

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 813 625**

51 Int. Cl.:

G06T 17/00	(2006.01)
A61B 5/00	(2006.01)
A61B 90/20	(2006.01)
G06T 7/33	(2007.01)
H04N 13/30	(2008.01)
H04N 13/204	(2008.01)
G06T 19/00	(2011.01)
G16H 30/20	(2008.01)
A61B 90/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.08.2013 PCT/US2013/057686**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.03.2014 WO14036499**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.08.2013 E 13834045 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2020 EP 2891137**

54 Título: **Sistema y procedimientos de formación de imágenes que visualizan una imagen reconstruida multidimensional fusionada**

30 Prioridad:

30.08.2012 US 201261695230 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.03.2021

73 Titular/es:

**ALCON INC. (100.0%)
Rue Louis-d'Affry 6
1701 Fribourg, CH**

72 Inventor/es:

**TRIPATHI, ASHOK, BURTON;
POLCHIN, GEORGE, CHARLES y
NG, YEN, TING**

74 Agente/Representante:

PADIAL MARTÍNEZ, Ana Belén

ES 2 813 625 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimientos de formación de imágenes que visualizan una imagen reconstruida multidimensional fusionada

REFERENCIAS CRUZADAS A SOLICITUDES RELACIONADAS

- 5 Esta solicitud reivindica el beneficio de la solicitud de patente provisional de Estados Unidos número 61/695 230, presentada el 30 de agosto de 2012.

ANTECEDENTES

10 La cirugía de cerebro y otros órganos implica procedimientos quirúrgicos complejos para acceder a partes intrincadas y delicadas de tejido. A menudo, los cirujanos tomarán imágenes de las áreas del cuerpo del paciente donde se realizará la cirugía. Estas imágenes ayudan a los cirujanos a planificar cómo se realizará la cirugía, identificar áreas específicas de tejido a las que se debe acceder y determinar las vías a través del cuerpo para que las herramientas quirúrgicas y las cámaras accedan al tejido objetivo.

15 En una cirugía típica, los cirujanos en general primero tomarán una imagen del área de un paciente donde se realizará la cirugía. Los cirujanos revisarán meticulosamente estas imágenes para planificar cómo se realizará la cirugía. Incluso durante la cirugía, los cirujanos pueden revisar nuevamente copias físicas de estas imágenes o acceder a un monitor de vídeo y desplazarse a través de las imágenes como una forma de refrescar su memoria o ayudar a determinar su orientación. Un problema con este procedimiento es que requiere que los cirujanos miren el sitio quirúrgico, a continuación dirijan su atención a un monitor de vídeo o imágenes físicas, y a continuación redirijan su atención al paciente. En otras palabras, los cirujanos tienen que relacionar mentalmente las imágenes con la anatomía del paciente.

20 Este desvío de la atención entre el paciente y las imágenes puede ser una carga mental para el cirujano durante una cirugía relativamente larga. Esto también puede extender la duración de una cirugía si un cirujano tiene que consultar las imágenes muchas veces. Además, esto puede ser especialmente complicado y lento para un cirujano cuando la orientación de las imágenes no coincide con la vista actual del paciente por parte del cirujano. Por ejemplo, un conjunto de imágenes de un escaneo mediante MRI de la cabeza de un paciente puede incluir cientos de imágenes individuales en capas en una orientación recta y nivelada. Un cirujano que mira la parte superior de la cabeza del paciente para determinar dónde hacer una incisión para alcanzar un tumor profundamente incrustado tiene que construir y rectificar en su mente: (1) las diferentes capas de imágenes de MRI entre la parte superior de la cabeza y el nivel del tumor, (2) la orientación de las imágenes de MRI respecto a la orientación del paciente, y (3) la ubicación específica en las imágenes de MRI como correspondiente a una ubicación real en el paciente.

25 Para aumentar la precisión de las incisiones realizadas durante la cirugía y reducir la cantidad de tiempo de la cirugía, es deseable proporcionar a los cirujanos nuevos tipos de sistemas de formación de imágenes. En consecuencia, existe la necesidad de un mayor desarrollo de los sistemas de formación de imágenes. David T Gering et al., 1 de enero de 2006, "Medical image computing and computer assisted intervention - MICCAI '99: second international conference", Cambridge, Reino Unido, 19-22 de septiembre de 1999, Springer, Berlín, páginas 809-819, divulga un sistema de visualización integrado para planificación y orientación quirúrgica mediante fusión de imágenes y formación de imágenes intervencionista. El documento US 2008/0118115 A1 divulga sistemas y procedimientos para representar una herramienta o implante en una imagen. El documento US 5999840 A divulga un sistema de registro de datos de imágenes y un procedimiento para almacenar un primer conjunto de datos de imágenes tridimensionales asociados con una parte predeterminada de un objeto con referencia a un primer marco de coordenadas. El documento WO 2005/000139 A1 divulga un sistema y un procedimiento para la navegación dentro de un campo quirúrgico. Terry M. Peters: "Topical Review; Image-guidance for surgical procedures", Physics in medicine and biology, Institute of Physics Publishing, vol. 51 n.º 14, 21 de julio de 2006, páginas R505-R540 divulga modalidades de formación de imágenes contemporáneas que pueden proporcionar al cirujano imágenes tridimensionales y cuatridimensionales de alta calidad.

