

(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
22 de Abril de 2004 (22.04.2004)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2004/032752 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes⁷: **A61B 17/00**,
19/00, B25J 11/00

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/MX2003/000080

(22) Fecha de presentación internacional:
7 de Octubre de 2003 (07.10.2003)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
PA/a/2002/009959
9 de Octubre de 2002 (09.10.2002) MX

(71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US):
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS
AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO**

NACIONAL [MX/MX]; Av. Instituto Politécnico Nacional no. 2508, Col. San Pedro Zacatenco, Delegación Gustavo A. Madero Edificio Administrativo, 1er. piso, Subdirección de Vinculación Tecnológica, 07360 México, D.F. (MX).

(72) Inventores; e

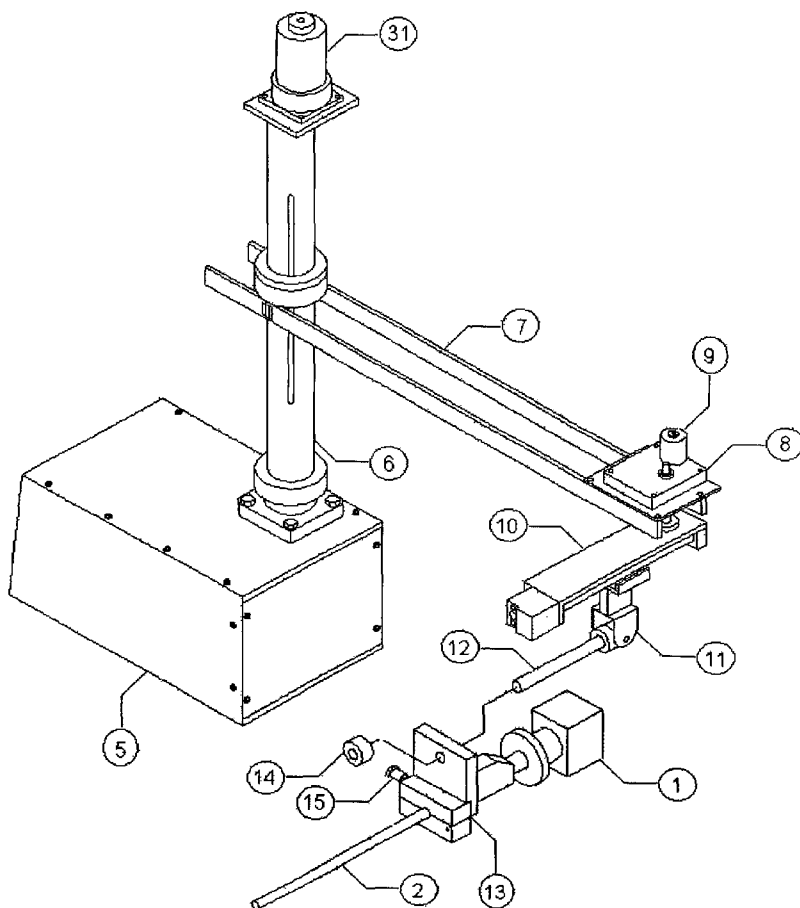
(75) Inventores/Solicitantes (para US solamente): **MINOR MARTÍNEZ, Arturo** [MX/MX]; Av. Instituto Politécnico Nacional no. 2508, Col. San Pedro Zacatenco, Delegación Gustavo A. Madero, 07360 México, D.F. (MX). **MOSSO VÁZQUEZ, José, Luis** [MX/MX]; Andador 21 de Temoluco 15-B Int. 4, Unidad Habitac, ional Acueducto de Guadalupe, Delegación Gustavo A. Madero, 07270 México, D.F. (MX).

(81) Estados designados (nacional): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: ROBOTIC ASSISTANT FOR LAPAROSCOPIC SURGERY

(54) Título: ASISTENTE ROBÓTICO PARA CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA



(57) Abstract: The invention relates to robotic assistants for laparoscopic surgery. The inventive robotic assistants comprise active and passive joints which enable a more precise manipulation of the laparoscope during a surgical operation on a patient, thereby reducing the risk of traumatic damage being caused to the tissue and organs in the area where the laparoscope is inserted and manoeuvred.

(57) Resumen: La presente invención se relaciona con robots asistentes para cirugía laparoscópica de articulaciones activas y pasivas que aseguran una manipulación más precisa del laparoscopio durante la intervención quirúrgica de pacientes, disminuyendo el riesgo de daños traumáticos en el tejido y órganos del área de ingreso y de navegación de éste.

WO 2004/032752 A1



CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Estados designados (regional):** patente ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), patente euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), patente europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), patente OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

— *con informe de búsqueda internacional*

Para códigos de dos letras y otras abreviaturas, véase la sección "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" que aparece al principio de cada número regular de la Gaceta del PCT.

Asistente robótico para cirugía laparoscópica.

Campo de la invención.

La presente invención se relaciona a la exploración médica de órganos o cavidades
5 del cuerpo mediante dispositivos o aparatos que desarrollan espacios anatómicos
en ellos mediante procedimientos de laparoscopia y que son útiles para asistir
cirugías que requieren de tales procedimientos.

Antecedentes de la invención.

10 Dentro del campo médico se han desarrollado múltiples técnicas quirúrgicas e
instrumentos que han permitido la realización de cirugías evitando grandes
incisiones en el cuerpo del paciente y que provocaban un mayor riesgo de
infecciones intra-hospitalarias así como un mayor daño a tejidos, hecho que
dificultaba en muchas ocasiones la recuperación completa después de la cirugía.
15 Una de las técnicas que ha evitado éste tipo de manipulación en los pacientes
durante la cirugía son los procedimientos de laparoscopia, los cuales además
permiten desarrollar espacios anatómicos adecuados para permitir la visualización
de los órganos y de la misma manipulación dentro del cuerpo. Hasta la fecha se
han diseñado múltiples aparatos e instrumentos para la exploración laparoscópica,
20 dentro de los cuales se pueden citar los diseñados por Kieturakis dotado de un
balón inflable^[1], para la intervención de cirugía espinal^[2], sistemas automáticos
asistidos por robot^{[3],[18],[19],[20]} y accesorios para intervención laparoscópica^[4] entre
otros.

A pesar de que los procedimientos de laparoscopia evitan el uso de métodos más
25 invasivos durante la cirugía, tales procedimientos han representado hasta la fecha
una serie de inconvenientes, tanto en la manipulación como en los dispositivos
diseñados para tal fin.

Tradicionalmente la cirugía asistida por procedimientos de laparoscopia se lleva
normalmente de la siguiente manera. Una vez que el cirujano ha determinado el
30 órgano a operar en el paciente en la zona torácica o abdominal, se introduce por un
orificio **(3)** realizado al paciente bióxido de carbono a presión constante para tener
un espacio de trabajo adecuado, creando un domo **(4)** de trabajo (de aquí en
adelante se mencionara simplemente como domo), por otro orificio o el mismo, y
cerca del órgano a operar se introduce un laparoscopio **(2)** que tiene en uno de sus

extremos una microcámara (1). El laparoscopio es una fibra óptica rígida y la función de ésta es transmitir luz al interior del domo y posteriormente transmitir la imagen al exterior en tiempo real de lo que existe al interior del domo y exhibirla en un monitor de alta resolución. Finalmente por otro u otros orificios, se introducen los instrumentos necesarios para realizar la intervención quirúrgica.

En este procedimiento el cirujano requiere estar observando todo el tiempo el órgano o tejido a operar así como las herramientas que utiliza dentro del domo, y esto lo hace por el monitor ubicado frente a él. Por esta razón el cirujano requiere que el laparoscopio se mueva de acuerdo a sus necesidades visuales dentro del domo para poder ver mejor el órgano a operar y realizar un mejor trabajo de cirugía. Para realizar esto, un asistente humano controla el laparoscopio hacia diferentes direcciones donde verbalmente le indica el cirujano que está ejecutando el procedimiento quirúrgico. El cirujano principal realiza la navegación dentro del domo con la ayuda del asistente. Este método de navegación asistido por otro médico presenta un retardo temporal importante, debido a la comunicación subjetiva que puede haber entre el cirujano y el asistente. Expresiones dadas durante la cirugía tales como "*mover a la derecha un poquito*" son muy frecuentes, con lo cual la comunicación verbal es imprecisa, generando magnitudes de desplazamiento ambiguos, difíciles de cuantificar para el asistente y que solamente el cirujano principal sabría cual es la medida correcta de desplazamiento para que se pueda realizar correctamente la aproximación visual al órgano o tejido durante la cirugía.

