paciente, convirtiéndose dicha fuerza simulada en dicho al menos un dispositivo háptico en una fuerza en la mano correspondiente del cirujano.

El método comprende preferentemente estimar la posición cartesiana del punto de fulcro a partir de la contribución a dichas fuerzas medidas debido a la interacción con el punto de fulcro y de las coordenadas modeladas a partir de dicho brazo robótico, comprendiendo dicha estimación de la posición cartesiana del punto de fulcro calcular la distancia entre el extremo proximal del instrumento quirúrgico y el punto de fulcro.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un producto de programa informático que comprende instrucciones/códigos del programa

informático para realizar el método descrito anteriormente.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona una memoria/medio legible por ordenador que almacena instrucciones/códigos del programa para realizar el método descrito anteriormente.

El sistema permite su fácil integración en un quirófano gracias a su compacidad y a la movilidad de sus unidades robóticas, que no interfieren con la actividad del cirujano. Lo que es más, no se requiere un quirófano ad-hoc: por el contrario, el sistema se puede utilizar en cualquier quirófano convencional. Además, a diferencia de los sistemas robóticos convencionales, en los que, debido a la complejidad del equipo robótico y equipos auxiliares/periféricos, el cirujano se debe colocar a distancia durante la operación, el sistema de la invención no obliga al cirujano a colocarse a distancia durante la operación quirúrgica. Él/ella puede, por el contrario, estar cerca de la mesa de operaciones. Además, se ofrece al cirujano una sensación sensibilidad y tacto (en general, información táctil) gracias a los sensores configurados para medir las fuerzas aplicadas por las herramientas quirúrgicas acopladas a los brazos robóticos. También permite diferentes configuraciones robóticas, que tengan un número diferente de brazos robóticos, lo que hace que el sistema sea multifuncional. Puesto que las unidades robóticas se transportan fácilmente, el sistema se adapta perfectamente a los diferentes tipos de cirugía. En caso de emergencia, la cirugía robótica se reconvierte inmediatamente en cirugía tradicional simplemente alejando las unidades robóticas móviles. Por último, pero no menos importante, diferentes herramientas quirúrgicas se pueden acoplar a los brazos robóticos. En otras palabras, la herramienta quirúrgica puede ser cualquier herramienta convencional. En particular, el brazo robótico no se limita a instrumentos quirúrgicos ad-hoc, a diferencia de los sistemas robóticos bien conocidos.

Ventajas y características adicionales de la invención serán evidentes a partir de la descripción detallada que sigue y se señalarán particularmente en las reivindicaciones adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para completar la descripción y con el fin de proporcionar una mejor comprensión de la invención, se proporciona un conjunto de dibujos. Dichos dibujos forman una parte integral de la descripción e ilustran una realización de la invención, que no debe interpretarse como una restricción del alcance de la invención, sino solo como un ejemplo de cómo la invención se puede implementar. Los dibujos comprenden las siguientes figuras:

La Figura 1 muestra un esquema de un sistema robótico quirúrgico de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 2 muestra una vista de una unidad robótica de acuerdo con una posible realización de la invención. Comprende un soporte o carcasa de base y un conjunto de brazo robótico.

La Figura 3 muestra un esquema de la arquitectura de un soporte o carcasa de base ilustrada en la Figura 2. El brazo robótico del conjunto de brazo robótico se indica también.

La Figura 4A muestra un conjunto de brazo robótico de acuerdo con una posible realización de la invención. La Figura 4B muestra un despiece del conjunto del brazo robótico de la Figura 4A. La Figura 4C muestra una vista en perspectiva de una implementación ejemplar de un adaptador de herramientas para acoplar una herramienta quirúrgica a un brazo robótico.

Las Figuras 5A y 5B muestran dos vistas de una unidad de control configurada para controlar el sistema robótico quirúrgico de acuerdo con una posible realización de

la invención. La unidad de control funciona como interfaz entre los conjuntos de brazo robótico y el cirujano.

La Figura 6 muestra un par de dispositivos hápticos acuerdo con una posible realización de la invención.

La Figura 7 muestra un ejemplo de la información visual proporcionada por el monitor de configuración.

La Figura 8 muestra un ejemplo de la información visual proporcionada en la pantalla de configuración del monitor de configuración.

La Figura 9 representa esquemáticamente el flujo de señales de control y las unidades implicadas del sistema robótico quirúrgico de acuerdo con una realización de la invención.

DESCRIPCIÓN DE UNA REALIZACIÓN DE LA INVENCIÓN

En este texto, el término "comprende" y sus derivaciones (tales como "comprendiendo", etc.) no debe entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no se deben interpretar como excluyendo la posibilidad de que lo que se describe y define pueda incluir elementos, etapas, etc., adicionales.

En el contexto de la presente invención, el término "aproximadamente" y términos de su familia (tal como "aproximado", etc.) se deben entender como indicando valores muy cerca de aquellos que acompañan el termino mencionado. Es decir, una desviación dentro de límites razonables a partir de un valor exacto debería ser aceptada, porque una persona experta en la materia comprenderá que tal desviación de los valores indicados es inevitable debido a las imprecisiones de medición, etc. Lo mismo se aplica a los términos "en torno a" y "alrededor de" y "sustancialmente".

La siguiente descripción no se debe tomar en un sentido limitativo sino que se

proporciona únicamente con la finalidad de describir los principios generales de la invención. Las siguientes realizaciones de la invención se describirán a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos antes mencionados que muestran aparatos y resultados de acuerdo con la invención.

La Figura 1 muestra un esquema de un sistema robótico quirúrgico 1 que se puede utilizar para realizar cirugía mínimamente invasiva, tal como cirugía laparoscópica, histerectomía, mediastinoscopia o nefrectomía, entre otros tipos de cirugía mínimamente invasiva. El sistema robótico quirúrgico 1 se utiliza para realizar una operación en un paciente 2 que normalmente está tendido sobre una mesa de operaciones 3. Próximas a la mesa de operaciones 3 hay al menos dos unidades robóticas que llevan, cada una, un brazo robótico. Una de las al menos dos unidades robóticas se configura para llevar a un endoscopio y la otra se configura para llevar a una herramienta quirúrgica propiamente dicha. Las unidades robóticas 4, 5, 6 se describen en detalle más adelante, con referencia a las Figuras 2 y 3, junto con los dispositivos llevados por la unidad robótica. En la realización ilustrada se muestran tres unidades robóticas 4, 5, 6. Cada unidad robótica 4, 5, 6 puede trabajar de forma inalámbrica - sin requerir ningún cable o hilo físicos para su conexión a otras unidades o partes del sistema o a una unidad de fuente de alimentación - o conectarse con cables. En particular, tiene una unidad de fuente de alimentación integrada en su interior que permite que la unidad robótica trabaje de forma inalámbrica.

Durante el uso del sistema 1, cada unidad robótica 4, 5, 6 se dispone cerca de la mesa de operaciones 3 y una enfermera instrumentista o técnico quirúrgico (o en general, la persona a cargo de las herramientas quirúrgicas), guía el extremo del brazo robótico (de cada unidad robótica) que lleva la herramienta quirúrgica 18 hacia un trocar e inserta la herramienta quirúrgica 18 en el trocar, que se ha insertado

previamente en la piel del paciente 2 a través de un corte de incisión. Es decir, las herramientas quirúrgicas 18, que, como ya se ha mencionado, pueden ser una herramienta propiamente dicha, tal como una cuchilla o bisturí, o un elemento de diagnóstico o elemento de apoyo, tal como un endoscopio, se insertan a través de incisiones cortadas en la piel del paciente 2. El brazo robótico está entonces listo para ser utilizado en la operación. Cuando, por cualquier razón, una de estas unidades 4, 5, 6 necesita alejarse, la herramienta quirúrgica acoplada al brazo robótico e insertada dentro de un trocar simplemente se extrae del trocar manualmente y el brazo robótico se aleja. Las diferentes unidades robóticas 4, 5, 6 son independientes entre sí. Gracias a estas unidades multifuncionales, el sistema robótico quirúrgico 1 se puede configurar con tantas unidades (y por lo tanto, con tantos brazos robóticos) como se requiera para diferentes operaciones quirúrgicas. Por lo general, un brazo robótico lleva un endoscopio (o en general, una cámara) y otros dos brazos robóticos llevan los instrumentos quirúrgicos respectivos necesarios para la operación. En otras palabras, en una realización particular, el sistema 1 utiliza tres unidades robóticas 4, 5, 6. Aunque se muestran tres unidades 4, 5, 6, se debe entender que el sistema 1 puede tener cualquier número de unidades y brazos robóticos correspondientes.

La Figura 1 muestra también una consola de control 7. Los brazos robóticos llevados por las unidades robóticas 4, 5, 6 respectivas se operan a distancia desde la consola de control 7. Su movimiento se controla por un cirujano 9, sentado o de pie, desde la consola de control 7. Esta consola de control 7 tiene un medio de monitorización 701 configurado para mostrar una imagen en 3D (del interior de la cavidad del cuerpo) capturada por una cámara (o endoscopio) contenida en un brazo robótico. El medio de monitorización 701 es, por ejemplo, un monitor o pantalla. La consola de control 7 puede tener también varias interfaces de usuario, como por

ejemplo: un par de dispositivos hápticos 8, tales como mangos o palancas de mando, proporcionando cada uno 7 grados de libertad (DOF), configurados para controlar los 6 DOF de cada brazo robótico que lleva una herramienta quirúrgica en su extremo y 1 DOF para controlar la apertura/el cierre de la herramienta, por medio de los que el cirujano 9 puede controlar a distancia el movimiento y la orientación espacial del extremo distal del equipo (herramienta o endoscopio) acoplado en un brazo robótico correspondiente controlado por un dispositivo háptico 8 y la apertura/el cierre de la herramienta. Otras interfaces de usuario posibles pueden ser un par de pedales, no mostrados en la Figura 1, para que el cirujano 9 seleccione qué dos brazos robóticos se deben controlar en todo momento; y/o una unidad de reconocimiento de voz 52. Puede haber un monitor adicional 10, también referido como el monitor global, para proporcionar información visual adicional, por ejemplo, cuando se configura para mostrar imágenes de los órganos internos del paciente 2 captadas por la cámara (endoscopio). El sistema 1 comprende también un monitor de configuración 61, preferentemente una pantalla táctil, que no se muestra en la Figura 1 (que se muestra en la Figura 5A).

La unidad robótica 4, 5, 6 no requiere de calibración antes de su operación, puesto que durante la operación cada brazo robótico (comprendido en cada unidad robótica, como se explicará más adelante) se calibra con respecto a su punto de fulcro correspondiente. Esto se hace como sigue: La información con respecto a las fuerzas aplicadas por la herramienta en el punto de fulcro (punto en el paciente a través del que se inserta la herramienta en la cavidad corporal) se utiliza para calcular la distancia desde ese punto hasta el eje de robot. En otras palabras, se calcula la longitud de la porción de herramienta que se encuentra fuera del cuerpo. De este modo, el brazo robótico ya está calibrado y sus movimientos se basan en ese punto.

También durante la operación, se fija la orientación relativa de cada brazo robótico que lleva las herramientas respectivas con respecto a los robots correspondientes que se muestran en un monitor 701. Esto se hace para que el movimiento de los dispositivos hápticos (gestionados por el cirujano) se corresponda con el movimiento del robot que se muestra en el monitor. En una realización particular, esto se hace manualmente, orientando manualmente cada brazo robótico (y la herramienta respectiva) con respecto al robot que se muestra en el monitor. En una realización alternativa, esto se hace por medio de un sistema de posicionamiento externo basado en la visión y controlado por la consola de control 7.

La Figura 2 muestra una unidad robótica 4, 5, 6 de acuerdo con una posible realización de la invención. Los dispositivos o elementos llevados en la unidad robótica se ilustran también. La unidad robótica 4, 5, 6 está formada por un soporte o carcasa base 11 y un conjunto de brazo robótico 12 que se extiende desde el soporte o carcasa base 11. Las herramientas quirúrgicas 18 se acoplan de forma desmontable en el extremo de cada conjunto de brazo robótico 12. En una realización particular, el conjunto de brazo robótico 12 comprende un brazo robótico 15, un sensor de fuerza de 6 ejes 16, un adaptador de herramienta 19 y una herramienta quirúrgica 18 acoplada al brazo robótico 15 mediante el adaptador de herramienta 19. Ejemplos no limitativos de herramientas quirúrgicas 18 que se pueden acoplar al brazo robótico 15 son bisturíes, fórceps, endoscopios, sondas de luz adicionales, etc. Durante el uso del sistema robótico quirúrgico 1, elsoporte o carcasa base 11 se sitúa cerca de la mesa de operaciones 3 o en proximidad a la misma, de tal manera que los brazos robóticos 15 y las herramientas quirúrgicas 18 acopladas a los mismos se encuentran próximos al paciente 2 también.

El soporte o carcasa base 11 tiene preferentemente una pluralidad de ruedas

orientables 21, normalmente 4 o 6 ruedas, aunque cualquier número de ruedas es posible, con el fin de mover fácilmente la unidad robótica 4, 5, 6, por ejemplo para llevarla más cerca de la mesa de operaciones o para alejarla de la misma, o para orientarla mejor durante la operación. Las ruedas 21 tienen preferentemente frenos, no mostrados, con el fin de inmovilizar la unidad robótica durante la operación. Obviamente, la unidad robótica 4, 5, 6 se puede mover y reubicarse en cualquier momento durante la operación o en cualquier otro momento, siempre que la herramienta 18 se haya extraído de la inserción realizada en la piel del paciente. Cada unidad robótica 4, 5, 6 es independiente de las demás. Por lo tanto, se pueden mover independientemente moviendo de forma independiente su soporte o carcasa de base 11 respectiva. Como se muestra en la realización ilustrada en la Figura 2, el soporte o carcasa base 11 tiene preferentemente forma de L, con una parte inferior que es más ancha que su parte superior. Esto permite una aproximación más cercana a la mesa de operaciones mediante la introducción de la fracción de la parte inferior más ancha que la parte superior debajo de la mesa de operaciones. De este modo, se ahorra espacio en el quirófano.