SUMARIO

El alcance de la invención se determina mediante las reivindicaciones independientes adjuntas. Se determinan modos de realización preferentes mediante las reivindicaciones dependientes.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

50 La FIG. 1 es un diagrama de bloques de un sistema de comunicación de red de ejemplo, de acuerdo con un modo de realización de ejemplo del sistema divulgado en el presente documento.

La FIG. 2 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de un dispositivo informático, de acuerdo con un modo de realización de ejemplo del sistema divulgado en el presente documento.

La FIG. 3 es un diagrama de bloques de una estructura de ejemplo de acuerdo con un modo de realización de ejemplo del sistema de formación de imágenes divulgado en el presente documento.

La FIG. 4 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de ejemplo para mostrar una parte de una imagen reconstruida multidimensional en una parte seleccionada de una visualización multidimensional.

5 La FIG. 5 es una vista frontal de un sistema de formación de imágenes de ejemplo, que ilustra una parte de una imagen reconstruida multidimensional de ejemplo que se fusiona con una visualización multidimensional de la cabeza de un paciente.

10 Las FIGS. 6 y 7 son vistas frontales de un sistema de formación de imágenes de ejemplo, que ilustra una parte de una imagen reconstruida multidimensional de ejemplo que se superpone en una visualización multidimensional visualizada de la cabeza de un paciente.

La FIG. 8 es una vista en perspectiva de un sistema de formación de imágenes de ejemplo, que ilustra el sistema de formación de imágenes que se está adaptando a un dispositivo quirúrgico.

La FIG. 9 es un diagrama de bloques que muestra una arquitectura de datos de ejemplo, de acuerdo con un modo de realización de ejemplo del sistema de formación de imágenes divulgado en el presente documento.

15 DESCRIPCIÓN DETALLADA

La presente divulgación se refiere en general a sistemas para visualizar una parte de una imagen multidimensional en una parte seleccionada de una visualización de un sitio quirúrgico. Los sistemas de formación de imágenes permiten al (a los) usuario(s) seleccionar la parte de la visualización en la que se muestra una parte de una imagen reconstruida multidimensional.

20 Los sistemas de formación de imágenes descritos en el presente documento pueden realizarse fácilmente en un sistema de comunicaciones de red. Un diagrama de bloques de un ejemplo de sistema de comunicaciones de red 10 ("sistema 10") se ilustra en la FIG. 1. En este ejemplo, el sistema 10 incluye un sistema de formación de imágenes 12 y un servidor 14.

25 Debe apreciarse que los usuarios como se describe en el presente documento pueden incluir cualquier persona o entidad que use el sistema divulgado actualmente y pueden incluir una amplia variedad de partes. Por ejemplo, en el presente documento se hace referencia a cirujanos que hacen funcionar equipos quirúrgicos que incluyen los sistemas de formación de imágenes a modo de ejemplo. Debe apreciarse que el sistema de formación de imágenes a modo de ejemplo puede ser utilizado por cualquier persona, incluidas enfermeras, asistentes quirúrgicos, personal veterinario, técnicos de autopsia, estudiantes de medicina, residentes de cirugía, el personal del cirujano o cualquier otra persona que deba ver una parte de una imagen reconstruida multidimensional fusionada con una visualización de un sitio quirúrgico.

30 El sistema de formación de imágenes 12 y/o el servidor 14 pueden configurarse de acuerdo con su sistema operativo particular, aplicaciones, memoria, hardware, etc., y pueden proporcionar varias opciones para gestionar la ejecución de los programas y aplicaciones, así como diversas tareas administrativas. El sistema de formación de imágenes 12 y/o el servidor 14 pueden interactuar a través de al menos una red con al menos otro sistema de formación de imágenes 12 y/o el servidor 14, que pueden funcionar independientemente. Los sistemas de procesamiento de información 12 y los servidores 14 operados por entidades separadas y distintas pueden interactuar juntos de acuerdo con algún protocolo acordado.

35 Un diagrama de bloques detallado de los sistemas eléctricos de un dispositivo informático de ejemplo se ilustra en la FIG. 2. El dispositivo informático de ejemplo puede incluir cualquiera de los dispositivos y sistemas descritos en el presente documento, incluido el sistema de formación de imágenes 12 y el servidor 14. En este ejemplo, los dispositivos informáticos de ejemplo pueden incluir la unidad principal 20 que incluye preferentemente al menos un procesador 22 conectado eléctricamente por el bus de dirección/datos 24 a al menos un dispositivo de memoria 26, otro circuito informático 28 y al menos un circuito de interfaz 30. El procesador 22 puede ser cualquier procesador adecuado, como un microprocesador de la familia de microprocesadores INTEL® CORE®. El procesador 22 puede incluir uno o más microprocesadores, unidades centrales de procesamiento (CPU), dispositivos informáticos, microcontroladores, unidades de procesamiento de gráficos (GPU), procesadores de señales digitales o dispositivos similares o cualquier combinación de los mismos. La memoria 26 incluye preferentemente memoria volátil y memoria no volátil. Preferentemente, la memoria 26 almacena programas o instrucciones de software que interactúan con los otros dispositivos en el sistema 10 como se describe a continuación. Este programa puede ser ejecutado por el procesador 22 de cualquier manera adecuada. En un modo de realización de ejemplo, la memoria 26 puede ser parte de una "nube" de tal manera que la computación en la nube puede ser utilizada por el sistema de formación de imágenes 12 y el servidor 14. La memoria 26 también puede almacenar datos digitales indicativos de imágenes, documentos, archivos, programas, páginas web, etc., recuperados de los dispositivos informáticos 12, 14 y/o cargados a través del dispositivo de entrada 32.