Otro de los problemas es que el asistente humano por cansancio puede hacer temblar el laparoscopio y mover la imagen que observa el médico durante la intervención, dificultando la precisión necesaria que necesita el cirujano; evidentemente, este tipo de movimientos involuntarios que se dan durante el manejo del laparoscopio son indeseables para la intervención quirúrgica.

Una de las soluciones que se han ofrecido a la resolución de éste problema es la manipulación del laparoscopio mediante la utilización de robots^{[5],[6],[7],[8],[9],[10],[11],[12],[13],[14],[15],[16],[17]}, permitiendo una mayor precisión que los procedimientos anteriores en la manipulación dentro del domo durante la cirugía. Estos robots pueden ser activados por voz, teclado y joystick ó bien por palanca de juegos. Las configuraciones físicas de los robots utilizados son diferentes, y dependen del fabricante o del laboratorio donde se desarrolle la investigación. La

función que debe cumplir el asistente robótico o humano durante esta cirugía, es que durante el movimiento del laparoscopio, éste respete la integridad del orificio de ingreso, aun cuando se mueva hacia todas direcciones, y además ingrese o salga libremente del domo complementada con la dirección como se aprecia en la figura 1. Este requisito es importante, pues de no hacerlo se corre el riesgo de rasgar la dermis o la piel superficial, provocando daños innecesarios y que pueden ser graves al paciente.

El ingreso del laparoscopio por el medio robótico debe ser discreto para que no dañe algún órgano o tejido. Esto implica que durante la navegación dentro del domo **(4)** el cirujano debe tener mucha precaución pues desconoce el valor real de tensión del camino de navegación y su relación con él solo es visual.

En todos los diseños de asistentes robóticos para cirugía laparoscópica conocidos hasta el momento, se utilizan más de cinco grados de libertad; considerando que cada grado de libertad implica un costo adicional en factores tales como peso, electrónica, diseño mecánico, programación, mantenimiento (preventivo y correctivo), entre otros, la reducción de grados de libertad del diseño de la presente invención permite generar ahorros substanciales en los factores anteriormente mencionados.

Adicionalmente es necesario contar con dispositivos en los cuales pueda colocarse el laparoscopio de manera para que no existan fugas de energía eléctrica al paciente, esto debido a que el robot entra en contacto con fuentes de corriente eléctricas y que de manera indirecta entran en contacto con el paciente a través del laparoscopio. Esto representa un inconveniente importante en los diseños actuales, ya que éste tipo de fugas eléctricas de no ser aisladas pueden provocar desde daños en los tejidos abiertos del paciente durante la cirugía hasta la muerte.

En éste sentido, el diseño del asistente de la presente invención garantiza que no fluye corriente eléctrica hacia el paciente a través del asistente, evitando con ello el riesgo de electrocución. La erradicación de éste efecto está garantizada dentro del diseño al utilizar un portalaparoscopio **(13)** de material aislante que desacopla el contacto eléctrico entre el robot y el laparoscopio que tiene contacto directo con el paciente (ver figura 4).

El contar con robots asistentes para cirugía laparoscópica que aseguren una manipulación precisa durante la intervención quirúrgica, que eliminen o disminuyan el riesgo de daños traumáticos en el tejido y órganos del área de ingreso con lo cual

la recuperación del paciente es mucho más rápida y que sean accesibles, es de mucho interés en el campo médico.

5 **Breve descripción de las figuras.**

Figura 1. Se observa el movimiento que debe respetar el laparoscopio en el orificio de ingreso del domo de trabajo. El laparoscopio puede entrar y salir del domo, así como también moverse en cualquier dirección.

10 **Figura 2.** Se observa una vista isométrica de conjunto del robot asistente compuesto de cuatro articulaciones activas más una articulación pasiva.

Figura 3. Se observa una vista isométrica de conjunto del robot asistente compuesto de cuatro articulaciones activas más una articulación pasiva sujeta a una superficie superior plana.

15 **Figura 4.** Se observó una vista isométrica (Panel A) y frontal (Panel B) de conjunto del portallaparoscopio de la presente invención.

Figura 5. Se describe un diagrama general para la activación del asistente robótico, iniciándose desde la interfase usuario-electrónica, seguido de una etapa de control por programación y finalizando en una etapa de control electrónico lográndose el movimiento del robot.

20 **Figura 6.** Se muestra la etapa de control electrónico responsable del movimiento de cada articulación del robot, comenzando desde la salida de la señal del puerto de salida de la interfase (computador ó microcontrolador) hasta su llegada hasta el motor localizado en cada articulación.

25 **Figura 7.** Se muestra el diagrama integral de activación del asistente robótico, incluyendo las etapas de control por programación y control electrónico.

Descripción del invento.

Es por ello que uno de los objetivos de la presente invención es el contar con un robot asistente para cirugía laparoscópica que supere éstos problemas y que
30 represente una opción técnica y comercial para su uso en éste tipo de intervenciones quirúrgicas.

Otro de los objetivos de la presente invención es el de contar con un robot asistente para cirugía laparoscópica que permita diferentes grados de adaptabilidad en el

movimiento de navegación durante intervenciones quirúrgicas que requieran de ello.

Otro de los objetivos de la presente invención es el de contar con un robot asistente para cirugía laparoscópica sencillo en su estructura, con la cual su mantenimiento y refacciones es más accesible, así como de uso seguro y preciso.

Otro de los objetivos de la presente invención es el de contar con un sistema sencillo y seguro de sujeción del laparoscopio al asistente robótico que permita el aislamiento de fugas eléctricas del robot que puedan ser transmitidas al paciente a través del laparoscopio, proporcionando seguridad eléctrica durante la intervención quirúrgica.

El asistente robótico de la presente invención, permite una mayor adaptabilidad en el movimiento, auto-adaptación de su posición al orificio de ingreso y una navegación suave sin molestar el tejido del paciente. Las consideraciones y criterios de diseño propuestas para el robot asistente de la presente invención permiten eliminar el alto costo informático o de programación para realizar la misma tarea de navegación que la de los actuales robots comerciales, pues la colocación del laparoscopio con la asistencia del robot en el orificio de ingreso se auto-adapta. En general, el robot asistente de la presente invención consta de una base, una columna, un brazo articulado capaz de sujetar el laparoscopio a través de una articulación pasiva, un sistema de control por programación y electrónico y un software que permite dar precisión y navegar dentro de la cavidad del paciente con la ayuda del cirujano. Los medios de interacción con el robot pueden ser diversos, dependiendo de la interfase de comunicación hombre-máquina que se pretenda establecer, sin embargo a pesar de que cualquier interfase cirujano-robot funciona para los fines de la presente invención, se prefiere usar un sistema de videojuego por sus características ergonómicas de manipulación.

Así mismo el asistente robótico está formado de articulaciones activas dotadas de motores, y de una articulación pasiva, que en conjunto permiten el movimiento del mismo. Para los fines de la presente invención, una articulación activa será aquella que se mueve debido a un efector eléctrico (motor), neumático, hidráulico o bien a alguno capaz de provocar un movimiento. Así mismo, la articulación pasiva puede ser de cualquier tipo, preferentemente rotatoria.

El diseño del asistente robótico de la presente invención, permite incluso cambiarlo de posición para asegurar su funcionamiento y para permitir un manejo eficiente y

versátil del mismo, por ejemplo, puede sujetarse mediante su base a cualquier superficie plana del cuarto quirúrgico como el techo (ver figura 3) o las paredes, o bien a cualquier superficie plana del mobiliario utilizado para la cirugía, como en las mesas de intervención quirúrgica.