La Figura 3 muestra un esquema de la arquitectura del soporte o carcasa base 11 de acuerdo con una posible realización de la invención. También se muestra el brazo robótico 15 del conjunto del brazo robótico 12. El soporte o carcasa base 11 se fabrica de cualquier material adecuado. Por ejemplo, puede comprender aluminio. Se cubre preferentemente con una o más láminas de un material adecuado para utilizarse en quirófano. Las láminas de recubrimiento se pueden fabricar de un plástico adecuado, tal como plástico ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) o de cualquier otro material adecuado. El diseño del soporte 11 se ha seleccionado con el fin de minimizar el espacio ocupado en la proximidad a la mesa de operaciones y aumentar al máximo

su estabilidad, movilidad y vida útil de la fuente de alimentación.

Como se esquematiza en la Figura 3, el soporte 11 aloja, en su interior, al menos una batería que permite el funcionamiento de la unidad robótica 4, 5, 6 de manera inalámbrica, es decir, sin necesidad de una conexión física a la red eléctrica. En una realización particular, hay dos baterías, pero dependiendo de diferentes factores, tal como en el tipo de operación en que se tiene que utilizar, puede haber más baterías. También comprende una fuente de alimentación configurada para conectarse a la red eléctrica. Esto permite tanto el funcionamiento cableado de la unidad robótica 4, 5, 6 (es decir, directamente alimentada por la red eléctrica) como la carga de la al menos una batería. En otras palabras, la unidad robótica 4, 5, 6 puede trabajar ya sea inalámbrica o de forma cableada. Tanto la al menos una batería como la fuente de alimentación se representan juntas en la Figura 3 y son referidas con el número 23. El soporte 11 contiene también un cargador de batería 24 y al menos un convertidor de tensión o un convertidor de corriente 25.

El soporte 11 aloja también un ordenador industrial 26 que comprende un software específico para cirugía asistida por robot: software general para la conversión de movimiento entre la palanca de mando y el brazo robótico, control de posición de la herramienta general, gestión de señales de entrada/salida, gestión de las comunicaciones entre los brazos robóticos y la consola de control, gestión general del sistema, gestión de errores, etc. Es un ordenador industrial compacto, potente y de bajo consumo. Comprende al menos dos puertos Ethernet y al menos 4 puertos USB. El ordenador industrial 26 es el núcleo computacional de la unidad robótica 4, 5, 6. Es el encargado de ejecutar cualquier algoritmo requerido, tal como algoritmos de control de movimiento y algoritmos de control de fuerza. También gestiona la comunicación entre los diferentes elementos que forman cada unidad robótica, así como la

comunicación con otras unidades robóticas y con la consola de control 7. El ordenador 26 comprende dos módulos de comunicaciones, no mostrados: uno cableado basado en Ethernet y uno basado en wifi. Un ejemplo no limitativo de un ordenador industrial que se puede utilizar es Simatic IPC427D, de Siemens. El soporte 11 comprende adicionalmente un medio de control 27, tal como una unidad de control convencional, configurado para controlar el brazo robótico 15. Por ejemplo, es responsable de proporcionar medios para la programación de las trayectorias de los brazos robóticos, controlar los motores en cada eje o controlar los diferentes sensores comprendidos en el brazo robótico. El soporte 11 comprende adicionalmente un módulo de comunicaciones, que no se muestra, que comprende medios Tx/Rx para transmitir/recibir señales de control a/desde la consola de control 7, preferentemente configurados para trabajar bajo un protocolo basado en Ethernet estándar, que pueden trabajar tanto inalámbrica como de forma cableada. El soporte 11 aloja también medios de medición de carga 28 para medir el nivel de carga de las baterías y una caja de comunicaciones 29 asociada al sensor de fuerza 16 (véase la Figura 2) ubicado en la última articulación del brazo robótico. La caja de comunicaciones 29 controla y procesa el sensor de fuerza 16. Opcionalmente, el soporte 11 comprende medios para el transporte y la fijación 21, 22, 30 del soporte 11.

La Figura 4A muestra un conjunto de brazo robótico 12 de acuerdo con una posible realización de la invención, configurado para extenderse desde un soporte o carcasa base 11 como se muestra en las Figuras 2 y 3 o configurado para acoplarse a dicho soporte o carcasa base 11. En otras palabras, hay un conjunto 12 de dispositivos sobre el soporte o carcasa base 11. En esta realización, el conjunto 12 comprende:

-un brazo robótico 15: Es el dispositivo que permite la interacción con la

herramienta quirúrgica. Cuenta con 6 grados de libertad (DOF). Comprende un sistema de seguridad capaz de bloquearse en caso de colisión con los seres humanos. Además, el brazo robótico 15 se puede mover manualmente. Además, se puede programar en tiempo real a través del protocolo basado en Ethernet con una frecuencia de muestreo de 125 Hz. Se controla a través del medio de control 27 alojado dentro del soporte 11. Este medio de control 27 gestiona todo el movimiento de bajo nivel y las órdenes de planificación recibidas del ordenador industrial 26. Un ejemplo no limitativo de brazo robótico 15 que se puede utilizar es UR5 de Universal Robots.

- un sensor de fuerza 16: Se configura para recibir la medición de fuerzas y pares en 6 ejes aplicados por la herramienta quirúrgica 18, que es controlada por el brazo robótico 15, en la piel del paciente y en las paredes internas y órganos dentro de la cavidad del paciente. Se encuentra entre el último eje del brazo robótico (articulación) y el adaptador de herramienta 19, ya que esta situación permite la recepción clara de las señales que representan dichas fuerzas aplicadas. Además, puesto que el sensor 16 solo mide las fuerzas aplicadas sobre su superficie, se garantiza que otras mediciones no sean capturadas (por ejemplo, las mediciones de las fuerzas aplicadas por el brazo robótico), capturando solo las mediciones generadas debido a la interacción de la herramienta quirúrgica 18 (cuyo peso e inercia se debe filtrar con el fin de obtener una medición fiable). Estas mediciones son extremadamente importantes con el fin de controlar correctamente el punto de fulcro y la retroalimentación háptica. Cuenta con 6 DOF (fuerzas y pares). Se comunica con el ordenador industrial 26 a través de la caja de comunicaciones 29, a través del protocolo basado en Ethernet ya mencionado. Un ejemplo no limitativo de brazo robótico 15 que se puede utilizar es un ATI Gamma.

-y una herramienta quirúrgica 18 configurada para, durante el uso del sistema, acoplarse al brazo robótico 15; dependiendo del tipo de herramienta quirúrgica 18, puede requerir acoplarse al brazo robótico 15 a través de un adaptador de herramienta 19.

- un adaptador de herramienta 19: Se utiliza cuando la herramienta quirúrgica 18 no se puede acoplar directamente al brazo robótico 15, debido a su diseño específico. El adaptador de herramienta 19 se sitúa entre el brazo robótico 15 y la herramienta quirúrgica 18. El adaptador de herramienta 19 se sitúa preferentemente entre el sensor de fuerza 16 (situado en el extremo distal del brazo robótico 15) y la herramienta quirúrgica 18. Cuanto más cerca se encuentre el sensor de fuerza 16 con respecto a la herramienta quirúrgica 18, más fiable será la señal captada por el sensor de fuerza 16. El adaptador de herramienta 19 permite acoplar cualquier herramienta quirúrgica convencional 18 al brazo robótico 15. En otras palabras, a diferencia de otros sistemas quirúrgicos robóticos bien conocidos, que solo se pueden utilizar con herramientas quirúrgicas ad-hoc, el brazo robótico 15 se puede acoplar a casi cualquier herramienta quirúrgica gracias al adaptador de herramienta 19. El adaptador de herramienta 19 comprende un medio de accionamiento y un sensor de fuerza de 1 DOF (no mostrado). El medio de accionamiento o medio de accionamiento de pinza se basa en un motor configurado para abrir/cerrar la herramienta quirúrgica 18 (tales como bisturíes, fórceps, tijeras, etc.). El motor se acciona y controla directamente por uno de los grados de libertad de los dispositivos hápticos 8 situados próximos a la consola de control 7 y conectados a la misma. En una realización no limitativa, el medio para controlar el motor es un tablero de control (control board) Maxon EPOS2 mod. 390003. El sensor de fuerza se configura para medir la fuerza de agarre/cierre aplicada por la pinza. Comprende un DOF para medir la fuerza de agarre/cierre aplicada por la

herramienta quirúrgica 18 y para retroalimentar esta información (fuerza de agarre o corte aplicada sobre un tejido o un objeto...) al dispositivo háptico 8. En una realización no limitativa, el sensor de fuerza es un OMD-20-FF-600N. La Figura 4C ilustra una realización ejemplar de un adaptador de herramienta 19 y de una herramienta quirúrgica 18 para acoplarse a un brazo robótico 15 gracias al adaptador de herramienta 19. El adaptador de herramienta 19 se coloca en el extremo distal del brazo robótico 15. Un ejemplo de una herramienta quirúrgica 18 a acoplarse es cualquiera de los instrumentos quirúrgicos que se comercializan bajo la marca "ClickLine" de Karl Storz (Alemania). La herramienta 18 comprende preferentemente una primera pieza de herramienta 181 y una segunda pieza de herramienta 182. La primera pieza de herramienta 181 es hueca de modo que la segunda pieza de herramienta 182 se puede mover hacia atrás y hacia delante a través de un canal en la primera pieza de herramienta 181. Es decir, el segunda pieza de herramienta 182 se puede mover en relación con la primera pieza de herramienta 181. La herramienta quirúrgica 18 comprende además un cabezal de herramienta (no mostrado) movido por la segunda pieza de herramienta 182. El adaptador de herramienta 19 comprende una primera pieza base 191 para retener de forma desmontable la primera pieza de herramienta 181, y una segunda pieza base 192 que se puede mover en relación con la primera pieza base 191 para retener de forma desmontable la segunda pieza de herramienta 182. En otras palabras, la primera pieza base 191 comprende los componentes que retienen o sujetan la primera pieza de herramienta 181. La segunda pieza base 192 se puede mover activada por un motor 193 y se puede conectar a la segunda pieza de herramienta 182 para mover la segunda pieza de herramienta 182. Si el movimiento transmitido es un movimiento recíproco, entonces la segunda pieza de herramienta 182 se moverá de adelante hacia atrás y viceversa. En una

implementación particular, la primera pieza base 191 comprende un empujador 194 que se puede mover en relación con la primera pieza base 191 para separar la primera pieza de herramienta 181 y la segunda pieza base 192 comprende una tapa 195 que se puede mover en relación con la segunda pieza base 192 para separar la segunda pieza de herramienta 182.

Como ya se ha mencionado, las unidades robóticas 4, 5, 6 se conectan a una consola de control 7 desde la que se gestiona/manipula el control de los brazos robóticos 15. La consola de control 7 actúa como sistema maestro. Las unidades robóticas 4, 5, 6 actúan como sistema esclavo. Como ya se ha explicado, los brazos robóticos 15 (en general, los conjuntos de brazos robóticos 12) se pueden conectar a la consola de control 7 ya sea a través de hilos o de forma cableada o por medio de un sistema transmisor/receptor inalámbrico. Las Figuras 5A y 5B muestran dos vistas de una consola de control 7 de acuerdo con una posible realización de la invención. La consola de control 7 es la interfaz entre el cirujano 9 y los conjuntos de brazos robóticos 12. Las partes o dispositivos principales comprendidos en la consola de control 7 son:

- columna o soporte ajustable 41: permite utilizar el sistema de forma ergonómica, ya que se adapta a la altura del usuario 9 y permite que el cirujano 9 trabaje ya sea de pie o sentado.

- carcasa 42 para el medio de computación: el medio de computación, que para mayor claridad también se ha referido como 42, aunque en realidad se aloja dentro de la carcasa 42, es el núcleo de la consola de control 7. Se compone de un ordenador personal o similar, una unidad adquisición de datos (DAQ) para la captura de señales proporcionadas por los pedales, un conmutador de comunicaciones y alimentadores para el ordenador personal, dispositivos hápticos y pantallas (monitores). El medio de

computación 42 ejecuta los algoritmos necesarios, tales como el control de la fuerza, y gestiona los parámetros de operación. En el medio de computación 42, se ejecuta una pluralidad de algoritmos de control. Estos algoritmos de control gestionan las comunicaciones y las operaciones entre cada uno de los dispositivos hápticos 8 y su conjunto de brazo robótico correspondiente 12 (es decir, su brazo robótico correspondiente 15 y la herramienta quirúrgica 18 acoplada al mismo). Se encuentra preferentemente dentro de una carcasa 42 que comprende otros elementos, tales como medios de conexión.