El circuito de interfaz 30 puede implementarse usando cualquier estándar de interfaz adecuado, tal como una interfaz Ethernet y/o una interfaz de bus serie universal (USB). Al menos un dispositivo de entrada 32 puede estar conectado al circuito de interfaz 30 para introducir datos y comandos en la unidad principal 20. Por ejemplo, el dispositivo de entrada 32 puede ser al menos uno de un teclado, ratón, joystick, dispositivo de pantalla táctil, control remoto, dispositivo de pedal, dispositivo de reconocimiento de gestos, track pad, track ball, isopoint, reconocimiento de caracteres, escáner de código de barras y un sistema de reconocimiento de voz. En un modo de realización de ejemplo, al menos un dispositivo de entrada 32 incluye un sensor de imagen y/o sistema de cámara, tal como el fotosensor 33.

Como se ilustra en la FIG. 2, al menos un dispositivo de visualización 34, impresoras, altavoces y/u otros dispositivos de salida 36 también pueden conectarse a la unidad principal 20 a través del circuito de interfaz 30. El dispositivo de visualización 34 puede ser cualquier dispositivo capaz de mostrar una imagen fija o de vídeo. Preferentemente, el dispositivo de visualización 34 muestra imágenes fijas de alta definición (HD) e imágenes de vídeo o vídeos que proporcionan al cirujano un mayor nivel de detalle que una señal de definición estándar (SD). Más preferentemente, el dispositivo de visualización 34 está configurado para mostrar imágenes fijas e imágenes HD en tres dimensiones (3D). Los dispositivos de visualización a modo de ejemplo incluyen monitores HD, tubos de rayos catódicos, pantallas de proyección, pantallas de cristal líquido, pantallas de diodos emisores de luz orgánicos, paneles de pantallas de plasma, diodos emisores de luz, equivalentes 3D de los mismos y similares. En algunos modos de realización, el dispositivo de visualización 34 incluye un sistema de visualización holográfica 3D HD. En un modo de realización de ejemplo, el dispositivo de visualización 34 es un sistema de visualización de carro de proyección e incorpora los componentes estructurales básicos del carro de visualización de imagen estereoscópica TrueVision Systems, Inc. del Solicitante descrito en la solicitud en trámite del solicitante en los Estados Unidos: Ser. N.º 11/739 042, titulado "Sistema y carro de exhibición estereoscópica" presentado el 23 de abril de 2007. Por ejemplo, el dispositivo de visualización 34 puede proporcionar una interfaz de usuario, que se describirá con más detalle a continuación, y puede mostrar al menos una página web recibida desde el sistema de formación de imágenes 12 y/o el servidor 14. Una interfaz de usuario puede incluir indicaciones para la entrada humana del usuario 16, incluidos enlaces, botones, pestañas, casillas de verificación, miniaturas, campos de texto, cuadros desplegados, etc., y puede proporcionar varias salidas en respuesta a las entradas del usuario, como texto, imágenes estáticas, vídeos, audio y animaciones.

Al menos un dispositivo de almacenamiento 38 también puede conectarse al dispositivo principal o unidad 20 a través del circuito de interfaz 30. Al menos un dispositivo de almacenamiento 38 puede incluir al menos uno de un disco duro, unidad de CD, unidad de DVD y otros dispositivos de almacenamiento. Al menos un dispositivo de almacenamiento 38 puede almacenar cualquier tipo de datos, tales como datos de visualización multidimensional, datos de imágenes reconstruidas multidimensionales, datos de selección, datos de ventana, datos de imágenes, datos de contenido, datos estadísticos, datos históricos, bases de datos, programas, archivos, bibliotecas, y/u otros datos, etc., que pueden ser utilizados por el sistema de formación de imágenes 12 y/o el servidor 14.

El sistema de formación de imágenes 12 y/o el servidor 14 también pueden intercambiar datos con otros dispositivos de red 40 a través de una conexión a la red 18. Los dispositivos de red 40 pueden incluir al menos un servidor 42, que puede usarse para almacenar ciertos tipos de datos, y particularmente grandes volúmenes de datos que pueden almacenarse en al menos un depósito de datos 44. El servidor 42 puede incluir cualquier tipo de datos 46, incluidos datos de visualización multidimensional, datos de imágenes reconstruidas multidimensionales, datos de selección, datos de ventana, datos de imágenes, datos de contenido, datos estadísticos, datos históricos, bases de datos, programas, archivos, bibliotecas y/u otros datos, etc. El servidor 42 puede almacenar y operar diversas aplicaciones relacionadas con la recepción, transmisión, procesamiento y almacenamiento de grandes volúmenes de datos. Debe apreciarse que pueden usarse diversas configuraciones de al menos un servidor 42 para soportar y mantener el sistema 10. En algunos modos de realización de ejemplo, el servidor 42 es operado por varias entidades diferentes, incluyendo individuos privados, usuarios administrativos y/o socios comerciales. Además, ciertos datos pueden almacenarse en el sistema de formación de imágenes 12 y/o el servidor 14, que también se almacena en el servidor 42, ya sea temporal o permanentemente, por ejemplo en la memoria 26 o el dispositivo de almacenamiento 38. La conexión de red puede ser cualquier tipo de conexión de red, como una conexión de ethernet, línea de abonado digital (DSL), línea telefónica, cable coaxial, conexión inalámbrica, etc.