- 5 Con la finalidad de activar a cada uno de los motores de las articulaciones activas, el brazo robótico tiene un sistema electrónico que permite controlar el movimiento de la base **(5)**, columna **(6)**, brazo **(7)** y muñeca **(8)**. Cada uno de los motores mencionados pueden controlarse electrónicamente desde una computadora personal conectada al asistente robótico a través de un puerto de salida como
10 puede ser el puerto paralelo, serial ó USB con un programa de software que sigue el diagrama de flujo que se presenta en la figura no. 7, o bien a través de un microcontrolador, DSP u otro dispositivo que disponga de puertos de entrada, de salida y de capacidad de memoria para establecer la misma función descrita.

Con el asistente robótico de la presente invención se respeta la manera en que el
15 laparoscopio **(2)** debe apoyarse en el orificio de ingreso **(3)** en la pared abdominal durante la cirugía y realizar la navegación como se describe gráficamente en la figura 1. Esto evita por una parte, desgarres en la piel del paciente durante la navegación, y proporciona un mayor control del médico durante la manipulación, ya que se podrá ingresar sucesivamente y rotar el laparoscopio para explorar y
20 acercarse al tejido o al órgano a analizar, cortar, cauterizar, etc. Así mismo durante la manipulación, el usuario realiza una aproximación del robot hasta el punto de inserción del paciente, utilizando una interfase usuario-electrónica como por ejemplo un joystick como sistema de control. Una vez insertado el laparoscopio, el usuario utilizando el joystick desplaza cada una de las articulaciones activas hasta
25 llegar al lugar de exploración. Utilizando la misma metodología con el joystick, el usuario puede navegar y realizar la cirugía de manera efectiva y precisa.

En la presente invención (figura 2, figura 3), el robot asistente consta de una base **(5)** que soporta al brazo **(7)**, la cual en su interior dispone de un sistema electromecánico que permite que la columna **(6)** del robot pueda girar libremente
30 hasta 360 grados, ya sea de derecha a izquierda o de izquierda a derecha. En la parte superior de la columna se localiza un sistema electromecánico **(31)** capaz de mover al brazo del robot, siendo el movimiento de éste último hacia arriba y abajo. En uno de los extremos del brazo del robot se dispone de dos sistemas electromecánicos, uno de ellos **(9)** con un movimiento en la misma dirección de la

base y el otro integrado en una guía lineal **(10)** que describe un movimiento lineal. Esta disposición permite que todas las articulaciones activas contribuyan a darle el movimiento a la última articulación pasiva, donde es colocado el portallaparoscopio **(13)**. En ésta guía lineal **(10)**, que puede ser removible, se sujeta una articulación pasiva giratoria **(11)** que en su parte final sujeta mecánicamente, mediante una extensión adosada a ésta última articulación **(12)**, el portallaparoscopio **(13)** que es donde descansa el laparoscopio **(1, 2)**. Este portallaparoscopio **(13)** está sujeto mecánicamente en uno de sus extremos **(14)** a la extensión de la articulación pasiva **(12)**, y en el otro extremo dispone de un seguro mecánico **(15)** para quitar, colocar y asegurar el laparoscopio **(1, 2)** fácilmente.

En la presente invención, se incluye un portallaparoscopio el cual es un dispositivo para la sujeción y desacoplamiento eléctrico del laparoscopio que consta de:

- a) un bloque inferior que en su parte central superior contiene un orificio en forma semicircular,
 - b) un bloque superior que en su parte central inferior contiene un orificio en forma semicircular, en uno de sus extremos tiene un seguro mecánico y en donde el bloque se encuentra unido en una de sus caras a uno de los extremos de un bloque de forma rectangular que en su parte superior contiene un orificio de forma cuadrada, y
- en donde los bloques inferior y superior están unidos entre sí por el extremo opuesto a donde se encuentra el seguro mecánico y que al unirse por su parte central forman un orificio circular.

El portallaparoscopio **(13)** de la presente invención, está fabricado en plástico de alta resistencia mecánica y eléctrica, lo que permite aislar eléctricamente al paciente de cualquier fuga eléctrica proveniente del robot proporcionándole seguridad eléctrica. Solo a manera de ilustración y según como se observa en la figura 4, el portallaparoscopio consta de un bloque rectangular **(32)** que puede ser construido con materiales de alta resistencia mecánica y eléctrica (por ejemplo, plástico), conteniendo en la parte superior un orificio de forma cuadrada **(33)** para que durante la rotación o movimiento del laparoscopio, el bloque no se desplace de su posición central. En su parte inferior el bloque está dividido en dos partes **(34, 35)**, pero ambas están unidas por uno de sus extremos **(36)**. Al unir ambas partes, se forma un orificio circular en la parte central **(37)**, orificio por donde entra el laparoscopio. Para sujetar el laparoscopio, ambas partes se unen y se aseguran

mediante un seguro mecánico metálico **(15)**; de ésta manera el laparoscopio queda firmemente sujeto formando un solo bloque. Para separar el laparoscopio, se quita el seguro mecánico **(15)** manualmente liberando ambas partes. El portalaparoscopio finalmente se integra al robot a través del orificio en forma cuadrada **(33)** localizado en la parte superior del bloque rectangular, por medio de una extensión metálica **(12)** con forma cuadrada en su parte final y rosca. De ésta manera, con una tuerca se sujeta la extensión mecánica; en su otro extremo, la extensión se sujeta a la articulación pasiva del robot. Este portalaparoscopio, al ser de un material de alta resistencia eléctrica, desacopla eléctricamente al robot del paciente, eliminando totalmente el riesgo de un choque eléctrico al paciente y contribuyendo a que no se requiera de una etapa de protección eléctrica del robot, que redundaría en un menor costo en el diseño propuesto.

Con respecto al asistente robótico de la presente invención, los motores **(30)** de cada articulación son controlados desde una computadora personal mediante una interfase usuario-electrónica **(16)** que puede ser una computadora, joystick, teclado, joypad, mouse, movimiento cefálico, movimiento ocular, movimiento perceptual u otros que sean convenientes para la comunicación con la computadora, a través de un programa (ver figura 7 panel izquierdo) así como microcontroladores de cualquier tipo, DSP, PLC o cualquier otro medio electrónico que permita comunicación con el asistente robótico. Este programa inicialmente **(21)** escribe al puerto de salida de la computadora una palabra de ocho bits igual a cero **(22)**, implicando que todas las salidas de éste puerto tengan un cero digital y en consecuencia ningún motor y articulación asociada al robot se mueve; los puertos de salida que pueden ser utilizados para los fines de comunicación con el sistema del robot pueden ser el puerto paralelo, serial u otro conveniente. Después el programa pregunta por el estado digital de cada uno de las partes de la interfase usuario-electrónica **(23)** en éste caso, como por ejemplo los botones del sistema de juegos (joypad) utilizadas como control, y que es activada por el usuario. Si alguno de los botones es activado, (esto se refleja como un cambio de valor en alguna de las variables utilizadas en el programa) entonces se procede a escribir una palabra digital específica **(25, 26, 27, 28)** en el puerto de salida de la computadora **(29)** y que está relacionada electrónicamente con el sistema de potencia **(20)** de cada motor que controla los movimientos de cada articulación del robot. Esto provoca que el motor asociado digitalmente **(30)** sea activado con una dirección y velocidad

adecuadas. De ésta manera el usuario realiza una retroalimentación visual con el robot utilizando la interfase usuario-electrónica., logrando así la navegación dentro del domo.

En el momento que el usuario o cirujano desactiva la interfase usuario-electrónica
5 **(24)**, el programa escribe en el puerto de salida una vez mas la palabra digital cero **(22)** para que el motor **(30)** de la articulación deje de moverse. Este procedimiento se realiza por ejemplo, con todos los botones del joypad indefinidamente, haciendo por este método que el usuario realice las aproximaciones y la navegación con el robot durante la cirugía, hasta que el usuario apaga eléctricamente al robot o
10 suspende el programa de activación.