- una pluralidad de dispositivos hápticos 8: Los dispositivos hápticos 8 son una de las interfaces de usuario de la consola de control 7. Se implementan preferentemente en forma de mangos o palancas de mando 8. Por medio de los dispositivos hápticos 8, el cirujano 9 puede controlar simultáneamente hasta dos herramientas quirúrgicas 18. Los dispositivos hápticos 8 se montan preferentemente en un panel configurado para instalar dos palancas de mando o mangos. En una realización particular, los dispositivos hápticos 8 se fijan o acoplan a la columna ajustable 41. Los dispositivos hápticos 8 se conectan preferentemente a la consola de control 7, en particular, al medio de computación alojado en la carcasa 42, por medio de una conexión por cable. En una realización particular, esta conexión es una interfaz USB. En una realización particular, en la que hay dos brazos robóticos 15 que llevan cada uno una herramienta quirúrgica, hay dos dispositivos hápticos 8. Cada dispositivo háptico 8 se asocia a una herramienta quirúrgica correspondiente. En otras palabras, el movimiento y posicionamiento de las dos herramientas quirúrgicas 18 fijadas a un primer y un segundo brazo robótico 15 se controla por el cirujano 9 mediante el uso de un par de dispositivos hápticos 8. El cirujano 9 puede seleccionar el modo de movimiento de los conjuntos de brazos robóticos de acuerdo con dos modos

diferentes. En el modo "A", un movimiento de los dispositivos hápticos 8 implica un movimiento del extremo distal de las herramientas quirúrgicas 18. En el modo "B", un movimiento de los dispositivos hápticos 8 implica un movimiento del extremo proximal de las herramientas quirúrgicas 18. Además, el movimiento y posicionamiento de un endoscopio conectado a un tercer brazo robótico 15 se controla a través de los dispositivos hápticos 8. Otras realizaciones pueden comprender más de dos dispositivos hápticos (por ejemplo, si se utilizan más de dos brazos robóticos 15 cada uno con una herramienta quirúrgica diferente de un endoscopio). En esta situación, se puede necesitar más de un cirujano para una manipulación óptima y segura de más de dos dispositivos hápticos. La Figura 6 muestra un par de dispositivos hápticos 8 de acuerdo con una posible realización de la invención. Los dispositivos hápticos 8 son convencionales y están fuera del alcance de la presente invención. Los dispositivos hápticos 8 utilizados en el sistema 1 permiten controlar y detectar las fuerzas de 7 grados de libertad.

- medios de selección 51: Permiten al cirujano 9 activar y desactivar el movimiento de los conjuntos de brazos robóticos 12 y seleccionar qué dos conjuntos de brazos robóticos se deben controlar en todo momento. En una realización preferida, los medios de selección se implementan mediante pedales. Los pedales son una de las interfaces de usuario de la consola de control 7. En una realización particular, en la que hay tres conjuntos de brazos robóticos, hay dos pedales: uno de los pedales 51 activa/desactiva los dos conjuntos de brazos robóticos que llevan respectivas herramientas quirúrgicas; y el otro pedal 51 activa/desactiva el conjunto del brazo robótico que lleva la cámara (endoscopio o cámara laparoscópica). Con el fin de mover un brazo robótico, el cirujano debe pisar el pedal correspondiente 51 de forma continua (presionando con el pie de un modo continuo). Así, se evitan movimientos

involuntarios. En una realización particular, o se activan los dos conjuntos de brazos robóticos que llevan las herramientas propiamente dichas, o se activa el conjunto de brazo robótico que lleva la cámara. Los pedales 51 trabajan como un medio de seguridad, ya que impiden el movimiento indeseado de cualquiera de los brazos robóticos bajo el concepto de hombre muerto (dead-man concept). Es decir, los brazos robóticos solo se mueven, en respuesta al control háptico, si se presiona el pedal correspondiente. Con el fin de aplicar este control a través de los pedales 51, los pedales se conectan a una placa de control (control board), tal como una DAQ USB-DUX D, que tiene una interfaz, por ejemplo un puerto USB, con el medio de computación alojado en la carcasa 42. Cuando el medio de selección 51 (pedal) no está presionado, se activa un modo manual, en cuyo modo el conjunto de brazo robótico se puede mover/manipular directamente (con las manos) por una persona. Un experto en la técnica entenderá que el número de medios de selección puede variar en función del número de conjuntos de brazos robóticos a ser controlado, y que más de un cirujano (o personas del personal médico) pueden necesitarse para controlar los pedales (y dispositivos hápticos) si el número de conjuntos de brazos robóticos es elevado. En caso de un gran número de conjuntos de brazos robóticos, losmedios de selección se pueden implementar por medio de un selector conmutador.

- unidad de reconocimiento de voz 52: Esta es una característica opcional. La unidad de reconocimiento de voz, a la que se hace referencia en la Figura 1, como un micrófono, es una interfaz de usuario opcional de la consola de control 7. Se puede utilizar para controlar el movimiento de un endoscopio conectado a un brazo robótico. La unidad de reconocimiento de voz 52 se conecta a un tablero de control (control board) que tiene una interfaz con el medio de computación.

- monitor 701: Es una pantalla 3D que muestra información visual. En particular,

muestra imágenes de los órganos internos del paciente 2 tomadas por la cámara (endoscopio). Un ejemplo no limitativo del monitor 701 es una Panasonic 26", diseñada para trabajar en entornos quirúrgicos. Se destaca que se pueden utilizar monitores 3D adicionales, como los que se ilustran en la Figura 1 y se refieren como 10, para mostrar las mismas imágenes en diferentes áreas de la sala de cirugías.

- monitor de configuración 61: Este monitor adicional 61 es una interfaz de usuario adicional que permite al cirujano acceder a diferentes partes de control del sistema. Es preferentemente una pantalla táctil. Por ejemplo, cuando se inicia el sistema, el estado de todos los elementos y herramientas, incluyendo la cámara, se muestra en una ventana. La Figura 7 muestra un ejemplo de la información mostrada en la ventana de estado del monitor de configuración 61. El monitor de configuración 61 proporciona menús, alertas, estado del sistema, opciones de configuración y similares.

Volviendo de nuevo a los dispositivos hápticos 8, cada uno de los dispositivos hápticos 8 que se pueden manipular por el cirujano tiene una relación maestro-esclavo con uno de los brazos robóticos 15 correspondiente, de modo que el movimiento de un dispositivo háptico 8 produce un movimiento correspondiente de la herramienta quirúrgica 18 unida al brazo robótico correspondiente 15. El medio de computación (alojado en la carcasa 42) de la consola de control 7 recibe señales de entrada procedentes de los dispositivos hápticos 8. El medio de control 27 asociado a cada unidad robótica calcula un movimiento correspondiente de las herramientas quirúrgicas 18 y proporciona señales de salida para mover los conjuntos de brazos robóticos 12 y las herramientas 18. En otras palabras, el cirujano 9 controla el movimiento y la orientación de las herramientas 18 sin llegar a sostener en realidad los extremos de estas herramientas 18. Los dispositivos hápticos 8 miden las trayectorias

deseadas para cada herramienta 18 y el medio de control 27 envía (a través de los algoritmos del medio de computación 42) esas trayectorias al conjunto robótico correspondiente 12. Los dispositivos hápticos 8 se configuran, además, para aplicar fuerzas en la mano respectiva del cirujano 9, de tal manera que transmiten al cirujano las fuerzas medidas por el adaptador de herramienta 19 (en particular, por su sensor de fuerza) con el fin de crear en el cirujano una sensación de contacto o presión similar a la ejercida por la herramienta 18 en el paciente (por ejemplo, en su tejido). Cada dispositivo háptico 8 tiene 7 grados de libertad (DOF), 6 DOF para el brazo robótico y 1 DOF para la apertura/el cierre de la herramienta, por medio de los que el cirujano 9 puede controlar a distancia el movimiento (posición) y la orientación espacial del extremo distal del equipo (herramienta o endoscopio) acoplado a un brazo robótico controlado por un dispositivo háptico correspondiente 8 y la apertura/el cierre de la herramienta. Cada DOF es capaz de retroalimentar fuerzas. El dispositivo háptico 8 permite un conjunto de movimientos similares a los realizados por una mano humana. Tienen medios para compensar la gravedad, lo que proporciona una precisión fina. En una realización no limitativa, los dispositivos hápticos 8 son Omega 7 de Force Dimension. Cada herramienta quirúrgica 18 se controla fácilmente no solo gracias al dispositivo háptico correspondiente 8, sino también a las ventajas combinadas sinérgicas de su conjunto de brazo robótico 12, su dispositivo háptico correspondiente 8 y las capacidades de control proporcionadas por el ordenador industrial 26. Por ejemplo, la orden de control para mover la herramienta quirúrgica 18 según lo deseado por el cirujano se transmite desde el dispositivo háptico 8 hasta el medio de computación (situado en la carcasa 42) y desde este medio de computación 42 al ordenador industrial 26. La conexión entre el dispositivo háptico 8 y el medio de computación 42 se realiza preferentemente a través de USB. Su velocidad de

muestreo máxima es preferentemente 2,5 kHz, lo suficiente para realizar el control por medio de retroalimentación háptica de fuerzas.

Volviendo de nuevo a la Figura 7, en la pantalla, se representan imágenes 72 de tres herramientas (una primera herramienta quirúrgica "herramienta_1", una cámara endoscópica "cámara" y una segunda herramienta quirúrgica "herramienta_2"), correspondientes a los tres elementos acoplados a tres brazos robóticos. Sobre cada imagen, se muestra un mensaje 71 sobre su estado. En este ejemplo, las tres herramientas están "detenidas". Las imágenes correspondientes a un cierto estado se muestran en un color específico. Por ejemplo, si la herramienta está detenida, se representa en rojo. También se muestra un botón de configuración 73. Con el fin de comenzar a mover una herramienta, es necesario presionar el pedal correspondiente. Cuando se presiona el pedal, si la posición inicial del brazo robótico es correcta, las dos herramientas mostradas cambian su estado a "en uso" y cambian su color, por ejemplo, se vuelven de color verde. A continuación se pueden mover, accionados por los dispositivos hápticos.

Durante el uso y la manipulación de los conjuntos de brazos robóticos (y por tanto, de las herramientas acopladas a los mismos), esta interfaz (monitor 61) puede mostrar dos mensajes de advertencia: Un primer mensaje informa sobre la velocidad del dispositivo háptico. Si el usuario mueve el dispositivo háptico con tanta rapidez que el brazo robótico no puede llegar a esa velocidad, se advierte al usuario sobre ello, mostrando una advertencia en el mensaje de estado 71. La imagen se vuelve preferentemente de color rojo. Cuando la velocidad se reduce a uno aceptable, el mensaje 71 cambia a "en uso" y la imagen 72 se vuelve de color verde de nuevo. Un segundo mensaje informa acerca de una posición incorrecta de la herramienta, por ejemplo, una posición en la que no se puede seguir trabajando según lo previsto, de

tal manera que se requiere un movimiento manual (es decir, un movimiento no controlado a través del dispositivo háptico, sino de forma manual por una persona). Esta advertencia se muestra en el mensaje de estado 71 y la imagen correspondiente 72 se vuelve preferentemente de color rojo. Cuando se supera el problema (manualmente), el mensaje 71 se cambia de nuevo a "en uso" y la imagen se vuelve preferentemente de color verde de nuevo.

Con el fin de controlar la cámara endoscópica, es necesario presionar el pedal correspondiente, mientras se mueve el dispositivo háptico de la mano que se define en una ventana de configuración. Cuando se presiona el pedal, si la posición inicial del brazo robótico es correcta, la cámara endoscópica mostrada 72 cambia su estado a "en uso" y preferentemente cambia su color, por ejemplo, se vuelve de color verde. En este estado no es posible mover los brazos robóticos que controlan las herramientas quirúrgicas propiamente dichas incluso si se presiona su pedal. Solo cuando el pedal correspondiente al dispositivo háptico que controla la cámara no se presiona, se pueden mover las herramientas propiamente dichas.

Con el fin de obtener acceso a la configuración del sistema, se debe presionar el botón de configuración 73 en la ventana principal (véase Figura 7). Después, se muestra una nueva pantalla (una ventana de configuración), como se representa en la Figura 8. La sección "Velocidad de movimiento" se refiere a la tasa entre la velocidad del dispositivo háptico y la velocidad del brazo robótico. Las secciones "Controlador izquierdo" y "Controlador derecho" permiten elegir la herramienta que será controlada a través de cada dispositivo háptico. En otras palabras, cada conjunto de brazo robótico se tiene que asociar a un dispositivo háptico correspondiente (controlador háptico). Además, a través de esta pantalla, el brazo robótico que lleva la cámara endoscópica se asocia a un controlador háptico deseado (izquierdo o derecho), pero

solo cuando se presiona el pedal correspondiente. Por defecto, la cámara endoscópica se asocia al controlador derecho. La sección "Desacoplamiento de la herramienta" se requiere cuando una herramienta se tiene que desacoplar del brazo robótico en el que está acoplada. El botón correspondiente se tiene que presionar. El botón de "Reinicio del sistema" se debe presionar en caso de que los conjuntos de brazos robóticos no se muevan correctamente. Por último, el botón "Volver" se presiona después de que se ha seleccionado una configuración, guardando así la configuración seleccionada.

La Figura 9 representa esquemáticamente el flujo de señales de control intercambiadas entre diferentes unidades en el sistema robótico quirúrgico 1 de acuerdo con una realización de la invención. El usuario (cirujano 9) interactúa con el sistema 1 a través de la consola de control 7.

La consola de control 7 comprende un algoritmo para determinar, a partir de las fuerzas medidas por el sensor de fuerza 16, qué porcentaje de la contribución a la medición se debe a la interacción (de la herramienta quirúrgica) con el punto fulcro y qué porcentaje de la contribución a la medición se debe a la interacción (de la herramienta quirúrgica) con el tejido interno del paciente. Si la medición de las fuerzas proporciona un valor bajo, entonces se establece que prácticamente toda la fuerza medida se debe a la interacción con el punto de fulcro. Si la medición de las fuerzas proporciona un valor alto, entonces se establece que prácticamente toda la fuerza medida se debe a la interacción con el tejido interno del paciente. En un ejemplo de implementación, que no se va a considerar como limitativo, el umbral entre un "valor alto" y un "valor bajo" se fija en 2 Newtons.