El acceso al sistema de formación de imágenes 12 y/o al servidor 14 puede controlarse mediante un software de seguridad apropiado o medidas de seguridad. Se puede denegar el acceso de un usuario al sistema de formación de imágenes 12 y/o al servidor 14 y limitarse a ciertos datos y/o acciones. En consecuencia, se puede requerir que los usuarios del sistema 10 se registren con el sistema de formación de imágenes 12 y/o el servidor 14.

Como se señaló anteriormente, se pueden implementar varias opciones para gestionar datos ubicados dentro del sistema de formación de imágenes 12, el servidor 14 y/o en el servidor 42. Un sistema de gestión puede gestionar la seguridad de los datos y realizar diversas tareas, como facilitar un proceso de copia de seguridad de datos. El sistema de gestión puede actualizar, almacenar y realizar copias de seguridad de los datos de forma local y/o remota. Un sistema de gestión puede almacenar datos de forma remota utilizando cualquier procedimiento adecuado de transmisión de datos, como a través de Internet u otras redes 18.

La FIG. 3 es un diagrama de bloques que muestra un sistema de formación de imágenes de ejemplo 300. El sistema de formación de imágenes 300 es operado por un usuario como un cirujano. Debe apreciarse que el sistema de formación de imágenes 300 ilustrado en la FIG. 3 puede implementarse como sistema de formación de imágenes 12.

- 5 Como se ilustra en la FIG. 3, en este ejemplo, el sistema de formación de imágenes 300 incluye el sistema de base de datos 302, el sistema de generación de visualización multidimensional 304, el módulo de reconstrucción de imágenes multidimensionales 306, el módulo de generación de ventanas 308, el módulo de fusión 310, el módulo de ajuste de profundidad de imagen reconstruida multidimensional 312, el módulo de resaltado de imagen reconstruida multidimensional 314, y módulo de filtro de imagen reconstruida multidimensional 316. El sistema de base de datos 10 302, el sistema de generación de visualización multidimensional 304, el módulo de reconstrucción de imágenes multidimensionales 306, el módulo de generación de ventanas 308, el módulo de fusión 310, el módulo de ajuste de profundidad de imagen reconstruida multidimensional 312, el módulo de resaltado de imagen reconstruida multidimensional 314 y el módulo de filtro de imagen reconstruida multidimensional 316 pueden incluir software y/o componentes de hardware, como una matriz de puerta programable en campo (FPGA) o un circuito integrado específico de aplicación (ASIC), que realiza ciertas tareas. El sistema de base de datos 302, el sistema de 15 generación de visualización multidimensional 304, el módulo de reconstrucción de imágenes multidimensionales 306, el módulo de generación de ventanas 308, el módulo de fusión 310, el módulo de ajuste de profundidad de imagen reconstruida multidimensional 312, el módulo de resaltado de imagen reconstruida multidimensional 314 y el módulo de filtro de imagen reconstruida multidimensional 316 pueden ventajosamente configurarse para residir en un medio de almacenamiento direccionable y configurarse para ejecutarse en uno o más procesadores. Por lo tanto, el sistema de base de datos 302, el sistema de generación de visualización multidimensional 304, el módulo de reconstrucción de imágenes multidimensionales 306, el módulo de generación de ventanas 308, el módulo de fusión 310, el módulo de ajuste de profundidad de imagen reconstruida multidimensional 312, el módulo de resaltado de imagen reconstruida multidimensional 314 y el módulo de filtro de imagen reconstruida multidimensional 316 pueden 25 incluir, a modo de ejemplo, componentes, como componentes de software, componentes de software orientado a objetos, componentes de clase y componentes de tareas, procesos, funciones, atributos, procedimientos, subrutinas, segmentos de código de programa, controladores, firmware, microcódigo, circuitos, datos, bases de datos, estructuras de datos, tablas, matrices y variables. La funcionalidad prevista en los componentes y módulos puede combinarse en menos componentes y módulos o separarse en componentes y módulos adicionales.
- 30 El sistema de base de datos 302 puede incluir una amplia variedad de datos. Por ejemplo, el sistema de base de datos 302 puede incluir cualquiera de los siguientes datos: datos de visualización multidimensional, datos de pacientes, datos de imágenes reconstruidas multidimensionales, datos de selección, datos de ventana, datos de imágenes, datos de contenido, datos estadísticos, datos históricos, bases de datos, programas, archivos, bibliotecas y/u otros datos, etc.
- 35 La base de datos 302 puede recibir cualquiera de los datos mencionados anteriormente de un sistema de información del hospital.