El sistema de control integral que permite el control y movimiento del robot no está limitado a ser implementado en una computadora personal, dado que puede adaptarse a un microcontrolador, un DSP, un microprocesador u otro dispositivo que permita llevar a cabo, mediante el sistema de control descrito, la comunicación
15 del usuario con el robot.

Este sistema permite por su versatilidad, una conectividad a la computadora personal del asistente robótico más inmediata y sin el uso de complicados procedimientos de instalación o hardware especialmente diseñado para lograr su funcionamiento. El uso del puerto de salida de la computadora **(29)** para lograr la
20 comunicación entre ésta y el asistente robótico, permite una muy importante simplificación de la conectividad entre estos elementos.

En general, el movimiento del asistente robótico se logra a partir de diferentes etapas como puede observarse en la figura 5. A partir de la activación por el usuario de la interfase usuario-electrónica **(16)**, la computadora realiza una etapa
25 de control por programación **(17)** en la cual se detecta si la interfase ha sido activada por el usuario, con lo cual se desencadena posteriormente la activación de la etapa de control electrónico **(18)** que es la que permite generar el movimiento de cada motor **(30)** asociado a las articulaciones activas del asistente robótico.

Como se ha descrito, el movimiento de cada una de las articulaciones activas del
30 asistente robótico de la presente invención se logra a partir de la activación programada de los motores asociados **(30)** a cada una de ellas. Dicha activación es posible a partir de una etapa electrónica **(18)** (ver figura 6), la cual comienza a partir de la salida digital del puerto de salida **(29)**, por ejemplo de una computadora, desencadenando una etapa de acoplamiento electrónico **(19)**. En ésta etapa

adicionalmente se pueden utilizar optoacopladores electrónicos, con lo cual no existe conexión electrónica directa entre la etapa de control y la etapa de potencia **(20)** que posteriormente se realiza en la etapa electrónica de activación **(18)**; este diseño permite que la conexión entre la etapa de control y potencia **(20)** pueda realizarse por luz. Dentro del diseño de la etapa electrónica pueden utilizarse adicionalmente dos optoacopladores por motor haciendo posible, de ésta manera, la transferencia de dos señales de control que permiten activar al motor **(30)** en cualquier dirección y a la velocidad especificada del programa. Después de la etapa de control se continua con la etapa de potencia **(20)**, la cual permite relacionar las señales de control a la potencia eléctrica necesaria para cada motor **(30)**. Este mismo mecanismo se aplica a cada articulación activa del asistente robótico de la presente invención.

El diseño del asistente robótico de la presente invención, permite una mayor adaptabilidad en el movimiento y posicionamiento durante la intervención y exploración quirúrgica. Así mismo el software empleado permite también utilizar el puerto paralelo de cualquier computadora personal para sacar datos para el control del robot, convirtiendo al puerto en una interfase compatible con el robot y cualquier computadora.

20 **Referencias.**

- [1] Kieturakis, M.J., et. al. *Apparatus and method for developing an anatomic space for laparoscopic procedures with laparoscopic visualization*. US Pat 2001/0029388, Oct 11, 2001.
- [2] Zdeblick, T.A., et. al. *Laparoscopic instrument sleeve*. PCT/US01/40126, Sep 20, 2001.
- [3] Bieger, J., et. al. *Fully-automatic, robot-assited camera guidance using position sensors for laparoscopic interventions*. PCT/DE01/01886, Nov 29, 2001.
- [4] de la Torre, R. A., et. al. *Laparoscopic access port for surgical instruments or the hand*. US 6319246, Nov 20, 2001.
- [5] H. A. Paul, B. Mitlestadt et. al. 1992. *Development of a surgical robot for cementless total hip arthoplasty*. Clinical Orthopaedics. **285**: 57-66.
- [6] Benabid AL, Cinquin P.,Lavalle S. *Computer driven robot for stereotactic surgery connected to CT scan and magnetic resonance imaging*. Proceedings American Society Stereotactic Funtional Neurosurgery, Montreal 1987.

- [7] Soni AH Gudavilli MR Herndon WA, Sullivan JA. 1986. *Application of passive robot in spine surgery*. Proc. Eight Annual Conf. IEEE/Engineer Biol and Med Society. **3**: 1186-1191.
- [8] Levy SA, Ramani K. 1987. *Robotic ophthalmic surgery an evaluation in radial keratotomy*. IEEE Ninth annual Conf Engineering Medicine Biology Society Boston MA. Nov 13-16 pp 1102-1103.
- [9] P.Cinquin et. al. 1995. *Computer Assisted Medical Interventions*. IEEE Engineering in medicine and Biology, pp. 254-263.
- [10] Paolo Dario et. al. 1996. *Robotics for medical Applications*. IEEE Robotics &Automation Magazine, pp 44-54.
- [11] Sackier, J.M., et. al. 1994. *Robotically assisted laparoscopic surgery. From concept to development*. Surgical Endoscopy **8**: 63-66.
- [12] Hyosig Kang and Jhon T. Wen. 2001. *Robotic Assistants aid surgeons during minimally invasive procedures*. IEEE Engineering in medicine and Biology, pp. 94-96.
- [13] E. Hanish, B.Markus, C.Gutt, T.C.Schmandra, A. Encko. 2001. *Robot-Assisted laparoscopic cholecystectomy and fundoplication:initial experience with the DaVinci system*. Der Chirurg, **72**(3): 286-288.
- [14] Paolo Dario et al. 1996. *Robotics for medical Applications*. IEEE Robotics &Automation Magazine, pp 44-54.
- [15] Hyosig Kang, John T. Wen. 2001. *Robotic Assistants aid surgeons during minimally invasive procedures*. IEEE Engineering in medicine and Biology, pp. 94-96.
- [16] Unger S.W., Unger H.M., Bass R.T. 1994. AESOP Robotic arm. Surg Endosc.
- [17] W.K. Cheah, B. Lee, J.E. Lenzi and P.M.Y. Goh. 2000. *Telesurgical laparoscopic cholecystectomy between two countries*, Surgical Endoscopy.
- [18] Lathrop, R.L. et. al. Peritoneal distension robotic arm. US Pat 5,372,147. Dic 13, 1994.
- [19] Sing, W. Articulated arm for medical procedures. PCT/SG95/00009, Ene 9, 1997.
- [20] Wang, Y. et.al. Method and apparatus for performing minimally invasive cardiac procedures. US Pat 6,007,550, Dic 28, 1999.

Reivindicaciones.

1. Un sistema robótico médico para realizar procedimientos quirúrgicos de laparoscopia a través de un tejido abierto en un paciente, caracterizado porque
5 comprende:
 - a) Un miembro de soporte de un brazo robótico,
 - b) Un brazo robótico,
 - c) Una guía lineal removible sujeta mecánicamente al brazo robótico,
 - d) Una articulación pasiva sujeta mecánicamente a la guía lineal,
 - 10 e) Un dispositivo de soporte del laparoscopio sujeto mecánicamente a la articulación pasiva dotado con un mecanismo de sujeción y desacoplamiento eléctrico del laparoscopio.
 - f) Un sistema de control electrónico en comunicación con el brazo robótico,
 - g) Un sistema de control por programación que regula el sistema de control electrónico y
 - 15 h) Una interfase usuario-electrónica.
2. El sistema robótico de la reivindicación 1, caracterizado porque el miembro de soporte del brazo consta de una base, una columna y un mecanismo electromecánico que permite el movimiento del brazo hacia arriba y abajo.
- 20 3. El sistema robótico de la reivindicación 1 a 2, caracterizado porque el brazo robótico contiene cuatro articulaciones activas.
4. El sistema robótico de la reivindicación 3, caracterizado porque las articulaciones activas se mueven debido a un efector eléctrico.
5. El sistema robótico de la reivindicación 4, caracterizado porque el efector
25 eléctrico es un motor.
6. El sistema robótico de la reivindicación 1 a 5, caracterizado porque el brazo robótico contiene dos sistemas electromecánicos los cuales regulan el movimiento en la misma dirección de la base y el movimiento lineal del brazo robótico.
- 30 7. El sistema robótico de la reivindicación 1 a 6, caracterizado porque la guía lineal es una articulación de desplazamiento lineal.
8. El sistema robótico de la reivindicación 1 a 7, caracterizado porque la articulación pasiva es rotatoria.