En cuanto a la comunicación entre la consola de control 7 y un dispositivo háptico 8: La consola de control 7 recibe la posición ("P" en la Figura 9) de los dispositivos hápticos 8 (posición alcanzada como resultado de la manipulación

aplicada por las manos del cirujano). La consola de control 7 envía una cierta fuerza ("F" en la Figura 9) a los dispositivos hápticos 8 (fuerza que se va a transferir a su vez a las manos del cirujano). Esta fuerza "F" es el resultado de modelar la fuerza detectada por el conjunto del brazo robótico. Es una fuerza simulada que actúa en una dirección opuesta al movimiento del dispositivo háptico 8. Esta fuerza "F" se simula por medio de un modelo de reacción de fuerza elástico-lineal que tiene cierta rigidez dinámica. Esta simulación se realiza en un algoritmo para la estimación de la rigidez.

La consola de control 7 envía la información relativa a la posición de los dispositivos hápticos 8 al ordenador industrial 26 de la unidad robótica. En este ordenador industrial 26 se procesa la información. Una orden obtenida como resultado de dicho procesamiento se envía al medio de control 27 (que controla un brazo robótico correspondiente).

La retroalimentación háptica es una retroalimentación de 3 grados de libertad (DOF), realizada en el eje XYZ (no hay retroalimentación en cuanto a los giros). Esta retroalimentación se calcula en el medio de computación comprendido en la consola de control 7 a partir de la posición y el estado del extremo proximal de la herramienta quirúrgica 18 (o a partir de la posición del adaptador de herramienta 19, si hay uno) y a partir de la fuerza obtenida del sensor de fuerza. La consola de control 7 también recibe y envía la posición ("P") y el estado ("S") del brazo robótico 15. La consola de control 7 recibe también la fuerza capturada por el sensor de fuerza 16. El sensor de fuerza 16 se mueve junto con el efector final del brazo robótico. Por esta razón, la posición y orientación del sensor de fuerza 16 se determinan por el estado de la articulación del brazo robótico.

Este feedback se calcula a partir de la posición ("P") y el estado ("S") del brazo robótico 15 y a partir de la fuerza ("F") obtenida desde el sensor de fuerza 16. Un

algoritmo para la estimación de la rigidez, que se ejecuta desde la consola de control 7, es el encargado de estimar dinámicamente la rigidez del tejido en contacto con el extremo distal de la herramienta quirúrgica 18. Esto se hace mediante la medición de fuerzas y pares debido a la interacción entre la herramienta 18 y el tejido interno del paciente. Como ya se ha explicado, la consola de control 7 comprende un algoritmo para determinar, a partir de las fuerzas medidas por el sensor de fuerza 16, qué porcentaje de la contribución a la medición se debe a la interacción (de la herramienta quirúrgica) con el punto de fulcro y qué porcentaje de la contribución a la medición se debe a la interacción (de la herramienta quirúrgica) con el tejido interno del paciente. De esta manera, la relación entre la fuerza y el movimiento debido a la interacción con el tejido se modela por medio de un modelo lineal. Por tanto, se estima la rigidez del tejido interno del paciente y se transmite al cirujano, de tal manera que el cirujano es capaz de sentir a través de los dispositivos hápticos 8, discriminando entre objetos blandos o duros, de forma similar a como lo sentiría con su propias manos. A partir de esta estimación de la rigidez, se calcula la fuerza de reacción simulada ya mencionada. Esta fuerza de reacción simulada es proporcional al movimiento del dispositivo háptico realizado por la mano del cirujano. La posición del dispositivo háptico en el que se midieron las fuerzas/pares por primera vez como consecuencia de la interacción entre la herramienta y el tejido, se considera como una referencia. La fuerza de reacción simulada se escala con el fin de sentir el contacto en las manos de manera natural. Esta fuerza se envía a los accionadores del dispositivo háptico.

Y debido a que se puede establecer el porcentaje de la contribución a la medición de la fuerza (realizado por el sensor de fuerza 16) debido a la interacción de la herramienta quirúrgica con el punto de fulcro, se puede estimar la posición cartesiana del punto de fulcro. Para esta estimación, también se utilizan coordenadas

modeladas del brazo robótico. Con el fin de realizar tal estimación, se calcula la distancia exterior (a lo largo de un eje de la herramienta quirúrgica) entre el efector final del brazo robótico (extremo proximal del instrumento quirúrgico) y el punto de fulcro.

Opcionalmente, la consola de control 7 puede recibir instrucciones de audio de un usuario a través de una unidad de reconocimiento de voz 52.

Como se ha explicado, los movimientos de laparoscopia de la herramienta quirúrgica 18 acoplada al brazo robótico 15 se controlan por medio de los dispositivos hápticos (interfaz háptica) 8. Con el fin de gestionar estos movimientos (desde la consola de control 7 o, más precisamente, desde el ordenador industrial 26), se ha desarrollado un grupo de algoritmos para controlar los movimientos del brazo robótico 15 basados en la fuerza de respuesta. En particular, el manejo del sistema robótico quirúrgico 1 se hace como sigue:

- Planificar una posición y orientación esférica del efector final (es decir, el extremo proximal de la herramienta quirúrgica). Esto se hace a partir de los siguientes datos: un movimiento relativo del dispositivo háptico 8; coordenadas de referencia del efector final (o extremo proximal de la herramienta quirúrgica); coordenadas modeladas del efector final (o extremo proximal de la herramienta quirúrgica); y la estimación del punto de fulcro.

- Obtener las posiciones y velocidades requeridas por cada grado de libertad del brazo robótico, movido por accionadores, para calcular la posición y orientación esférica ya planificadas. Esto se hace a partir de las coordenadas modeladas del efector final (o extremo proximal de la herramienta quirúrgica) y a partir de la posición y orientación esférica planificada.

- Mover el efector final (o extremo proximal de la herramienta quirúrgica) por

medios de accionamiento de acuerdo con las posiciones y velocidades obtenidas.

- Medir con al menos un sensor de fuerza 16 las fuerzas y pares aplicados por el efector final y por la herramienta quirúrgica acoplada al mismo cuando se realiza el movimiento anterior.

- Determinar el porcentaje de contribución a las fuerzas y pares de torsión medidos correspondiente a la interacción con el punto de fulcro y a la interacción con el tejido interno del paciente.

- Estimar un nuevo punto de fulcro a partir de dicha contribución de fuerzas debido a la interacción con el punto de fulcro.

- Estimar la rigidez del tejido en contacto con el extremo distal de la herramienta quirúrgica a partir de dicha contribución a las fuerzas debido a la interacción con el tejido interno del paciente; y calcular una fuerza de reacción simulada.

- Enviar la fuerza de reacción simulada a al menos un accionador del dispositivo háptico 8 con el fin de proporcionar esa fuerza en la mano del cirujano.

En una situación ideal, en la que se calcula correctamente el punto de fulcro, la herramienta quirúrgica 18 no toca (o toca en un grado muy limitado) el tejido/pared del orificio en el cuerpo del paciente a través del que la herramienta entra - a través de un trocar – en la cavidad del paciente. En esta situación, las fuerzas captadas por el sensor de fuerza 16 son muy pequeñas. Esto significa que el punto de fulcro está en la posición que se había previsto. Si, por el contrario, el punto de fulcro real no está donde se había previsto, el movimiento generado con el brazo robótico obliga a la herramienta quirúrgica 18 a tocar el tejido/pared del orificio en el cuerpo del paciente a través del que la herramienta entra en la cavidad de paciente. Cuando la herramienta quirúrgica 18 toca dicho tejido (piel, órganos...) se aplican fuerzas y esas fuerzas se capturan por el sensor de fuerza 16. Esas capturas de la fuerza se utilizan para volver

a calcular el punto de fulcro (o mejor, la distancia entre el extremo de la herramienta quirúrgica 18 y el punto de fulcro) y para aplicar un movimiento lateral de la herramienta 18 en una dirección opuesta al vector de fuerza con el fin de minimizar la magnitud de la fuerza aplicada por la herramienta quirúrgica 18. Cualquier movimiento de la herramienta quirúrgica 18 (inserción, extracción...) y cualquier movimiento del paciente (respiración...) implica que la distancia entre el extremo de la herramienta quirúrgica 18 y el punto de fulcro varía. Es necesario ser conscientes de esta distancia con el fin de proporcionar un movimiento correcto de la herramienta dentro de la cavidad del paciente.

En otras palabras, se calcula primero la distancia entre el extremo de la herramienta quirúrgica 18 y una estimación del punto de fulcro (no conocida). Esta distancia se calcula gracias al sensor de fuerza 16 acoplado al extremo del brazo robótico 15. En segundo lugar, una vez que se conoce a esta distancia, se aplica un control o corrección acomodativo, que consigue corregir errores en el posicionamiento de la herramienta quirúrgica 18 con respecto al punto de fulcro en el que se aplica una fuerza mínima. El resultado de esta corrección permite minimizar la fuerza aplicada en el punto de fulcro. Por lo tanto, el cirujano puede mover el conjunto de brazo robótico por medio de los dispositivos hápticos 8 mientras que el sistema es capaz de transmitir al dispositivo háptico una sensación de fuerza cuando el conjunto de brazo robótico (o herramienta acoplada al brazo robótico) choca contra un objeto.

En conclusión, se ha proporcionado un nuevo sistema robótico quirúrgico 1, que se puede integrar fácilmente en un quirófano y que no interfiere con los movimientos del cirujano. No requiere de salas quirúrgicas o instalaciones (es decir, sistemas de alimentación específicos) específicas. El cirujano puede permanecer dentro del área quirúrgica, es decir, no necesita permanecer a distancia con respecto a la mesa de

operaciones. El sistema ofrece al cirujano una sensación de tacto o información táctil: gracias a sus sensores, se mide la fuerza de tacto y corte aplicada por las herramientas quirúrgicas. El sistema es flexible, lo que significa que diferentes configuraciones son posibles: un número diferente de conjuntos de brazos robóticos (uno, dos, tres o más) y/o diferentes formas de moverlos/situarlos. El sistema también es flexible en términos de la herramienta quirúrgica a acoplarse a los brazos robóticos: cualquier herramienta puede, en principio, utilizarse, a diferencia de los sistemas robóticos convencionales, que requieren herramientas ad-hoc.

Por otra parte, la invención, obviamente, no se limita a la realización o realizaciones específicas que se describen en la presente memoria, sino que abarca también cualquier variación que se pueda considerar por cualquier persona experta en la materia (por ejemplo, en cuanto a la elección de materiales, dimensiones, componentes, configuración, etc.), dentro del alcance general de la invención tal como se define en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema robótico quirúrgico (1) que comprende:

- al menos tres unidades robóticas (4, 5, 6) configuradas para, durante el uso del sistema (1), disponerse próximas a una mesa de operaciones (3) sobre la que está tendido un paciente (2), siendo cada unidad robótica (4, 5, 6) independiente de las otras unidades robóticas, comprendiendo cada unidad robótica (4, 5, 6) un soporte (11) y un conjunto de brazo robótico (12) que se extiende desde dicho soporte (11); comprendiendo dicho soporte (11) medios de movimiento, estando dicho soporte (11) configurado para cambiar la posición y la orientación del soporte (11) con respecto a la mesa de operaciones (3); comprendiendo dicho conjunto de brazo robótico (12): un brazo robótico (15) que tiene 6 grados de libertad, una herramienta quirúrgica (18) acoplada al brazo robótico (15) a través de un adaptador de herramienta (19) y un sensor de fuerza de 6 ejes (16) configurado para recibir la medición de fuerzas y pares aplicados por la herramienta quirúrgica (18);

- una consola de control (7) configurada para manejar a distancia dichas unidades robóticas (4, 5, 6) desde una ubicación próxima a dicha mesa de operaciones (3), comprendiendo dicha consola de control (7):

  - un medio de computación (42) configurado para gestionar y ejecutar algoritmos de control de fuerza y algoritmos de control de posicionamiento de la herramienta;

  - una pluralidad de dispositivos hápticos (8), proporcionando cada uno 7 grados de libertad, configurados para controlar el movimiento, la orientación espacial y la apertura/el cierre del extremo distal de la herramienta quirúrgica (18) acoplada a un brazo robótico correspondiente (15), en los que cada

dispositivo háptico (8) está configurado para controlar un brazo robótico (15), en los que el movimiento de un dispositivo háptico (8) produce un movimiento correspondiente de la herramienta quirúrgica (18) acoplada a un brazo robótico correspondiente (15);

- medios de selección (51) configurados para activar/desactivar los brazos robóticos (15) que hay que controlar en todo momento;

- un primer monitor (701) configurado para mostrar una imagen en 3D capturada por un medio de captación de imágenes comprendido en un endoscopio acoplado a un brazo robótico (15);

- un monitor de configuración (61) configurado para ofrecer menús, alertas, estados y/o opciones de configuración del sistema (1).

2. El sistema (1) de la reivindicación 1, en el que dicho adaptador de herramienta (19) comprende un medio de accionamiento y un sensor de fuerza, comprendiendo dicho medio de accionamiento un motor configurado para abrir/cerrar la herramienta quirúrgica (18); estando dicho sensor de fuerza configurado para medir la fuerza de agarre/cierre aplicada por dicho medio de accionamiento.

3. El sistema (1) de la reivindicación 2, en el que dicho motor es accionado y controlado por uno de los grados de libertad de dichos dispositivos hápticos (8).

4. El sistema (1) de cualquiera de las reivindicaciones 2 o 3, en el que dicho sensor de fuerza comprende un grado de libertad para medir la fuerza de agarre/cierre aplicada por dicha herramienta quirúrgica (18) y para retroalimentar la información medida a dichos dispositivos hápticos (8).