En algunos modos de realización, el sistema de generación de visualización multidimensional 304 genera y muestra visualizaciones multidimensionales de al menos una parte de un sitio quirúrgico objetivo. Las visualizaciones multidimensionales pueden incluir imágenes y/o videos y son preferentemente en 3D y HD. El sistema 304 de 40 generación de visualización multidimensional puede generar visualizaciones usando un fotosensor. El fotosensor puede responder a cualquiera o a todas las longitudes de onda de luz que forman el espectro electromagnético. De forma alternativa, el fotosensor puede ser sensible a un rango más restringido de longitudes de onda que incluye al menos una longitud de onda de luz fuera de las longitudes de onda de luz visible. La luz visible puede referirse a la luz que tiene longitudes de onda correspondientes al espectro visible, que es la parte del espectro electromagnético donde la luz tiene una longitud de onda que varía de aproximadamente 380 nanómetros (nm) a aproximadamente 750 nm. 45

En algunos modos de realización, el módulo de reconstrucción de imágenes multidimensionales 306 genera una imagen reconstruida multidimensional. El módulo de reconstrucción de imágenes multidimensionales 306 genera preferentemente imágenes en 3D usando cortes de imagen 2D preoperatorios o intraoperatorios de un área 50 quirúrgica de un paciente. En algunos modos de realización de ejemplo, el módulo de reconstrucción de imágenes multidimensionales 306 genera imágenes en 3D usando construcción basada en vectores o en características para crear contornos o límites de objetos 3D a partir de cortes de imagen 2D preoperatorios secuenciales.

En algunos modos de realización, el módulo de generación de ventanas 308 genera y muestra una ventana. El módulo de generación de ventanas 308 puede generar y mostrar una ventana basada en la selección que 55 corresponde a una parte de la visualización multidimensional generada. En algunos modos de realización, el módulo de generación de ventanas 308 permite a un usuario ajustar el tamaño de la ventana visualizada.

En algunos modos de realización de ejemplo, el módulo de fusión 310 fusiona, mezcla, combina, une o integra una imagen reconstruida multidimensional con una visualización multidimensional visualizada. El módulo de fusión 310 puede fusionar la imagen reconstruida multidimensional con una visualización multidimensional basada en la 60 orientación o coordenadas del sitio quirúrgico en la visualización multidimensional. En algunos modos de realización,

el módulo de fusión 310 fusiona la imagen reconstruida multidimensional con una visualización multidimensional basada en la coincidencia de patrones mediante la identificación de características, estructuras u objetos 3D en la visualización multidimensional con características, estructuras u objetos correspondientes en la imagen reconstruida multidimensional. En algunos modos de realización, el módulo de fusión 310 combina partes apropiadas de una señal de vídeo de la visualización multidimensional con la parte seleccionada de la imagen reconstruida multidimensional. En algunos modos de realización, el módulo de fusión 310 transmite la señal de vídeo de la visualización multidimensional del sitio quirúrgico al dispositivo de visualización por separado de la imagen reconstruida multidimensional. En estos modos de realización, el módulo de fusión 310 envía una instrucción al dispositivo de visualización para mostrar la imagen reconstruida multidimensional como un gráfico encima de la parte apropiada de la visualización multidimensional. La instrucción puede enviarse utilizando un protocolo de comunicación de interfaz multimedia HD ("HDMI"). En algunos modos de realización, el módulo de fusión 310 combina vídeo de la visualización multidimensional con una imagen reconstruida multidimensional ajustando las propiedades visuales de la visualización multidimensional para hacer que la visualización multidimensional se mezcle o fusione con la imagen reconstruida multidimensional. El ajuste de las propiedades visuales de la visualización multidimensional puede incluir: (a) aumentar la transparencia de una parte de una visualización multidimensional para que una imagen reconstruida multidimensional reemplace esa parte de la visualización multidimensional; y (b) ajustar las propiedades visuales, como ajustar el contraste y el enfoque o aplicar una función de ranura alrededor de los bordes o franjas donde la imagen reconstruida multidimensional limita con una visualización multidimensional. En algunos modos de realización, un dispositivo de sistema de guía de imagen ("IGS") registra el microscopio con el paciente y coloca el campo de visión del microscopio en los datos de escaneo de imágenes preoperatorias que pasan todas las coordenadas a nuestro dispositivo a través de la conexión Ethernet. En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 emplea algoritmos de visión artificial para identificar una estructura objetivo (tal como un tornillo especialmente marcado colocado en los huesos de la columna vertebral). La estructura objetivo puede registrarse intraoperatoriamente usando un dispositivo de imagen de brazo O o brazo C. Los datos de imágenes del brazo O o del brazo C se pueden comunicar a nuestro sistema y fusionarse con los datos preoperatorios y la vista quirúrgica en vivo.

En algunos modos de realización, el módulo de ajuste de profundidad de imagen reconstruida multidimensional 312 recibe solicitudes para mostrar una parte de una imagen reconstruida multidimensional que tiene una cierta profundidad. El módulo de ajuste de profundidad de imagen reconstruida multidimensional 312 puede permitir a un usuario aumentar o reducir la profundidad de la imagen reconstruida multidimensional actualmente visualizada.

En algunos modos de realización, el módulo de resaltado de imagen reconstruida multidimensional 314 resalta ciertas características o partes de la imagen reconstruida multidimensional visualizada. Dichas características o partes pueden incluir estructuras anatómicas internas como un aneurisma, un tumor o vasos sanguíneos.