9. El sistema robótico de la reivindicación 1 a 8, caracterizado porque el dispositivo de soporte del laparoscopio mantiene sujeto al laparoscopio durante la navegación quirúrgica.
10. El sistema robótico de la reivindicación 1 a 9, caracterizado porque adicionalmente el sistema de control electrónico utiliza optoacopladores electrónicos.
11. El sistema robótico de la reivindicación 10, caracterizado porque el sistema de control electrónico utiliza adicionalmente dos optoacopladores electrónicos por motor permitiendo la transferencia de dos señales de control.
12. El sistema robótico de la reivindicación 1 a 11, caracterizado porque el sistema de control por programación y electrónico puede realizarse en un controlador seleccionado del grupo que consiste de computadora, microcontrolador, DSP, PLC ó microprocesador.
13. El sistema robótico de la reivindicación 12, caracterizado porque el controlador es una computadora.
14. El sistema robótico de la reivindicación 1 a 13, caracterizado porque el sistema de control por programación se conecta al sistema robótico mediante un puerto de salida de la computadora.
15. El sistema robótico de la reivindicación 14, caracterizado porque el puerto de salida de la computadora se selecciona del puerto paralelo, serial ó USB.
16. El sistema robótico de la reivindicación 1 a 15, caracterizado porque el sistema de control por programación consta de un programa de computadora.
17. El sistema robótico de la reivindicación 16, caracterizado porque el programa de computadora realiza la siguiente programación:
- a) Inicialmente escribe al puerto de salida de la computadora una palabra digital igual a cero,
 - b) Después el programa pregunta por el estado digital de cada una de las partes de la interfase usuario-electrónica. Si alguna de ellas es activada, se procede a escribir una palabra digital específica en el puerto de salida de la computadora y que está relacionada electrónicamente con el sistema de potencia de cada motor que controla los movimientos de cada articulación del robot.

- c) Cuando el usuario desactiva la interfase usuario-electrónica, se vuelve a leer su estado digital y se escribe en el puerto de salida una vez mas la palabra digital cero.
- 5 18. El sistema robótico de la reivindicación 1 a 17, caracterizado porque la interfase usuario-electrónica se selecciona del grupo que consiste de joystick, teclado, joypad, mouse, movimiento cefálico, movimiento ocular ó movimiento perceptual.
19. El sistema robótico de la reivindicación 18, caracterizado porque la interfase usuario-electrónica es un joypad ó joystick.
- 10 20. Un método para la activación del movimiento del sistema robótico de la reivindicación 1 a 19, caracterizado porque comprende los pasos de:
- a) Activar una etapa de control por programación a través de un programa de computadora, el cual inicialmente escribe al puerto de salida de la computadora una palabra digital igual a cero. Posteriormente el programa pregunta por el estado digital de cada una de las partes de la interfase usuario-electrónica. Si alguna de ellas es activada, se procede a escribir una palabra digital especifica en el puerto de salida de la computadora y que está relacionada electrónicamente con el sistema de potencia de cada motor que controla los movimientos de cada articulación del robot. Cuando el usuario desactiva la interfase usuario-electrónica, se vuelve a leer su estado digital y se escribe en el puerto de salida una vez mas la palabra digital cero.
- 15
- 20
- b) Activar una etapa de control electrónico a partir de la salida digital del puerto de salida de la computadora desencadenando una etapa de acoplamiento electrónico utilizando optoacopladores electrónicos permitiendo la transferencia de dos señales de control que permiten activar a cada motor asociado a las articulaciones del robot en cualquier dirección y a la velocidad especificada del programa.
- 25
- c) Activar una etapa de potencia permitiendo relacionar las señales de control a la potencia eléctrica necesaria para cada motor.
- 30 21. Un dispositivo para sujeción y desacoplamiento eléctrico de un laparoscopia durante intervenciones quirúrgicas, caracterizado porque consiste de:
- c) un bloque inferior que en su parte central superior contiene un orificio en forma semicircular,

- d) un bloque superior que en su parte central inferior contiene un orificio en forma semicircular, en uno de sus extremos tiene un seguro mecánico y en donde el bloque se encuentra unido en una de sus caras a uno de los extremos de un bloque de forma rectangular que en su parte superior contiene un orificio de forma cuadrada, y
- 5 en donde los bloques inferior y superior están unidos entre sí por el extremo opuesto a donde se encuentra el seguro mecánico y que al unirse por su parte central forman un orificio circular.
22. El dispositivo para sujetar un laparoscopio de la reivindicación 21, caracterizado porque los bloques inferior, superior y de forma rectangular están contruidos de un material de alta resistencia mecánica y eléctrica.
- 10 23. El dispositivo para sujetar un laparoscopio de la reivindicación 22, caracterizado porque el material de alta resistencia mecánica y eléctrica es plástico.