5. El sistema (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los medios de movimiento de dicho soporte (11) están configurados para llevar el soporte (11) más cerca de la mesa de operaciones o para alejarlo de la misma o para reorientarlo durante una operación.

6. El sistema (1) de la reivindicación 5, en el que dicho medio de movimiento comprende una pluralidad de ruedas orientables (21).

7. El sistema (1) de cualquier reivindicación anterior, en el que dicho soporte (11) comprende medios de frenado con el fin de inmovilizar la unidad robótica (4, 5, 6) durante la operación.

8. El sistema (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho soporte (11) tiene forma de L, con una parte inferior que es más ancha que su parte superior, lo que permite introducir debajo de la mesa de operaciones una fracción de la parte inferior más ancha que la parte superior.

9. El sistema (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho soporte (11) aloja en su interior:

- al menos una batería configurada para permitir que la unidad robótica (4, 5, 6) funcione de manera inalámbrica;

- una fuente de alimentación configurada para ser conectada a la red eléctrica, lo que permite que la unidad robótica (4, 5, 6) funcione de manera cableada;

- un cargador de batería (24); y

- al menos un convertidor de corriente o un convertidor de tensión (25).

10. El sistema (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho soporte (11) aloja en su interior un medio de control (27) configurado para controlar el brazo robótico (15) asociado a dicho soporte (11).

11. El sistema (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho soporte (11) aloja en su interior un módulo de comunicaciones.

12. El sistema (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho soporte (11) aloja en su interior medios de medición (28) para medir el nivel de carga de las baterías comprendidas en dicho soporte (11).

13. El sistema (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho soporte (11) aloja en su interior una caja de comunicaciones (29) asociada a dicho sensor de fuerza (16), estando dicha caja de comunicaciones (29) configurada para controlar y procesar dicho sensor de fuerza (29).

14. El sistema (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha consola de control (7) comprende un soporte ajustable (41).

15. El sistema (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos medios de selección (51) son una pluralidad de pedales.

16. El sistema (1) de la reivindicación 15, en el que un primer pedal de dicha

pluralidad de pedales (51) está configurado para activar dos conjuntos de brazos robóticos (12) que llevan herramientas quirúrgicas respectivas; y un segundo pedal de dicha pluralidad de pedales (51) está configurado para activar un conjunto de brazo robótico (12) que lleva un endoscopio.

17. El sistema (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho monitor de configuración (61) es una pantalla táctil.

18. El sistema (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho medio de computación (42) está configurado para recibir señales de entrada desde dichos dispositivos hápticos (8), para calcular un movimiento correspondiente de las herramientas quirúrgicas (18) y proporcionar señales de salida correspondientes para mover los conjuntos de brazos robóticos (12) y herramientas (18).

19. El sistema (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha consola de control (7) comprende medios de computación para determinar, a partir de las fuerzas medidas por dicho sensor de fuerza (16), qué porcentaje de la contribución a la medición se debe a la interacción con el punto de fulcro y qué porcentaje de la contribución a la medición se debe a la interacción con el tejido interno del paciente.

20. El sistema (1) de la reivindicación 19, en el que dicha consola de control (7) comprende un medio de computación para enviar una fuerza simulada a al menos un dispositivo háptico (8), en el que dicha fuerza simulada se obtiene a partir de la contribución a dicha medición debido a la interacción con el tejido interno del paciente, convirtiéndose dicha fuerza simulada en dicho al menos un dispositivo háptico (8) en

una fuerza en la mano correspondiente del cirujano (9).

21. El sistema (1) de cualquiera de las reivindicaciones 19 o 20, en el que dicha consola de control (7) comprende un medio de computación para la estimación de la posición cartesiana del punto de fulcro a partir de la contribución a dicha medición debido a la interacción con el punto de fulcro y de las coordenadas modeladas a partir de dicho brazo robótico, comprendiendo dicha estimación de la posición cartesiana del punto de fulcro el cálculo de la distancia entre el extremo proximal de la herramienta quirúrgica y el punto de fulcro.

22. El sistema (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha consola de control (7) comprende además una unidad de reconocimiento de voz (52).

23. El sistema (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha consola de control (7) comprende además un segundo monitor (10) configurado para mostrar dicha imagen 3D capturada por dicho medio de captura de imágenes comprendido en dicho endoscopio acoplado a un brazo robótico (15).

24. Un método para manejar un sistema robótico quirúrgico (1) que comprende:

- disponer al menos tres unidades robóticas (4, 5, 6) de dicho sistema robótico quirúrgico (1) próximas a una mesa de operaciones (3) sobre la que está tendido un paciente (2), siendo cada unidad robótica (4, 5, 6) independiente de las otras unidades robóticas, comprendiendo cada unidad robótica (4, 5, 6) un soporte (11) y un conjunto de brazo robótico (12) que se extiende desde dicho soporte (11), comprendiendo dicho conjunto de brazo robótico (12) un brazo robótico (15) que tiene 6 grados de libertad,

una herramienta quirúrgica (18) acoplada al brazo robótico (15) a través de un adaptador de herramienta (19) y un sensor de fuerza de 6 ejes (16);

- guiar el extremo de cada brazo robótico (15) que lleva dicha herramienta quirúrgica (18) hacia un trocar e insertar la herramienta quirúrgica (18) en el trocar, en donde dicho trocar se ha insertado previamente en la piel del paciente (2);

- controlar desde una consola de control (7) dichas unidades robóticas (4, 5, 6) desde una ubicación próxima a dicha mesa de operaciones (3), comprendiendo dicho control:

- recibir la medición de fuerzas y pares aplicados por la herramienta quirúrgica (18) dentro de la piel del paciente (2);

- controlar mediante una pluralidad de dispositivos hápticos (8), proporcionando cada uno de ellos 7 grados de libertad, el movimiento, la orientación espacial y la apertura/el cierre del extremo distal de la herramienta quirúrgica (18) acoplada a un brazo robótico correspondiente (15), estando cada dispositivo háptico (8) configurado para controlar un brazo robótico (15), en donde el movimiento de un dispositivo háptico (8) produce un movimiento correspondiente de la herramienta quirúrgica (18) acoplada a un brazo robótico correspondiente (15);

- activar/desactivar mediante los medios de selección (51) los brazos robóticos (15) que hay que controlar en cada momento;

- mostrar en un primer monitor (701) una imagen en 3D capturada por un medio de captura de imágenes comprendido en un endoscopio acoplado a un brazo robótico (15).

25. El método de la reivindicación 24, que comprende además recibir señales de

entrada procedentes de dichos dispositivos hápticos (8) para calcular un movimiento correspondiente de las herramientas quirúrgicas (18) y para proporcionar señales de salida correspondientes para mover los conjuntos de brazos robóticos (12) y las herramientas (18).

26. El método de cualquiera de las reivindicaciones 24 o 25, que comprende además determinar, a partir de las fuerzas medidas por dicho sensor de fuerza (16), qué porcentaje de la contribución a las fuerzas medidas se debe a la interacción con el punto de fulcro y qué porcentaje de contribución a las fuerzas medidas se debe a la interacción con el tejido interno del paciente.

27. El método de la reivindicación 26, que comprende además enviar una fuerza simulada a al menos un dispositivo háptico (8), en el que dicha fuerza simulada se obtiene a partir de la contribución a dichas fuerzas medidas debido a la interacción con el tejido interno del paciente, convirtiéndose dicha fuerza simulada en dicho al menos un dispositivo háptico (8) en una fuerza en la mano correspondiente del cirujano (9).

28. El método de cualquiera de la reivindicación 26 o 27, que comprende además estimar la posición cartesiana del punto de fulcro a partir de la contribución a dichas fuerzas medidas debido a la interacción con el punto de fulcro y a partir de coordenadas modeladas de dicho brazo robótico, comprendiendo dicha estimación de la posición cartesiana del punto de fulcro el cálculo de la distancia entre el extremo proximal de la herramienta quirúrgica y el punto de fulcro.

29. Un producto de programa informático que comprende instrucciones/códigos del programa informático para realizar el método de acuerdo con cualquiera de las

reivindicaciones 24-28.

30. Una memoria/medio legible por ordenador que almacena instrucciones/códigos del programa para realizar el procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 24-28.