En algunos modos de realización, el módulo de filtro de imagen reconstruida multidimensional 316 filtra o permite al usuario seleccionar y eliminar ciertos tipos de estructuras anatómicas de una imagen reconstruida multidimensional. Por ejemplo, en un modo de realización, el sistema de formación de imágenes 12 permite al usuario seleccionar para ver solo estructuras óseas, tejido cerebral, vasos sanguíneos, tumores o aneurismas. Dicha configuración permite a los usuarios enfocar la imagen reconstruida multidimensional en las estructuras anatómicas deseadas que son importantes para una cirugía.

Aunque lo anterior se ha demostrado utilizando el sistema de formación de imágenes 300, puede haber muchas alternativas, modificaciones y variaciones. Por ejemplo, algunos de los módulos del sistema de formación de imágenes pueden expandirse y/o combinarse. Además, en algunos modos de realización de ejemplo, las funciones proporcionadas por ciertos módulos pueden ser empleadas por un sistema de formación de imágenes separado operado por una entidad separada. En un ejemplo, el sistema de formación de imágenes 300 no incluye el sistema de base de datos 302. En este ejemplo, el sistema de formación de imágenes 300 puede configurarse para comunicarse con un sistema de base de datos separado que incluye los datos descritos en el sistema de base de datos 302 mostrado en la FIG. 3. Se pueden insertar otros sistemas a los mencionados anteriormente. Dependiendo del modo de realización, el sistema de base de datos 302, el sistema de generación de visualización multidimensional 304, el módulo de reconstrucción de imágenes multidimensionales 306, el módulo de generación de ventanas 308, el módulo de fusión 310, el módulo de ajuste de profundidad de imagen reconstruida multidimensional 312, el módulo de resaltado de imagen reconstruida multidimensional 314 y el módulo de filtro de imagen reconstruida multidimensional 316 pueden reemplazarse. Se encuentran más detalles de estos sistemas en toda la presente memoria descriptiva.

El sistema de formación de imágenes 300 puede procesar datos recibidos de otros dispositivos. Por ejemplo, otro dispositivo informático (por ejemplo, un ordenador personal) puede consultar datos del sistema de base de datos 302 para usarlos en un informe.

Numerosos modos de realización se describen en la presente solicitud, y se presentan solo con fines ilustrativos. Los modos de realización descritos no son, y no pretenden ser, limitantes en ningún sentido. La presente divulgación puede ser ampliamente aplicable a numerosos modos de realización, como se desprende fácilmente de la divulgación. Un experto en la técnica reconocerá que la divulgación se puede practicar con diversas modificaciones y alteraciones, tales como modificaciones estructurales, lógicas, de software y eléctricas. Aunque las

características particulares de la divulgación pueden describirse con referencia a uno o más modos de realización y/o dibujos particulares, debe entenderse que tales características no se limitan al uso en el uno o más modos de realización o dibujos particulares con referencia a los cuales se describen, a menos que se especifique expresamente lo contrario.

5 Como se ilustra en la FIG. 4, un diagrama de flujo de un proceso de ejemplo 400 incluye mostrar una parte de una imagen reconstruida multidimensional en una parte seleccionada de una visualización multidimensional de un sitio quirúrgico. Preferentemente, el proceso 400 está incorporado en uno o más programas de software que están almacenados en una o más memorias y ejecutados por uno o más procesadores. Aunque el proceso 400 se describe con referencia al diagrama de flujo ilustrado en la FIG. 4, debe apreciarse que pueden usarse muchos otros procedimientos para realizar los actos asociados con el proceso 400. Por ejemplo, se puede cambiar el orden de los pasos, algunos de los pasos descritos pueden ser opcionales y se pueden incluir pasos adicionales.

Más específicamente, como indica el bloque 402, el sistema de formación de imágenes 12 muestra una visualización multidimensional de un sitio quirúrgico. En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 incluye un sistema de visualización microquirúrgica estereoscópica (por ejemplo, una cámara o microscopio quirúrgico) para capturar la visualización multidimensional. La visualización multidimensional es preferentemente un vídeo 3D estereoscópico en tiempo real; sin embargo, puede ser 2D. Se prefiere el uso de una visualización en 3D, ya que proporciona muchos beneficios para un cirujano, incluida una visualización más efectiva y profundidad de campo. La visualización multidimensional puede denominarse vídeo en tiempo real.

Como se indica en el bloque 404, el sistema de formación de imágenes 12 puede generar una imagen reconstruida multidimensional basada en datos de imágenes. Los datos de imágenes pueden ser al menos uno de los datos preoperatorios e intraoperatorios. En un modo de realización de ejemplo, el sistema de formación de imágenes 12 genera una imagen 3D (o modelo) basada en cortes de imagen bidimensionales determinando la secuencia de las imágenes bidimensionales, identificando estructuras comunes entre las imágenes y formando las formas tridimensionales correspondientes. El sistema de formación de imágenes 12 puede generar la imagen reconstruida multidimensional en tiempo real a medida que se generan visualizaciones. La imagen reconstruida multidimensional puede ser al menos una de una imagen reconstruida multidimensional 3D, una imagen estereoscópica y una imagen "HD" de alta definición.