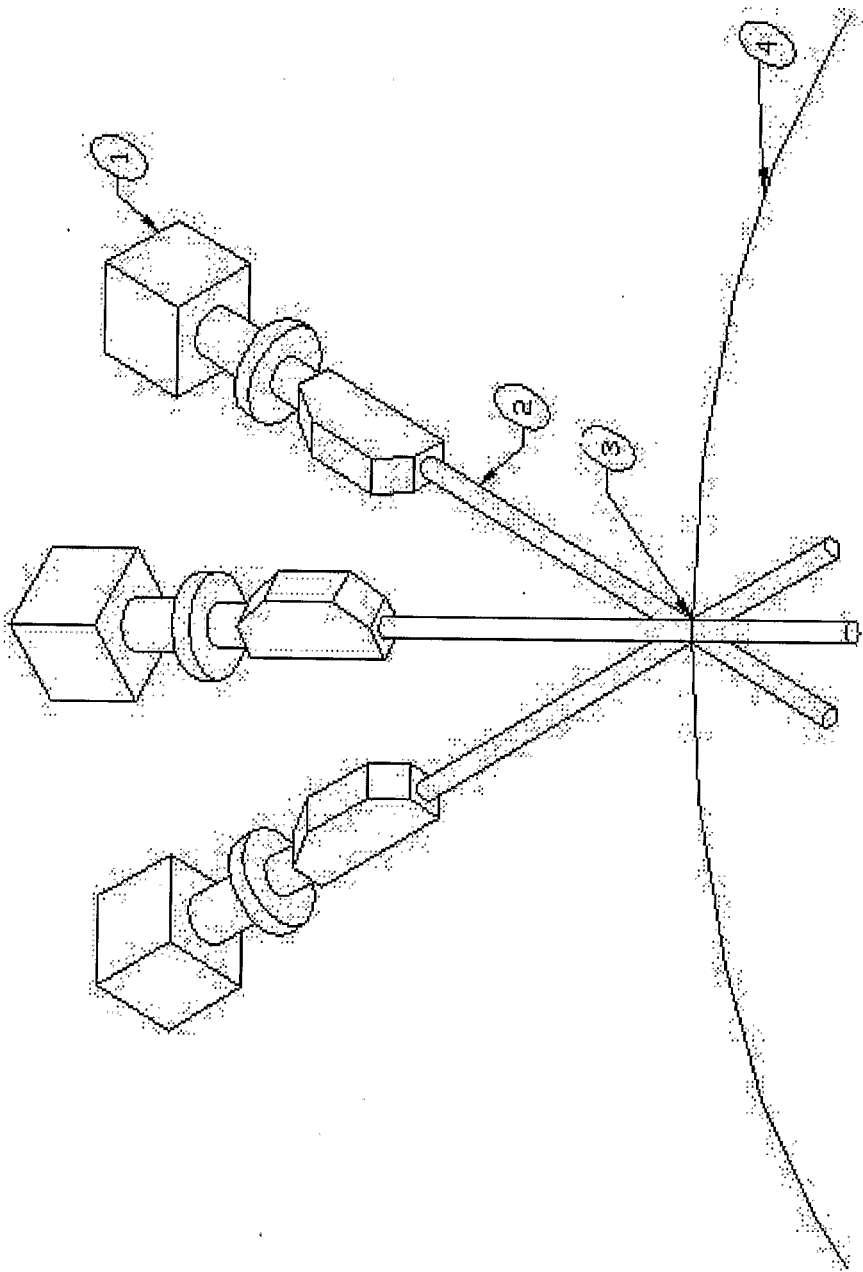


FIGURA 1

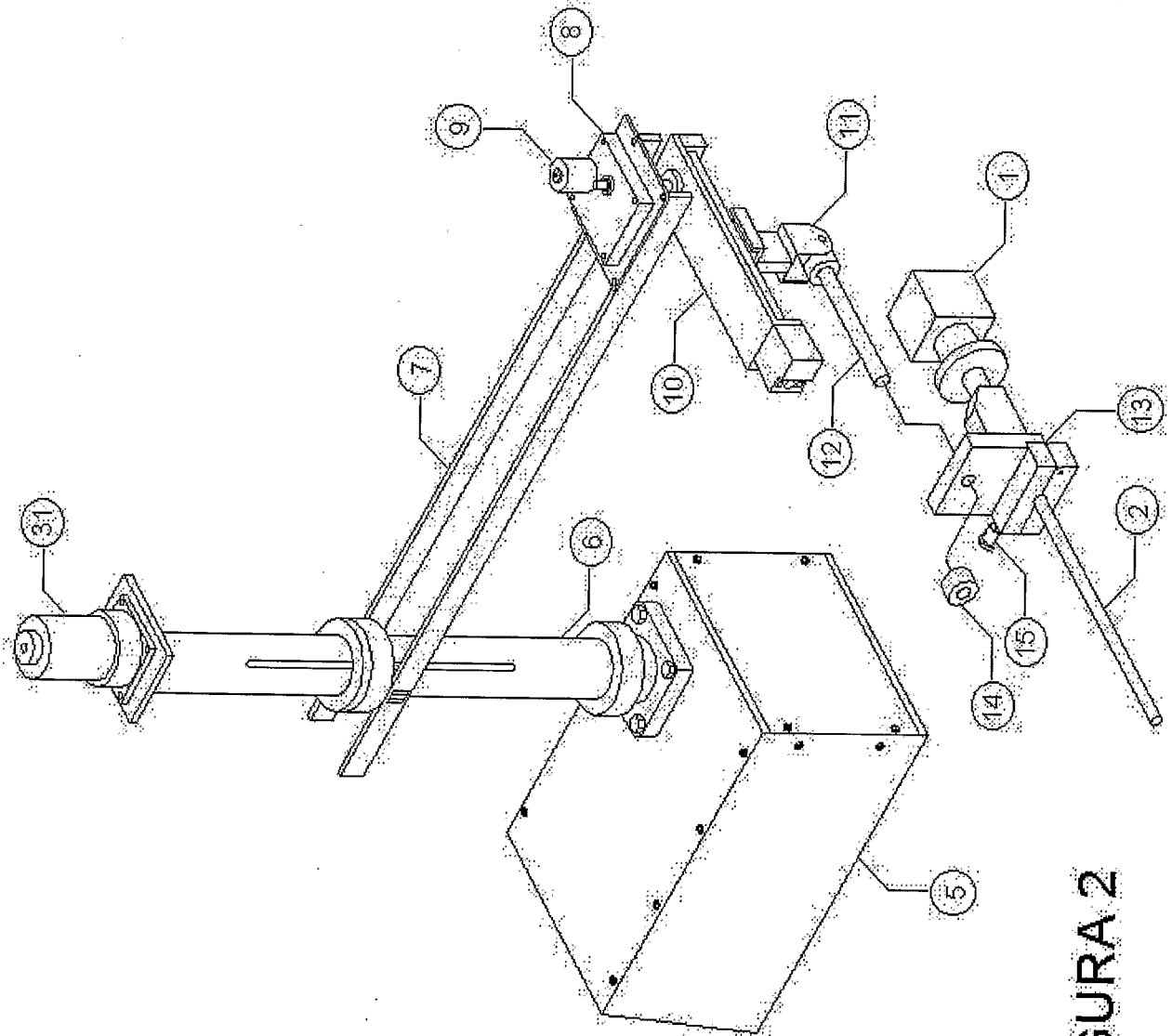


FIGURA 2

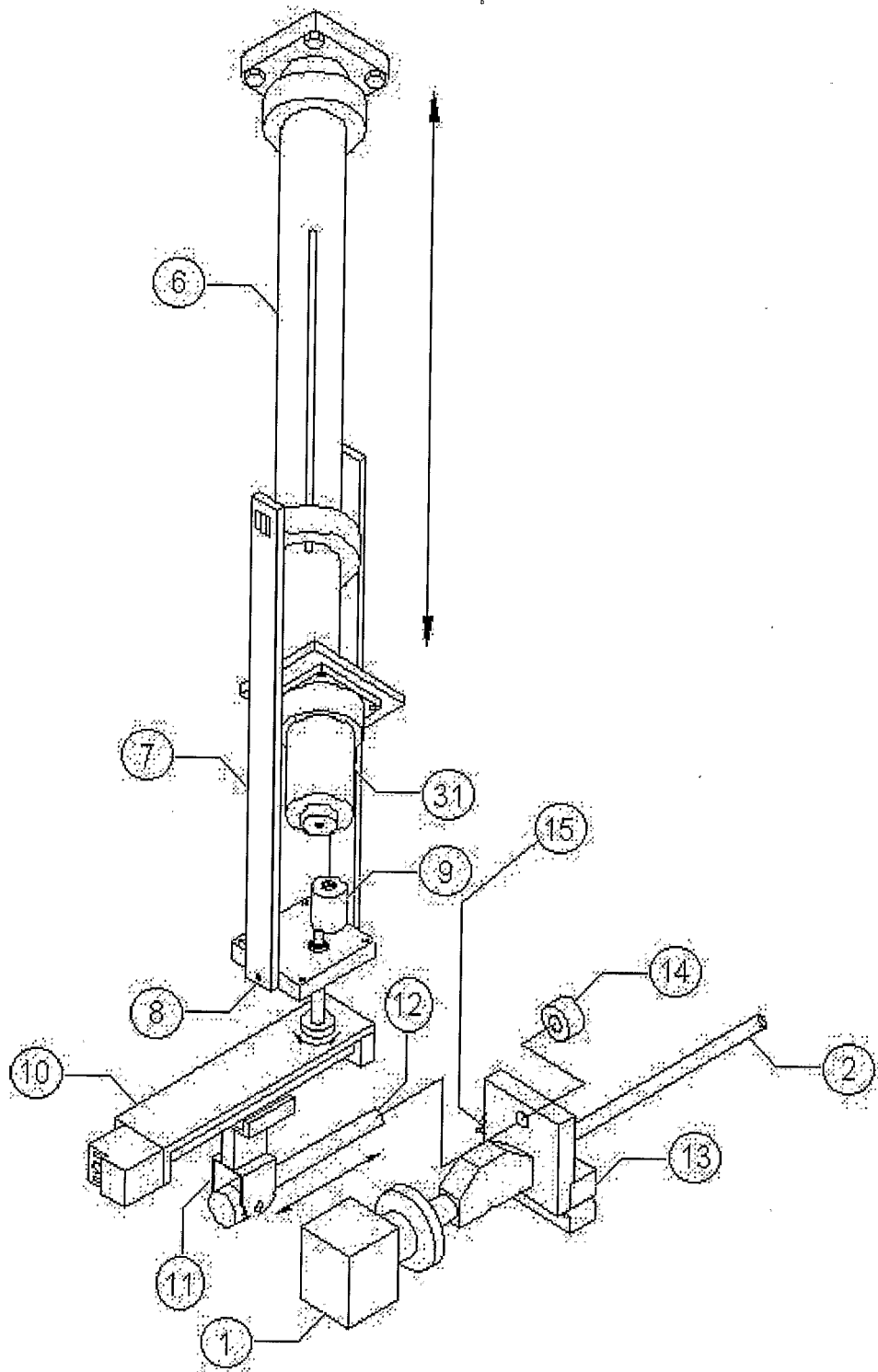