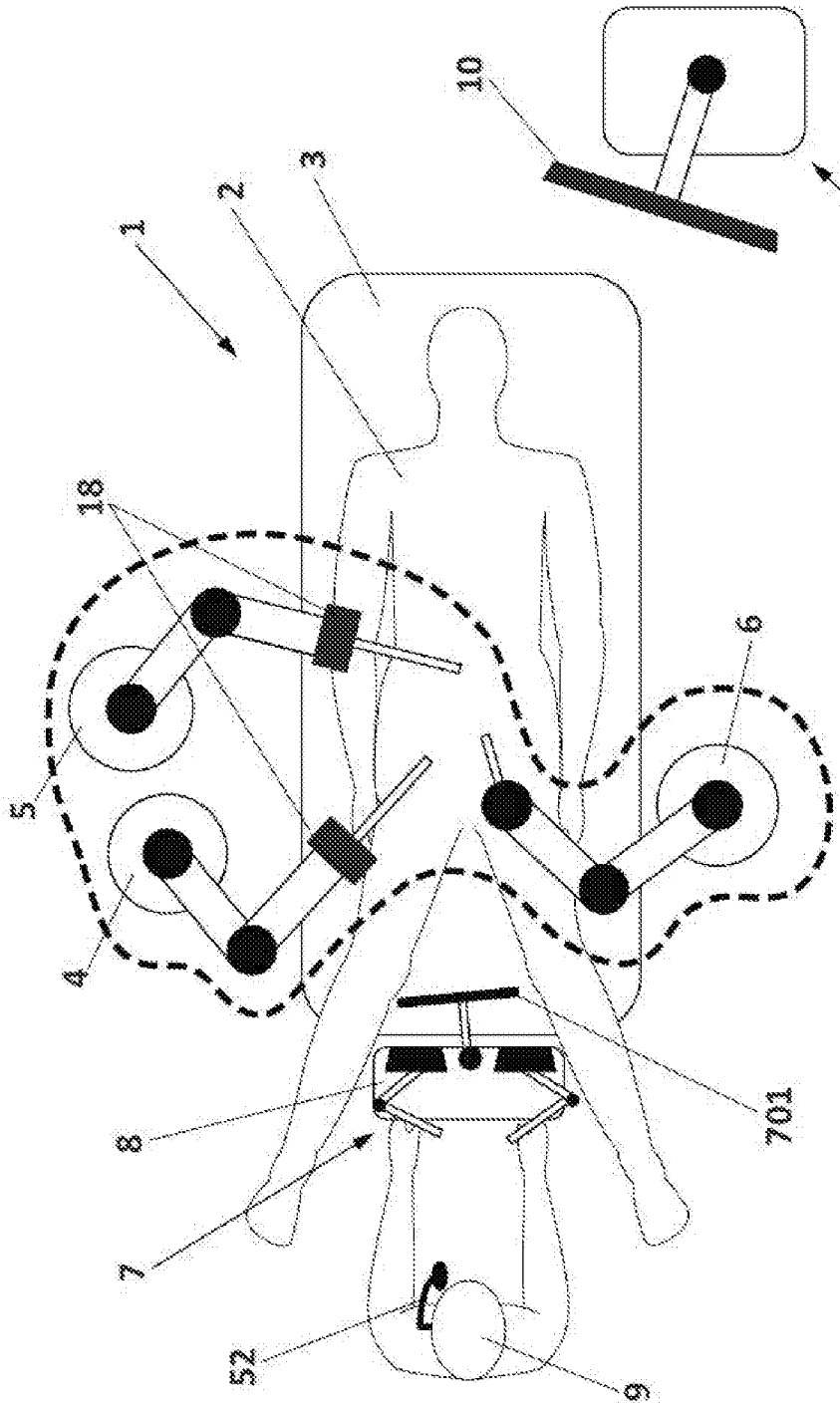


FIG. 1

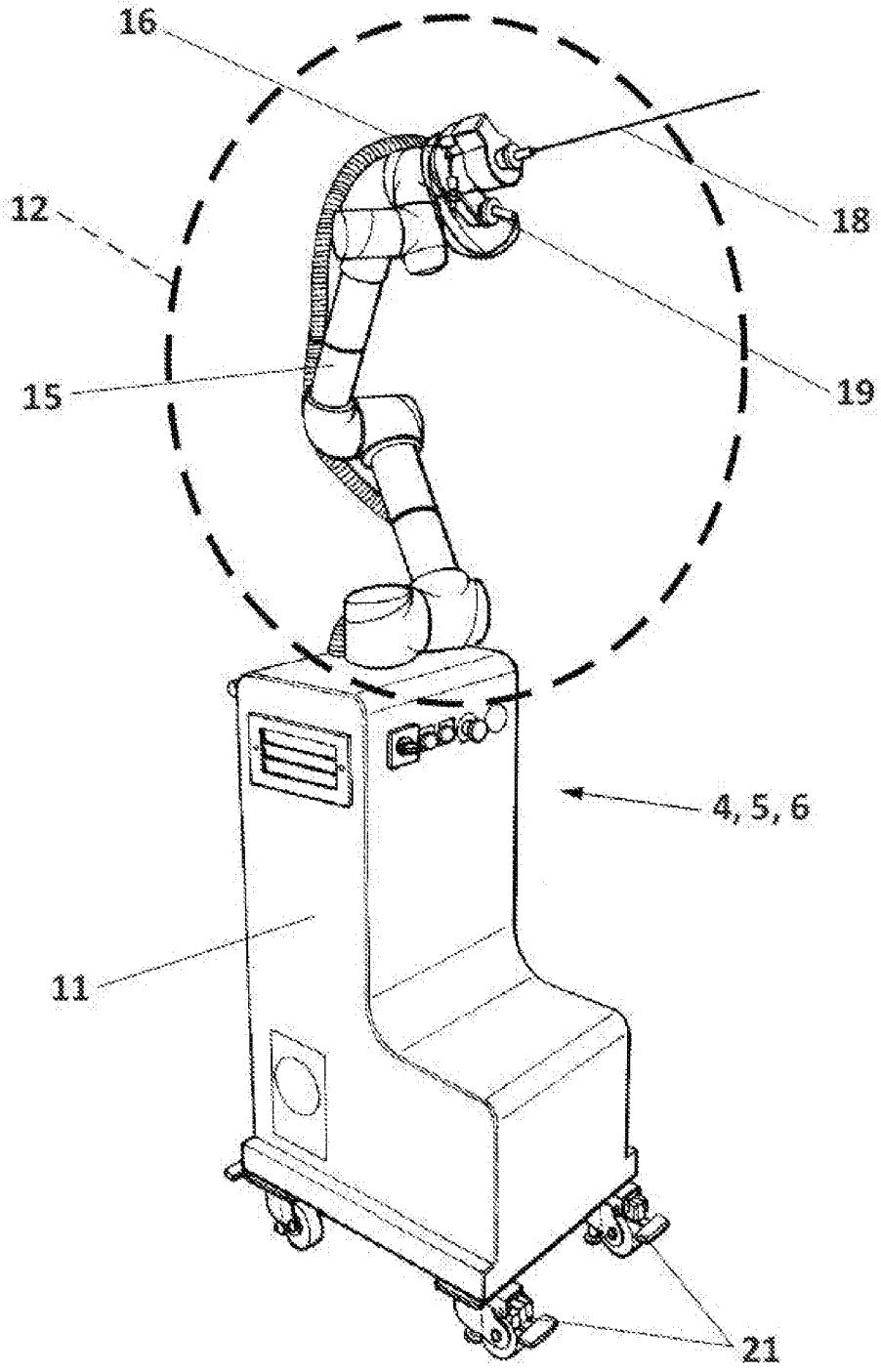


FIG. 2

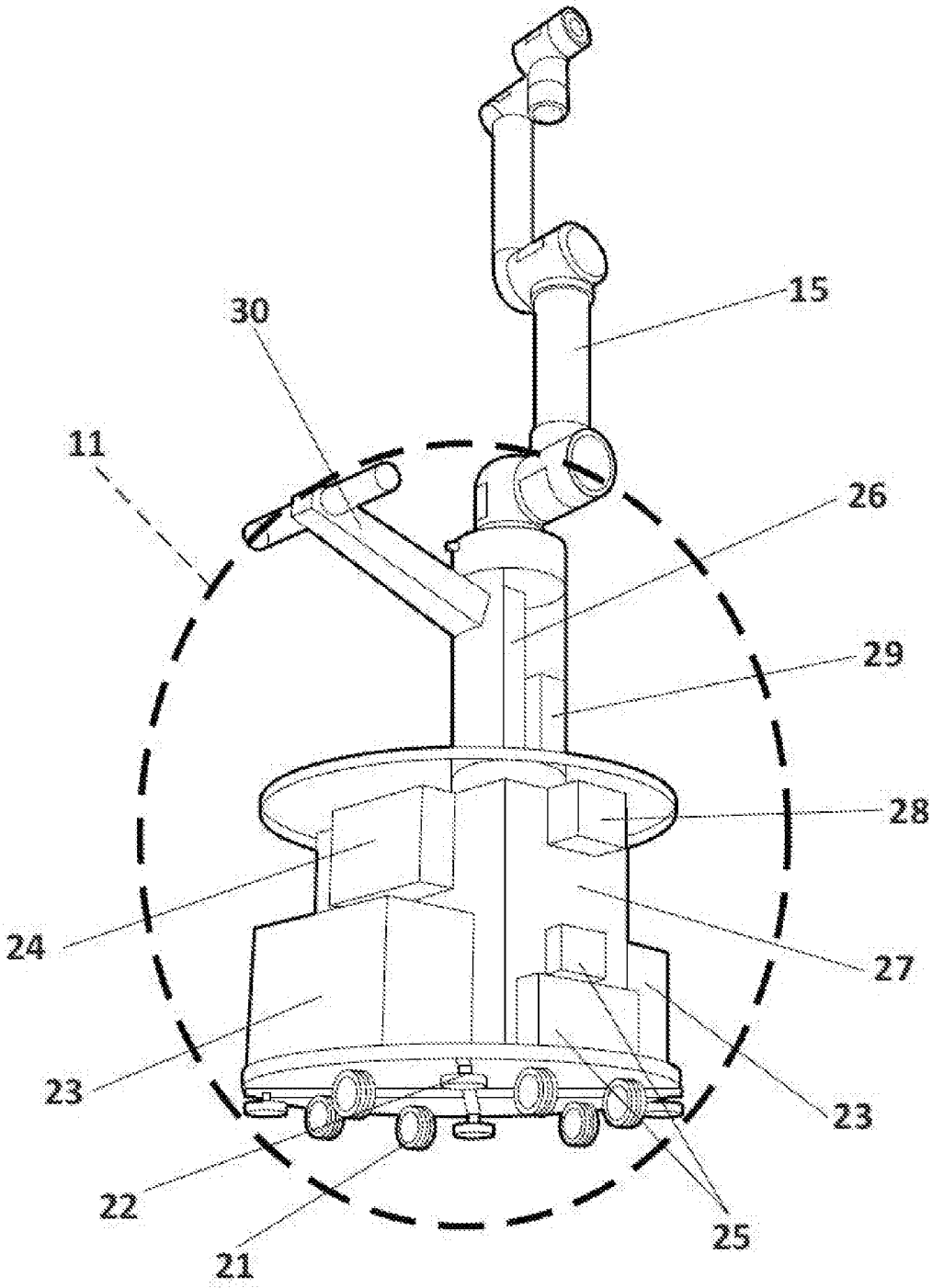


FIG. 3

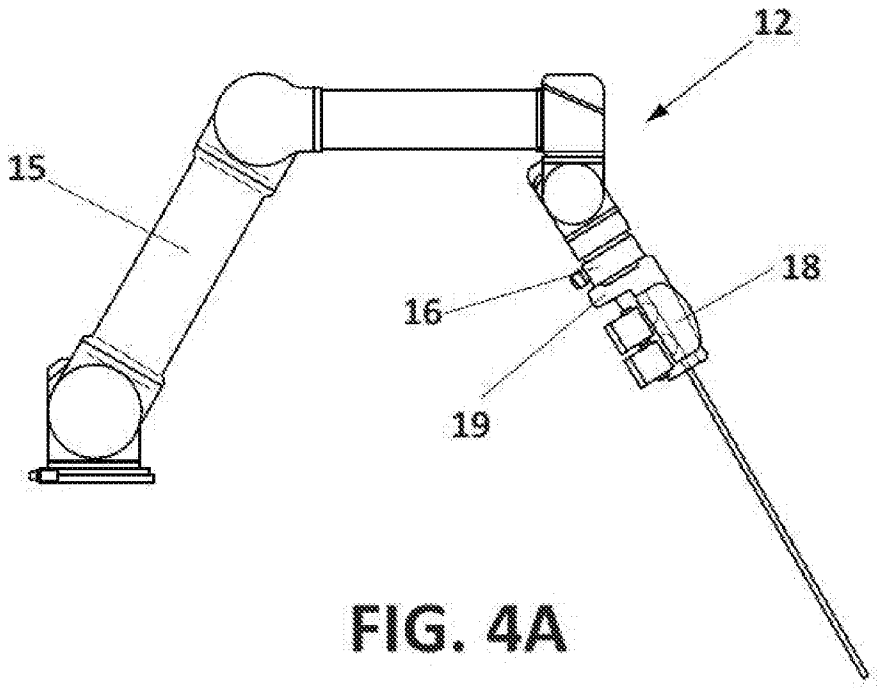


FIG. 4A

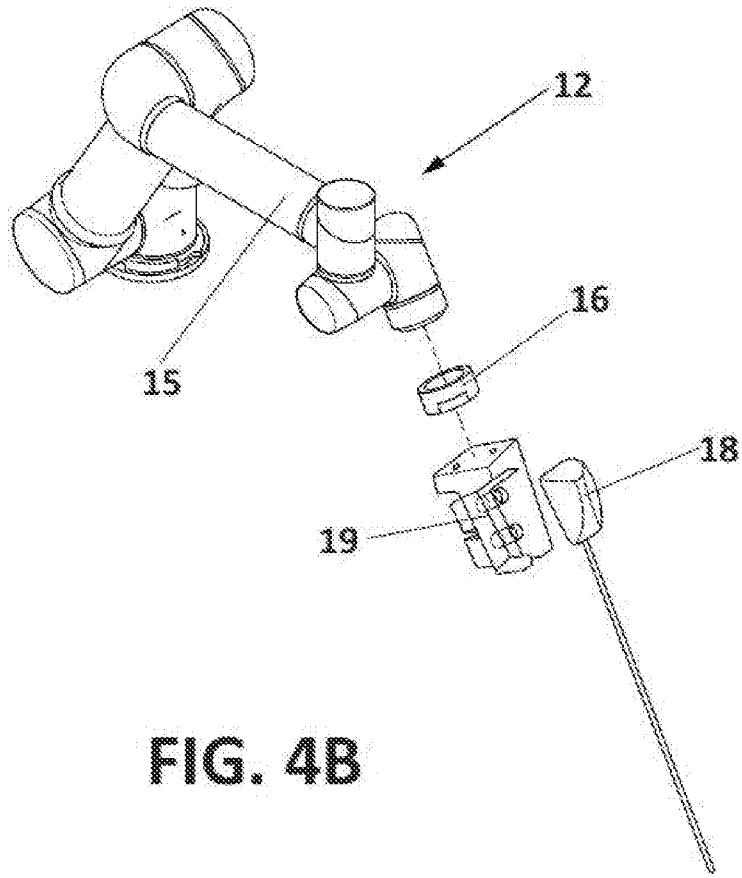


FIG. 4B

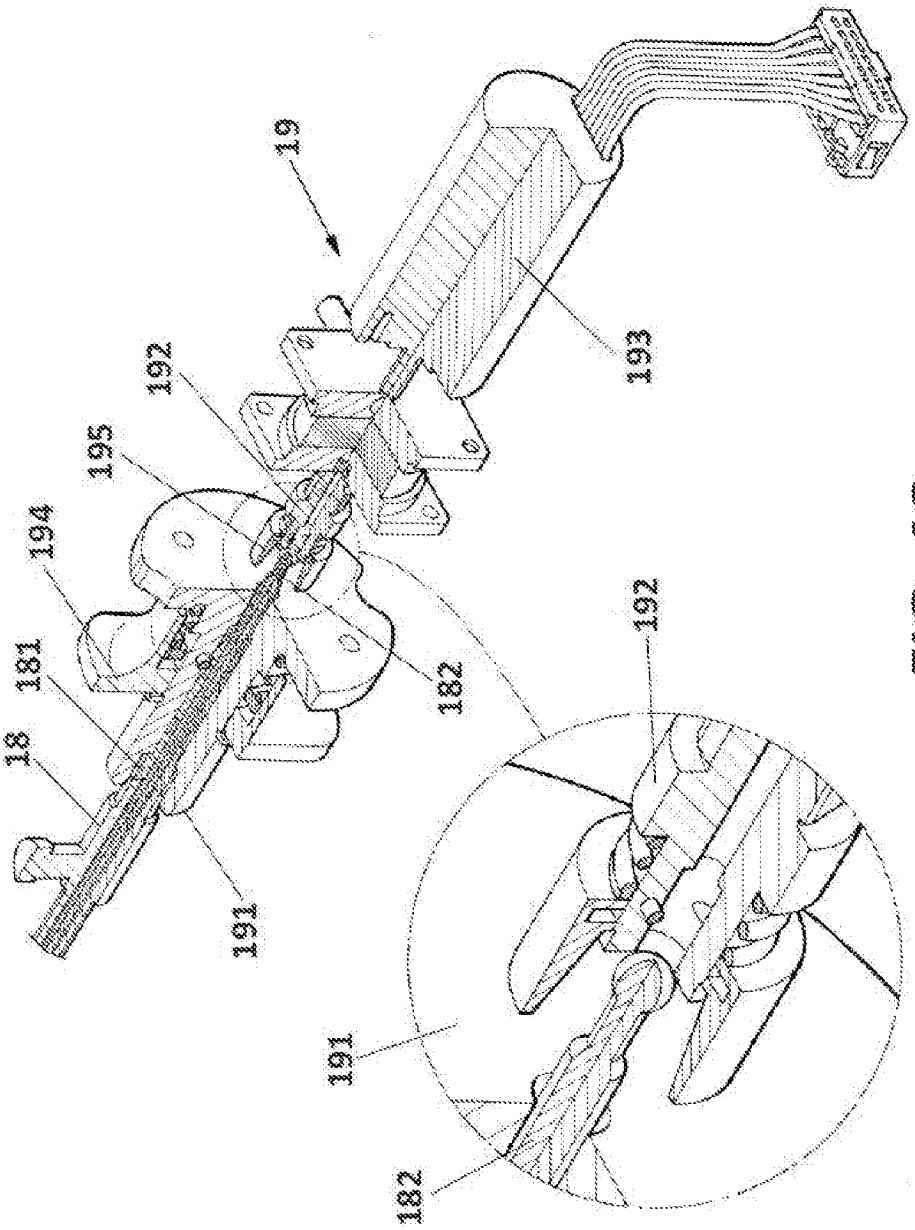


FIG. 4C

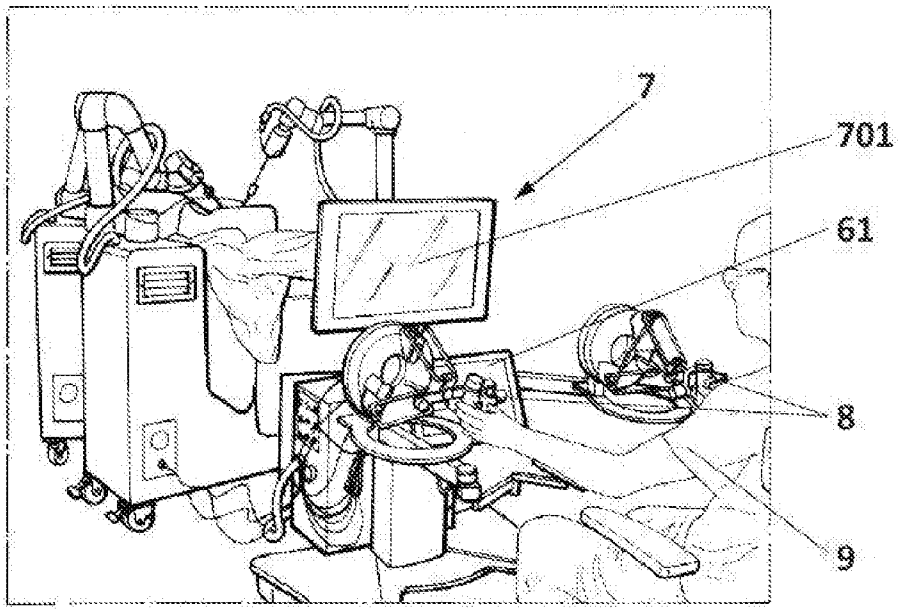


FIG. 5A

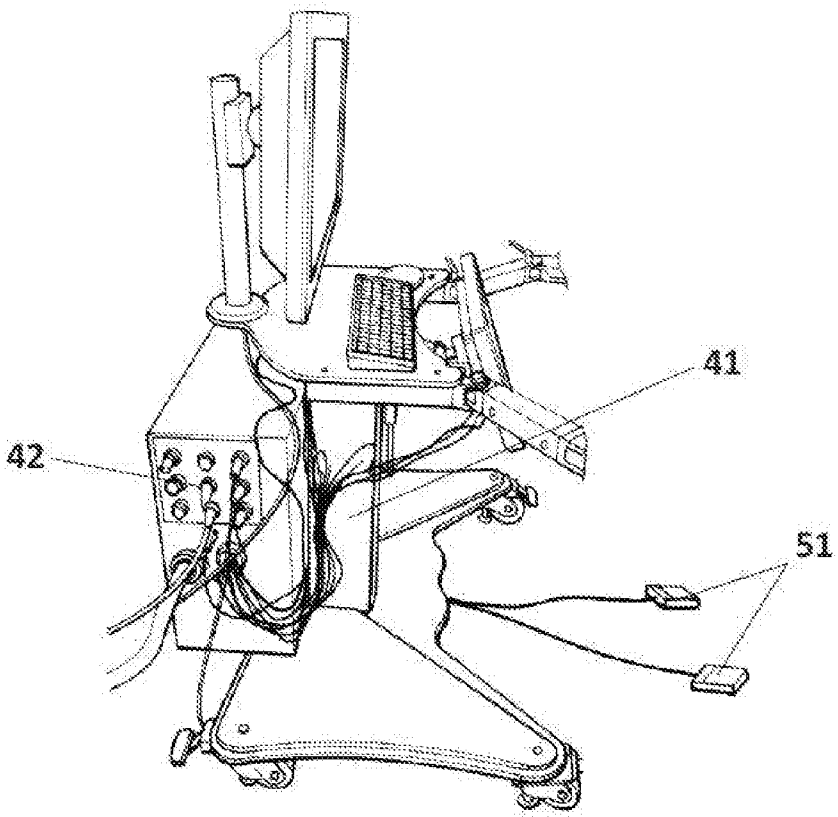


FIG. 5B

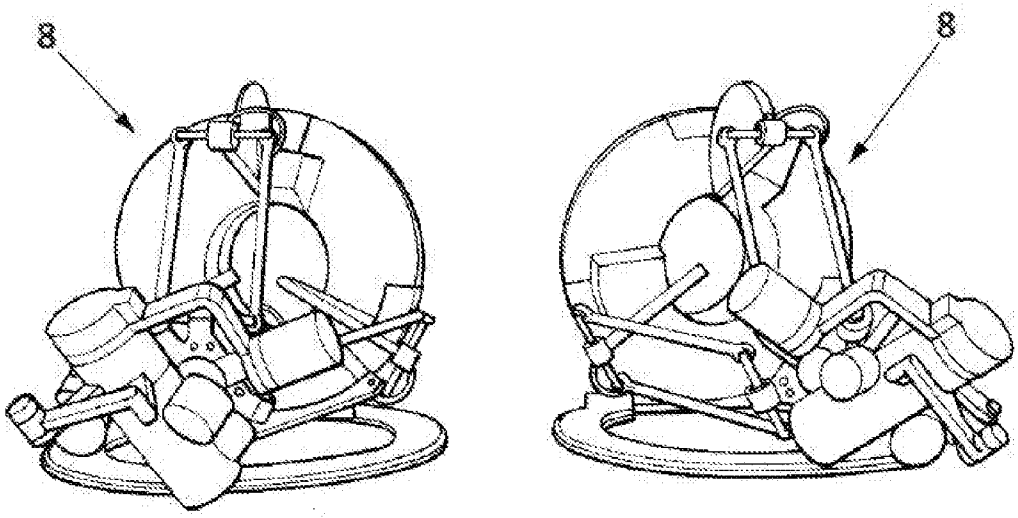