Como se indica en el bloque 406, el sistema de formación de imágenes 12 recibe una selección que corresponde a una parte de la visualización multidimensional visualizada del sitio quirúrgico. En un modo de realización de ejemplo, el sistema de formación de imágenes 12 recibe la selección basada en un usuario que opera con un dispositivo de entrada para seleccionar o colocar una ventana dentro de una parte de una visualización visualizada.

Como se indica en el bloque 408, en la parte seleccionada de la visualización multidimensional, el sistema de formación de imágenes 12 muestra una parte de la imagen reconstruida multidimensional.

Con referencia a la FIG. 5, esta vista frontal de un sistema de formación de imágenes de ejemplo en general muestra un ejemplo que ilustra una parte de una imagen reconstruida multidimensional de ejemplo que se fusiona con una visualización multidimensional de la cabeza de un paciente. En este modo de realización, el sistema de formación de imágenes 12 resalta una característica (es decir, un tumor cerebral) de la imagen reconstruida multidimensional. En este ejemplo, la mano del cirujano 505 agarra la herramienta de corte 507 para cortar el cráneo del paciente 532. Durante una operación para extirpar el tumor cerebral 530, el sistema de formación de imágenes 12 le permite al cirujano "ver" dónde está ubicado el tumor 530 en relación con la anatomía adyacente del paciente y en relación con las características de la cabeza del paciente que se muestran en la visualización 502.

En algunos modos de realización, en respuesta a una segunda selección que corresponde a una segunda parte de la visualización, el sistema de formación de imágenes 12 selecciona y muestra una segunda parte de la imagen reconstruida multidimensional en la segunda parte seleccionada de la visualización.

45 En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 muestra una segunda imagen reconstruida multidimensional basada en un cambio en una ubicación, tamaño o forma de la ventana.

En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 recibe una selección de solicitud que corresponde a una parte diferente de la visualización multidimensional. Por ejemplo, el sistema de formación de imágenes 12 puede recibir una selección basada en una selección de usuario de un botón de movimiento. Con referencia a la FIG. 5, el sistema de formación de imágenes 12 muestra los siguientes botones de movimiento: botón arriba 514, botón abajo 516, botón izquierdo 518 y botón derecho 520. En respuesta a un usuario que selecciona el botón hacia arriba 514, el sistema de formación de imágenes 12 permite al usuario hacer que la posición de la ventana 503 se mueva hacia arriba en relación con la visualización multidimensional mostrada 502. Debe apreciarse que cuando la ventana 503 se mueve con respecto a la visualización multidimensional 502, el sistema de formación de imágenes 12 muestra una parte diferente de la imagen reconstruida multidimensional. En respuesta a un usuario que selecciona el botón hacia abajo 516, el sistema de formación de imágenes 12 permite al usuario hacer que la posición de la ventana 503 se mueva hacia abajo en relación con la visualización multidimensional mostrada 502. En respuesta a un usuario que selecciona el botón izquierdo 518, el sistema de formación de imágenes 12 permite

al usuario hacer que la posición de la ventana 503 se mueva hacia la izquierda en relación con la visualización multidimensional visualizada 502. En respuesta a un usuario que selecciona el botón derecho 520, el sistema de formación de imágenes 12 permite al usuario hacer que la posición de la ventana 503 se mueva hacia la derecha en relación con la visualización multidimensional visualizada 502.

5 En algunos modos de realización, en respuesta a un cambio en la visualización multidimensional visualizada, el sistema de formación de imágenes 12 muestra una parte diferente de la imagen reconstruida multidimensional que corresponde a la visualización multidimensional modificada. El sistema de formación de imágenes 12 puede determinar un cambio en la visualización basado en al menos uno de: (a) selecciones del dispositivo de entrada 32; (b) indicaciones de un sistema de guía de imagen ("IGS") de que se ha movido un microscopio quirúrgico; (c) una
10 diferencia detectada entre una visualización actual y una visualización previa.

En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 permite a un usuario operar con un dispositivo de entrada para cambiar la escala de la imagen reconstruida multidimensional visualizada. Por ejemplo, haciendo referencia a la FIG. 5, en este modo de realización, el sistema de formación de imágenes 12 muestra el botón de aumento de escala 522 y el botón de reducción de escala 524. En respuesta a un usuario que selecciona el botón de aumento de escala 522, el sistema de formación de imágenes 12 permite al usuario causar un aumento
15 en el tamaño de visualización de al menos uno de: (a) la imagen reconstruida multidimensional visualizada; y (b) la visualización multidimensional mostrada. En respuesta a un usuario que selecciona el botón de reducción de escala 524, el sistema de formación de imágenes 12 permite al usuario causar una reducción en el tamaño de visualización de al menos uno de: (a) la imagen reconstruida multidimensional visualizada; y (b) la visualización multidimensional mostrada.
20

En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 muestra un medidor de profundidad que indica una profundidad asociada con la imagen reconstruida multidimensional actualmente visualizada. Como resultado, el sistema de formación de imágenes 12 permite al usuario ver una anatomía del paciente relativamente profunda antes de que pueda ver visualmente esta anatomía en la visualización multidimensional visualizada, a simple vista, o mediante una vista magnificada óptica a través de un microscopio o con lupas quirúrgicas. Con
25 referencia a la FIG. 5, en este ejemplo, el sistema de formación de imágenes 12 muestra el medidor de profundidad 506 que indica una coordenada de profundidad de la imagen reconstruida multidimensional actualmente visualizada. En este ejemplo, el medidor de profundidad 506 indica que la imagen reconstruida multidimensional que se muestra actualmente se está mostrando a un nivel de profundidad de 5 cm.