FIGURA 3

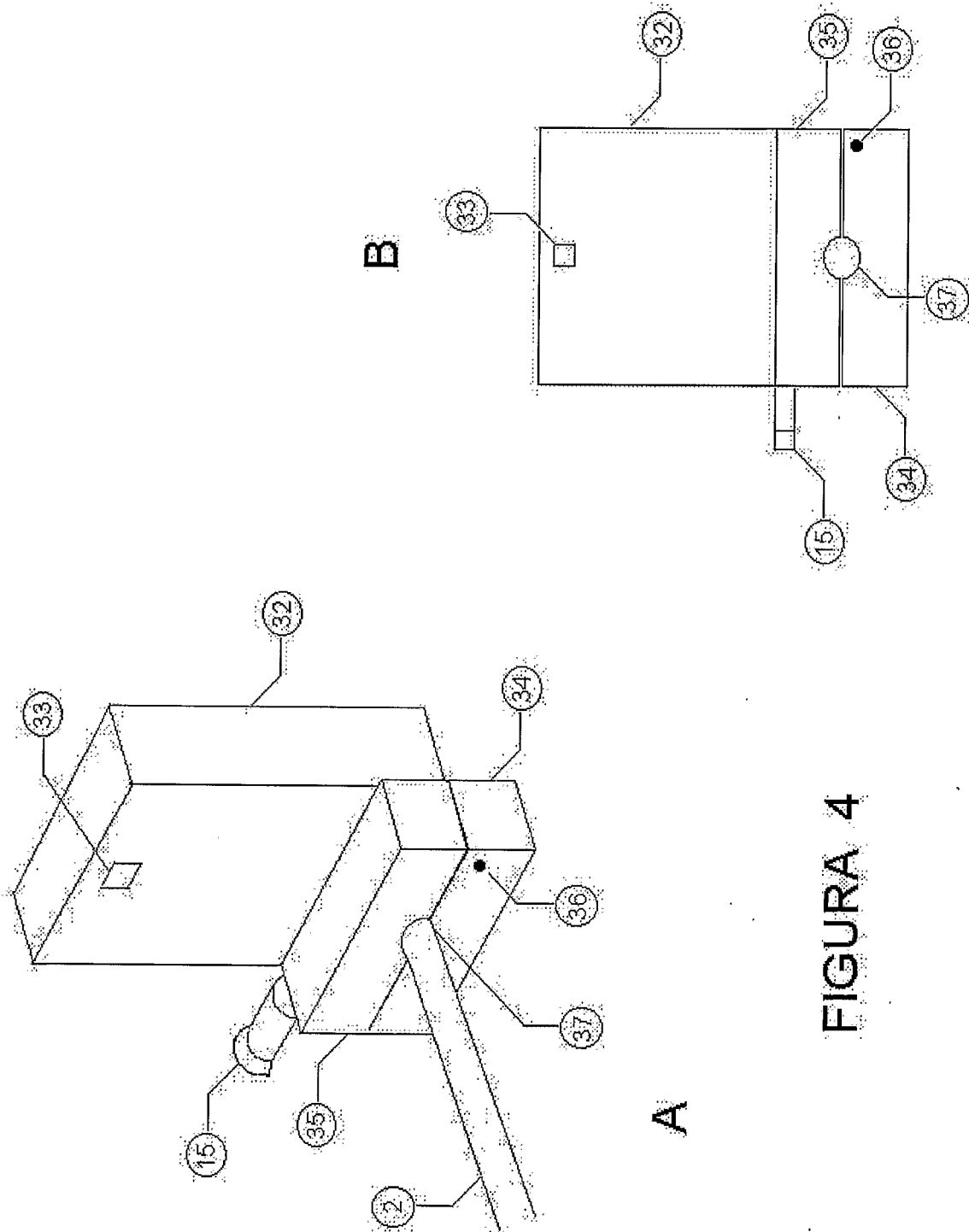


FIGURA 4

FIGURA 5

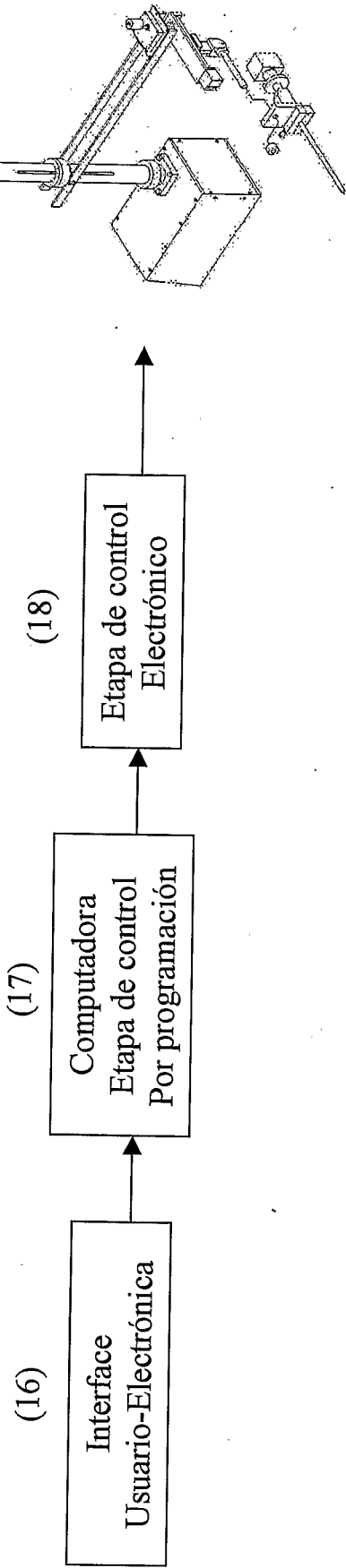
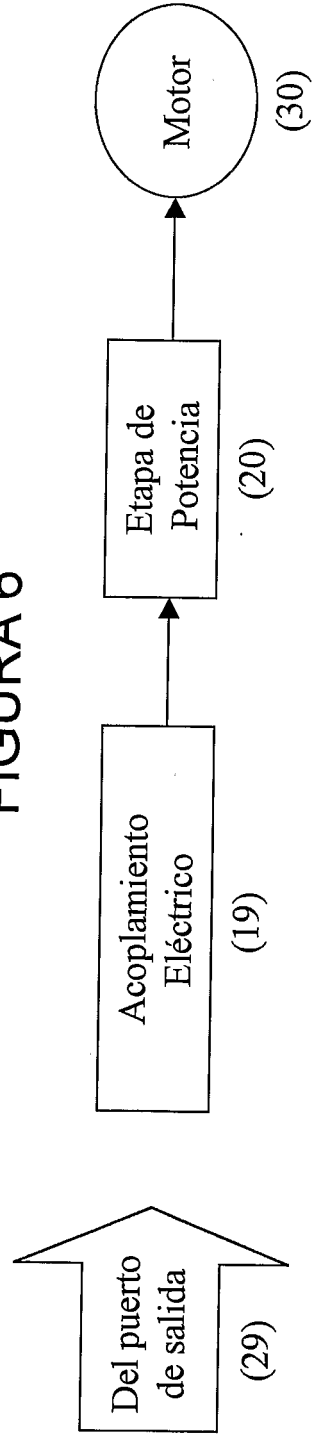