8
8

FIG. 6

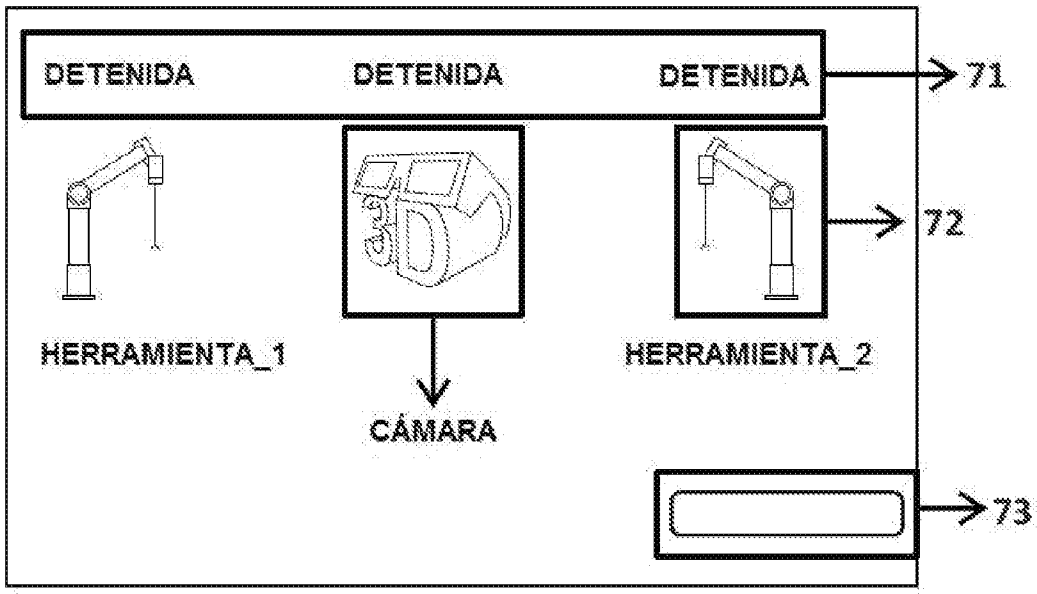

DETENIDA
DETENIDA
DETENIDA
71
72
HERRAMIENTA_1
HERRAMIENTA_2
CÁMARA
73

FIG. 7

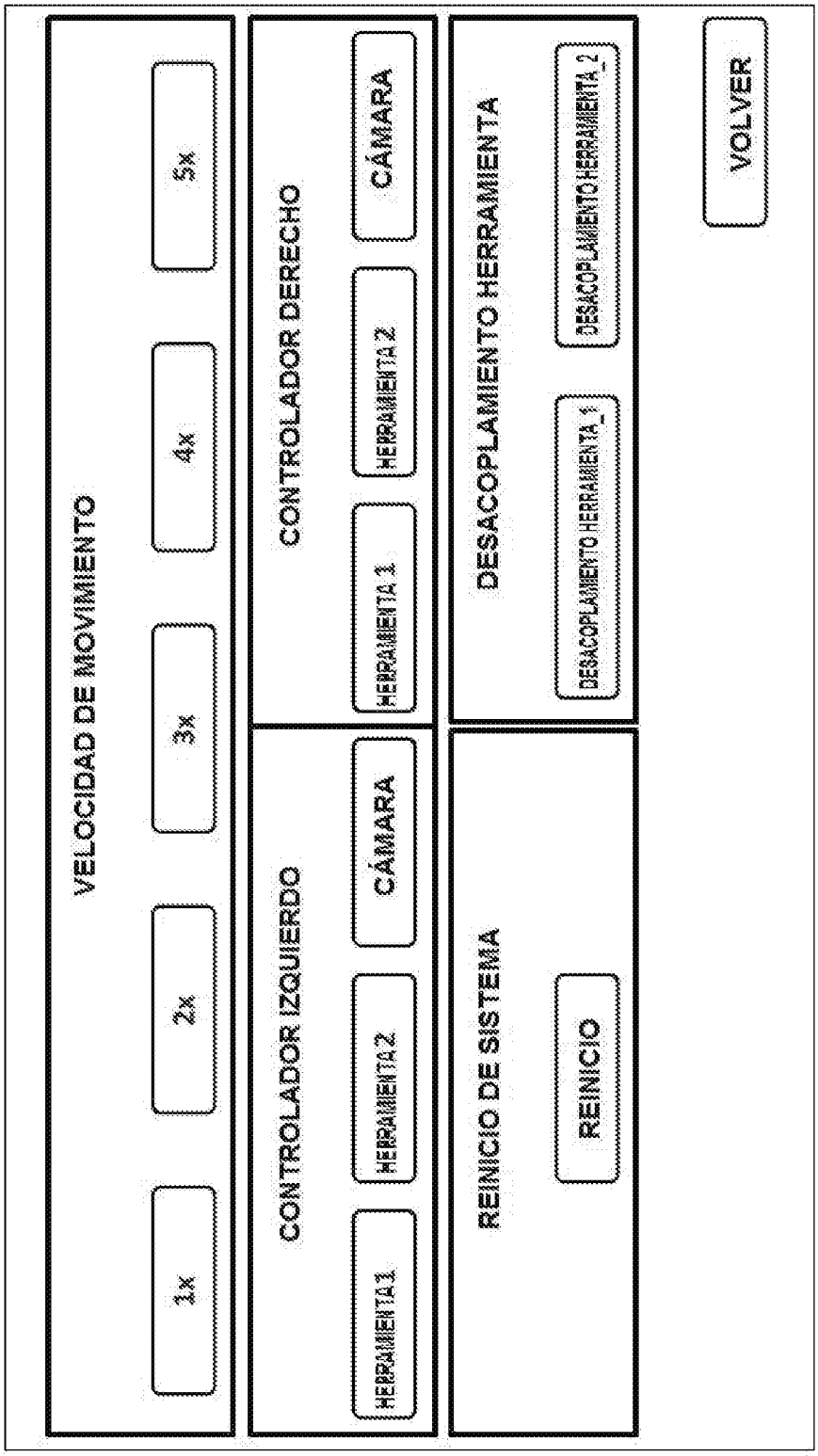

VELOCIDAD DE MOVIMIENTO
1x
2x
3x
4x
5x
CONTROLADOR IZQUIERDO
HERRAMIENTA 1
HERRAMIENTA 2
CÁMARA
CONTROLADOR DERECHO
HERRAMIENTA 1
HERRAMIENTA 2
CÁMARA
REINICIO DE SISTEMA
REINICIO
DESACOPLAMIENTO HERRAMIENTA
DESACOPLAMIENTO HERRAMIENTA_1
DESACOPLAMIENTO HERRAMIENTA_2
VOLVER

FIG. 8

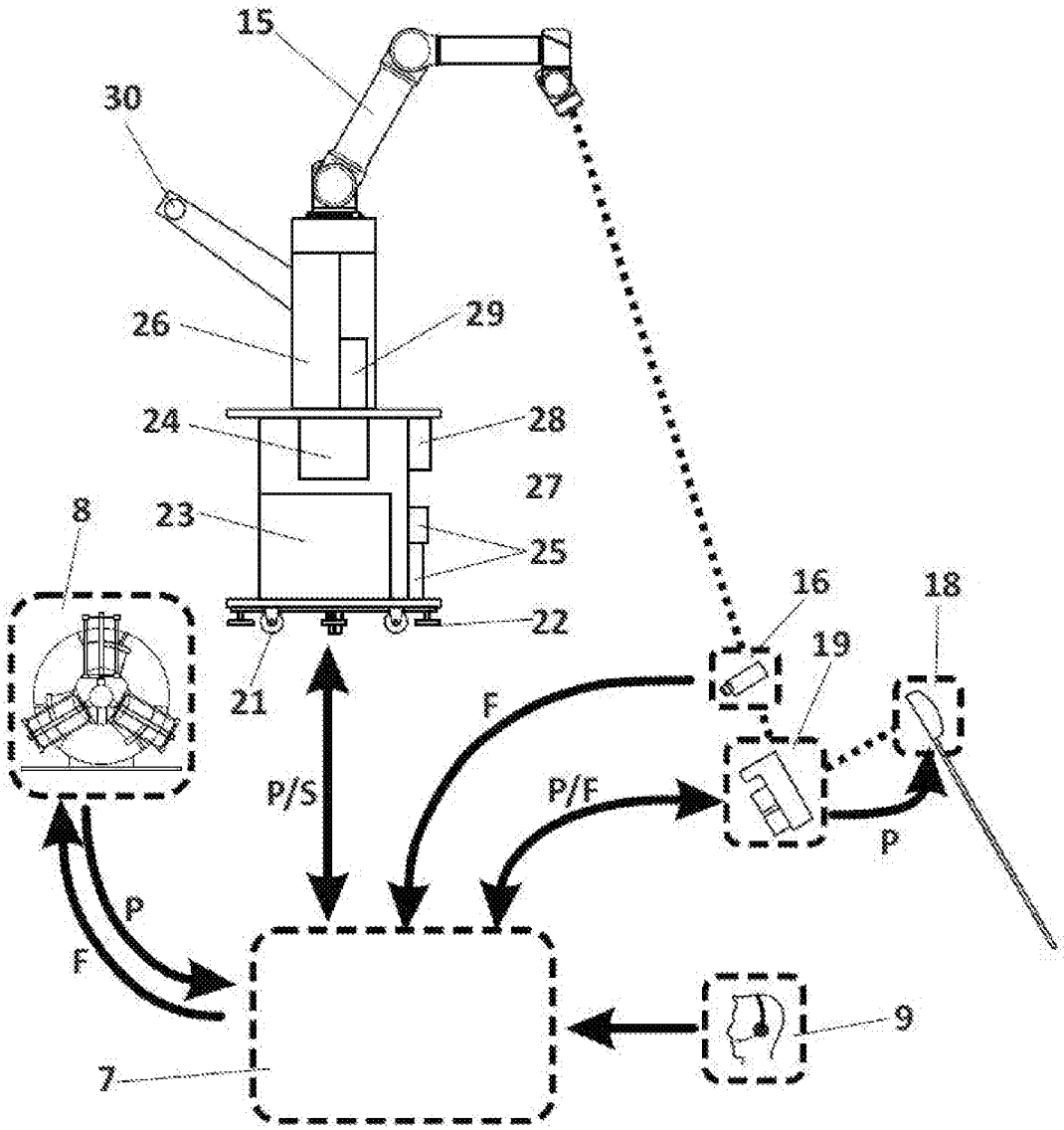


FIG. 9

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional N°

PCT/ES2016/070 475

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

INV. A61B34/30 A61B34/37 A61B34/00 A61B90/00 B25J9/00
B25J13/02 B25J19/00

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

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

A61B B25J

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones N°
X	US 2009/088774 AI (SWARUP NITISH [US] ET AL) 2 Abril 2009 (2009-04-02) parrafos [0056] - [0067] figuras 1-2A parrafos [0092] - [0109] figuras 3A-C parrafos [0208] - [0218] figuras 16A-B parrafo [0230] parrafo [0266] parrafos [0289] - [0295] parrafo [0322]	1-4,29, 30
X	W0 2014/151621 AI (STANFORD RES INST INT [US]) 25 Septiembre 2014 (2014-09-25) parrafos [0102] - [0129]; figuras 1-2 parrafos [0234] - [0268]; figuras 32A-36 parrafo [0344]	1-4,29, 30

☒ En la continuación del Recuadro C se relacionan otros documentos ☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el Anexo

* Categorías especiales de documentos citados:

"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.

"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.

"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).

"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.

"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.

"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.

"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.

"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.

"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.	Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional
13 Febrero 2017	12/04/2017
Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016 N° de fax	Funcionario autorizado Schnurbusch, Daniel N° de teléfono

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional Nº

PCT/ES2016/070 475

C (continuación). DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones Nº
A	US 2010/225209 Al (GOLDBERG RANDAL P [US] ET AL) 9 Septiembre 2010 (2010-09-09) parrafos [0041] - [0045]; figura 1A parrafos [0054] - [0055]; figura 2A parrafos [0081] - [0102]; figuras IB and 3A-B parrafos [0108] - [0116]; figuras 7A-9 parrafos [0196] - [0204] parrafos [0267] - [0275]	1-4,29, 30

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional N°

PCT/ES2016/070 475

Recuadro II Observaciones cuando se estime que algunas reivindicaciones no pueden ser objeto de búsqueda (continuación del punto 2 de la primera hoja)

Este informe de búsqueda internacional no se ha realizado en relación a ciertas reivindicaciones según el Artículo 17.2)a) por los siguientes motivos:

1. [X] Las reivindicaciones N^{os}: 24-28
se refieren a un objeto con respecto al cual esta Administración no está obligada a proceder a la búsqueda, a saber:

Ver informacíon adicional página PCT/ISA/210

2. [ ] Las reivindicaciones N^{os}:
se refieren a elementos de la solicitud internacional que no cumplen con los requisitos establecidos, de tal modo que no pueda efectuarse una búsqueda provechosa, concretamente:

3. [ ] Las reivindicaciones N^{os}:
son reivindicaciones dependientes y no están redactadas de conformidad con los párrafos segundo y tercero de la Regla 6.4.a).

Recuadro III Observaciones cuando falta unidad de invención (continuación del punto 3 de la primera hoja)

La Administración encargada de la búsqueda internacional ha detectado varias invenciones en la presente solicitud internacional, a saber:

Ver Página dicional

1. [ ] Dado que todas las tasas adicionales requeridas han sido satisfechas por el solicitante dentro del plazo, el presente informe de búsqueda de tipo internacional comprende todas las reivindicaciones que pueden ser objeto de búsqueda.

2. [ ] Dado que todas las reivindicaciones que pueden ser objeto de búsqueda podrían serlo sin realizar un esfuerzo que justifique tasas adicionales, esta Administración no requirió el pago de tasas adicionales.

3. [ ] Dado que tan sólo una parte de las tasas adicionales requeridas ha sido satisfecha dentro del plazo por el solicitante, el presente informe de búsqueda de tipo internacional comprende solamente aquellas reivindicaciones respecto de las cuales han sido satisfechas las tasas, concretamente las reivindicaciones N^{os}:

4. [X] Ninguna de las tasas adicionales requeridas ha sido satisfecha por el solicitante dentro de plazo. En consecuencia, el presente informe de búsqueda de tipo internacional se limita a la invención mencionada en primer término en las reivindicaciones, cubierta por las reivindicaciones N^{os}:

1-4, 24-30

Indicación en cuanto a la protesta

[ ] Se acompañó a las tasas adicionales la protesta del solicitante y, en su caso, el pago de una tasa de protesta.

[ ] Se acompañó a las tasas adicionales la protesta del solicitante, pero la tasa de protesta aplicable no se pagó en el plazo establecido en el requerimiento.

[ ] El pago de las tasas adicionales no ha sido acompañado de ninguna protesta.

La Administración encargada de la búsqueda internacional ha detectado varias invenciones (o varios grupos de invenciones) en la presente solicitud internacional, a saber:

1. Reivindicaciones: 1 a 4, 24 a 30

Un sistema robótico quirúrgico que comprende un conjunto de brazo robótico, un sensor de fuerza acoplado a un brazo robótico y una pluralidad de dispositivos hápticos para controlar el movimiento de varios brazos robóticos, que se caracteriza además porque el sensor de fuerza mide la fuerza de agarre o cierre de un instrumento de pinza y retroalimenta los datos de esta medición al dispositivo háptico.

2. Reivindicaciones: 5 a 13

Un sistema robótico quirúrgico que comprende un conjunto de brazo robótico, un sensor de fuerza acoplado a un brazo robótico y una pluralidad de dispositivos hápticos para controlar el movimiento de varios brazos robóticos, que se caracteriza además porque su soporte comprende medios de movimiento para reorientar el conjunto robótico durante una operación y comprende también una batería de alimentación inalámbrica.

3. Reivindicaciones: 14 a 23

Un sistema robótico quirúrgico que comprende un conjunto de brazo robótico, un sensor de fuerza acoplado a un brazo robótico y una pluralidad de dispositivos hápticos para controlar el movimiento de varios brazos robóticos, que se caracteriza además porque la consola de control comprende una pluralidad de pedales para seleccionar un brazo robótico y una pantalla táctil para controlar el movimiento de dicho brazo robótico.

US 2009088774	A1	02-04-2009	US	2009088774	A1	02-04-2009
			US	2009088775	A1	02-04-2009
			US	2012179169	A1	12-07-2012
			US	2013006268	A1	03-01-2013
WO 2014151621	A1	25-09-2014	AU	2014233662	A1	17-09-2015
			CA	2905968	A1	25-09-2014
			CN	105188592	A	23-12-2015
			EP	2967521	A1	20-01-2016
			JP	2016519585	A	07-07-2016
			KR	20160010426	A	27-01-2016
			US	2015025549	A1	22-01-2015
			US	2015038981	A1	05-02-2015
			US	2015038982	A1	05-02-2015
			US	2015157410	A1	11-06-2015
			WO	2014151621	A1	25-09-2014
US 2010225209	A1	09-09-2010	US	2010225209	A1	09-09-2010
			US	2012221147	A1	30-08-2012
			US	2012283745	A1	08-11-2012
			US	2012283876	A1	08-11-2012

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/ES2016/070475

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. A61B34/30 A61B34/37 A61B34/00 A61B90/00 B25J9/00
B25J13/02 B25J19/00
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
A61B B25J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2009/088774 A1 (SWARUP NITISH [US] ET AL) 2 April 2009 (2009-04-02) paragraphs [0056] - [0067]; figures 1-2A paragraphs [0092] - [0109]; figures 3A-C paragraphs [0208] - [0218]; figures 16A-B paragraph [0230] paragraph [0266] paragraphs [0289] - [0295] paragraph [0322] -----	1-4,29, 30
X	WO 2014/151621 A1 (STANFORD RES INST INT [US]) 25 September 2014 (2014-09-25) paragraphs [0102] - [0129]; figures 1-2 paragraphs [0234] - [0268]; figures 32A-36 paragraph [0344] ----- -/--	1-4,29, 30

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
13 February 2017	12/04/2017

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Schnurbusch, Daniel

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/ES2016/070475

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2010/225209 A1 (GOLDBERG RANDAL P [US] ET AL) 9 September 2010 (2010-09-09) paragraphs [0041] - [0045]; figure 1A paragraphs [0054] - [0055]; figure 2A paragraphs [0081] - [0102]; figures 1B and 3A-B paragraphs [0108] - [0116]; figures 7A-9 paragraphs [0196] - [0204] paragraphs [0267] - [0275] -----	1-4,29, 30

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ES2016/070475

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. [X] Claims Nos.: 24-28
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

see FURTHER INFORMATION sheet PCT/ISA/210

2. [ ] Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. [ ] Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. [ ] As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. [ ] As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. [ ] As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. [X] No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1-4, 24-30

Remark on Protest

[ ] The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

[ ] The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

[ ] No protest accompanied the payment of additional search fees.

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-4, 24-30

   A surgical robotic system comprising a robotic arm assembly, a force sensor coupled to a robotic arm and a plurality of haptic devices for controlling the movement of a plurality of robotic arms being further specified in that a force sensor measures a grasping or closing force of a forceps member and feeding back said measured force information to the haptic device.

   ---

2. claims: 5-13

   A surgical robotic system comprising a robotic arm assembly, a force sensor coupled to a robotic arm and a plurality of haptic devices for controlling the movement of a plurality of robotic arms being further specified in that a support comprises motion means to re-orient the robotic assembly during an operation and including a battery for wireless energy supply.

   ---

3. claims: 14-23

   A surgical robotic system comprising a robotic arm assembly, a force sensor coupled to a robotic arm and a plurality of haptic devices for controlling the movement of a plurality of robotic arms being further specified in that the control console comprises a plurality of foot pedals for selecting an robotic arm and tactile screen for controlling the movement of said robotic arm.

Continuation of Box II.1

Claims Nos.: 24-28

Method claim 24 defines a method for treatment of the human or animal body by surgery practised on the human or animal body, because "[...] guiding the end of each robotic arm [...] towards a trocar and inserting the surgical tool into the trocar, wherein said trocar has been previously inserted into the skin of the patient [...]" (claim 24) is seen as a surgical step performed on a patient. Therefore no search has been performed for the subject-matter of this claim and the corresponding dependent claims (see Article 17 (2) PCT and Rule 39.1.(iv) PCT) and no written opinion is required for the subject-matter of these method claims (see Rule 43bis.1 and Rule 67.1 (iv) PCT).

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/ES2016/070475

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2009088774 A1	02-04-2009	US 2009088774 A1	02-04-2009
		US 2009088775 A1	02-04-2009
		US 2012179169 A1	12-07-2012
		US 2013006268 A1	03-01-2013
WO 2014151621 A1	25-09-2014	AU 2014233662 A1	17-09-2015
		CA 2905968 A1	25-09-2014
		CN 105188592 A	23-12-2015
		EP 2967521 A1	20-01-2016
		JP 2016519585 A	07-07-2016
		KR 20160010426 A	27-01-2016
		US 2015025549 A1	22-01-2015
		US 2015038981 A1	05-02-2015
		US 2015038982 A1	05-02-2015
		US 2015157410 A1	11-06-2015
		WO 2014151621 A1	25-09-2014
US 2010225209 A1	09-09-2010	US 2010225209 A1	09-09-2010
		US 2012221147 A1	30-08-2012
		US 2012283745 A1	08-11-2012
		US 2012283876 A1	08-11-2012