FIGURA 6



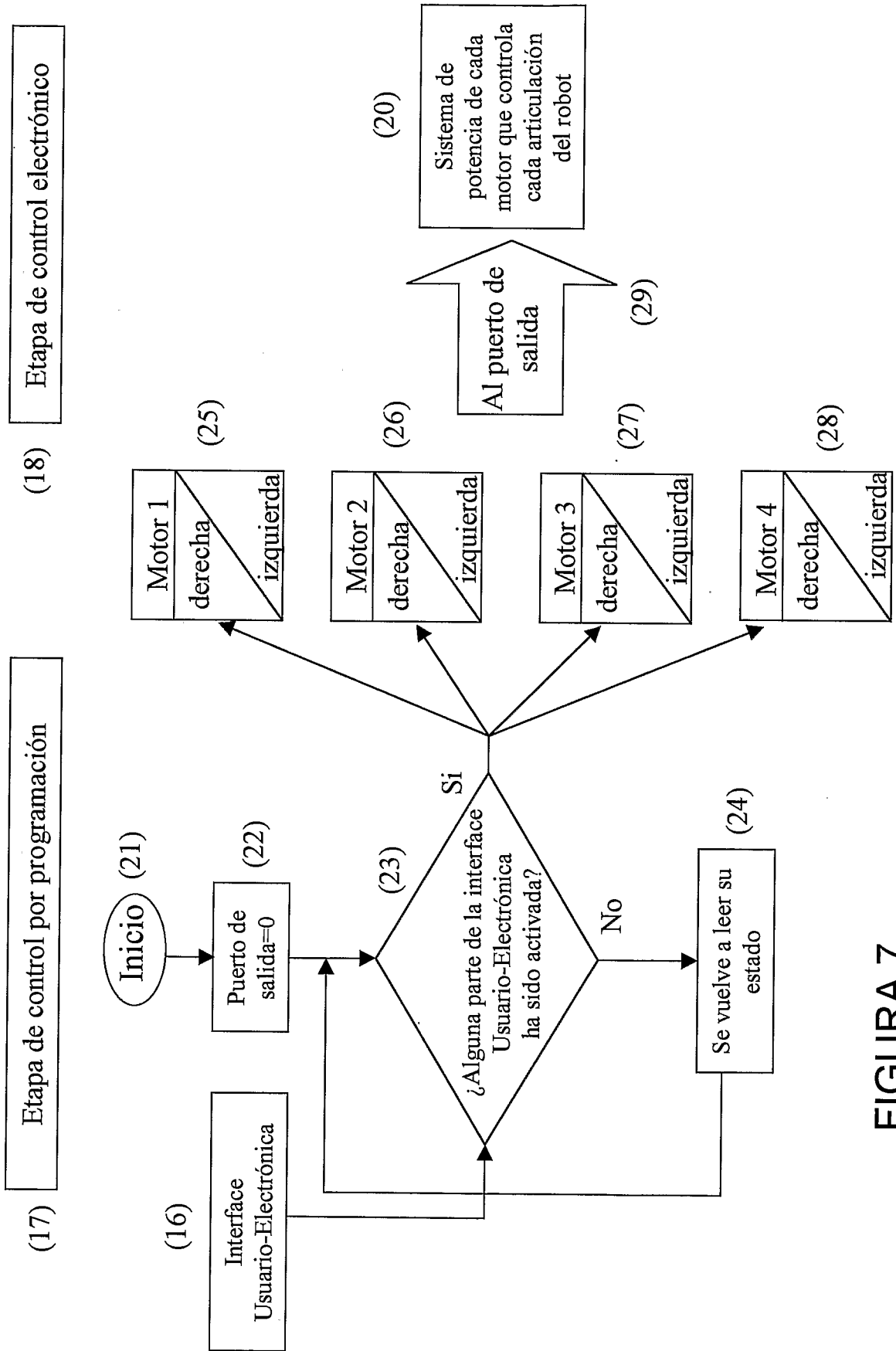


FIGURA 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ MX03/00080

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 A61B17/00,A61B19/00, B25J11/00 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) IPC 7 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) CIBEPAT, EPODOC, WPI, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	V.F. MUÑOZ, J. GÓMEZ DE GABRIEL, J. FERNÁNDEZ LOZANO, I. GARCÍA MORALES, R. MOLINA MESA, C. PÉREZ DEL PULGAR, J. SERON BARBA, M. AZOUAGHE, "Design and control of a robotic assistant for laparoscopic surgery", 9th International Symposium on Intelligent Robotic Systems, SIRS 2001, 18-20 July 2001, Toulouse (France), particularly figure 10	1-5, 9
Y A	J.M. SACKIER, Y. WANG, 1994, "Robotically assisted laparoscopic surgery. From concept to development". Surgical Endoscopy 8: 63-66	1-5, 9 12-19, 21-23
A	WO-9700649-A (NG WAN SING) 09.01.1997 Page 7, line 15 - page 9, line 20; page 19, lines 10-30; page 20, line 17- page 23, line 11; figures 1, 2, 13, 17	1-5, 7, 9-23
A	US-5372147-A (LATHROP, Jr. et al.) 13.12.1994 Column 2, line 59-column 4, line 24; column 6, line 48 - column 7, line 19; figure 1	1-5, 9
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 document 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 12 FEB 2004 (12.02.04)		Date of mailing of the international search report 25 FEB 2004 (25.02.04)
Name and mailing address of the ISA/ S.P.T.O.		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/MX03/00080

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO-9405215-A (MINNESOTA SCIENTIFIC INC) 17.03.1994	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/ MX03/00080

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-9700649-A	09.01.1997	AU-2997095-A JP-10505286-T US-5820623-A	22.01.1997 26.05.1998 13.10.1998
US-5372147-A	13.12.1994	US-5555897-A	17.09.1996
WO-9405215-A	17.03.1994	CA-2144337-A	17.03.1994

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional n°
PCT/MX03/00080

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

CIP⁷ A61B17/00, A61B19/00, B25J11/00

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

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima consultada (sistema de clasificación, seguido de los símbolos de clasificación)

CIP⁷ 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)
CIBEPAT, EPODOC, WPI, PAJ

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones n°
Y	V.F. MUÑOZ, J. GÓMEZ DE GABRIEL, J. FERNÁNDEZ LOZANO, I. GARCÍA MORALES, R. MOLINA MESA, C. PÉREZ DEL PULGAR, J. SERON BARBA, M. AZOUAGHE, "Design and control of a robotic assistant for laparoscopic surgery", 9th International Symposium on Intelligent Robotic Systems, SIRS 2001, 18-20 July 2001, Toulouse (France), en particular figura 10.	1-5, 9
Y A	J.M. SACKIER, Y. WANG, 1994, "Robotically assisted laparoscopic surgery. From concept to development". Surgical Endoscopy 8: 63-66	1-5, 9 12-19, 21-23
A	WO-9700649-A (NG WAN SING) 09.01.1997 *Página 7, línea 15- página 9, línea 20; página 19, líneas 10-30; página 20, línea 17-página 23, línea 11; figuras 1, 2, 13, 17*	1-5, 7, 9-23
A	US-5372147-A (LATHROP, Jr. et al.) 13.12.1994 *Columna 2, línea 59-columna 4, línea 24; columna 6, línea 48-columna 7, línea 19; figura 1*	1-5, 9

En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos anexo Los documentos de familia 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. 12.FEBRERO.2004 (12.02.2004)

II Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional

25 FEB 2004

25.02.04

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional O.E.P.M.

Funcionario autorizado
Pedro V. Pérez Fernández

C/Panamá 1, 28071 Madrid, España.
n° de fax +34 91 3495304

n° de teléfono + 34 91 3495496

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional n°

PCT/ MX03/00080

C (Continuación).

DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones n°
A	WO-9405215-A (MINNESOTA SCIENTIFIC INC) 17.03.1994	

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional n°

PCT/MX03/00080

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de publicación
WO-9700649-A	09.01.1997	AU-2997095-A JP-10505286-T US-5820623-A	22.01.1997 26.05.1998 13.10.1998
US-5372147-A	13.12.1994	US-5555897-A	17.09.1996
WO-9405215-A	17.03.1994	CA-2144337-A	17.03.1994