El sistema de formación de imágenes 12 también muestra el botón de aumento de profundidad 526 y el botón de reducción de profundidad 528. En respuesta a un usuario que selecciona el botón de aumento de profundidad 526, el sistema de formación de imágenes 12 permite al usuario causar un aumento en la profundidad de visualización de la imagen reconstruida multidimensional actualmente visualizada. Es decir, en respuesta a un usuario que selecciona el botón de aumento de profundidad 526, el sistema de formación de imágenes 12 muestra una parte
35 diferente de la imagen reconstruida multidimensional que tiene una profundidad aumentada. En respuesta a un usuario que selecciona el botón de reducción de profundidad 528, el sistema de formación de imágenes 12 permite al usuario causar una reducción en la profundidad de la imagen reconstruida multidimensional actualmente visualizada. Es decir, en respuesta a un usuario que selecciona el botón de reducción de profundidad 528, el sistema de formación de imágenes 12 muestra una parte diferente de la imagen reconstruida multidimensional que tiene una profundidad reducida.
40

En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 puede resaltar ciertas características o partes de la imagen reconstruida multidimensional visualizada. Dichas características o partes pueden incluir estructuras anatómicas internas como un aneurisma, un tumor o vasos sanguíneos. Por ejemplo, haciendo referencia a la FIG. 5, en este ejemplo, el sistema de formación de imágenes 12 destaca el tumor 530. Como resultado, en este ejemplo, el sistema de formación de imágenes 12 permite al cirujano "ver" dónde se encuentra el tumor 530 en relación con el tejido cerebral adyacente y en relación con las características de la cabeza del paciente que se muestran en la visualización 502. Dicha configuración permite llamar la atención sobre importantes
45 estructuras anatómicas dentro de la imagen reconstruida multidimensional.

Tales características o partes pueden destacarse de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, un tumor puede resaltarse con pseudo colores como el púrpura y los vasos sanguíneos pueden resaltarse con un segundo color diferente.
50

La anatomía resaltada puede seleccionarse manual o automáticamente antes de la operación en los datos de formación de imágenes o seleccionarse intraoperatoriamente en la vista quirúrgica en vivo basándose en criterios específicos en la imagen o los datos. Por ejemplo, el software puede seleccionar un rango específico de Unidades Hounsfield o densidades de TC para identificar un tumor o aneurisma con calcificación como la anatomía resaltada.
55

En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes invierte la modalidad de superposición/subcapa de imagen. En el uso típico, la "ventana de rayos X" abrirá una vista que subyace a la vista quirúrgica en vivo y muestra una pequeña parte de la reconstrucción multidimensional dentro de los límites de la visualización multidimensional quirúrgica en vivo.

Con referencia a la FIG. 5, en este modo de realización de ejemplo, la parte de la imagen reconstruida multidimensional 504 que se visualiza dentro de la ventana 503 se visualiza como subyacente con respecto a la visualización multidimensional visualizada 502. Es decir, en este ejemplo, si el cirujano moviera su pulgar 505 sobre la parte actualmente visualizada de la imagen reconstruida multidimensional 504, el pulgar del cirujano bloquearía la vista de la imagen reconstruida multidimensional actualmente mostrada.

La FIG. 6 ilustra otro ejemplo de modo de realización de un sistema de formación de imágenes 12, que ilustra la imagen reconstruida multidimensional 602 que se visualiza como subyacente con respecto a la visualización multidimensional visualizada 604. Es decir, el pulgar del cirujano bloquea la vista de la imagen reconstruida multidimensional 602.

En un modo de realización alternativa, la parte de la imagen reconstruida multidimensional que se muestra dentro de la ventana puede mostrarse como superpuesta con respecto a la visualización multidimensional mostrada. Por ejemplo, haciendo referencia a la FIG. 7, la parte de la imagen reconstruida multidimensional 702 se coloca sobre el pulgar 505 del cirujano y se muestra como superpuesta con respecto a la visualización multidimensional 704. Es decir, a diferencia de la imagen reconstruida multidimensional que se muestra en la FIG. 5, el pulgar no bloquea la vista de la imagen reconstruida multidimensional.

El sistema de formación de imágenes 12 puede fusionar o mezclar la parte de la imagen reconstruida multidimensional con la visualización multidimensional de cualquier manera adecuada. En un modo de realización de ejemplo, el sistema de formación de imágenes 12 fusiona la imagen reconstruida multidimensional con la visualización multidimensional de un sitio objetivo mediante el uso del seguimiento visual y el registro de características físicas en la visualización multidimensional con las características correspondientes en la imagen reconstruida multidimensional. En otro modo de realización de ejemplo, el sistema de formación de imágenes 12 puede orientar una imagen reconstruida multidimensional con una visualización multidimensional de un sitio quirúrgico haciendo coincidir las coordenadas de seguimiento de la visualización multidimensional con las coordenadas asignadas a los datos de imágenes. En algunos modos de realización, un sistema de guía de imagen ("IGS") genera las coordenadas. El sistema de guía de imagen puede incluir el sistema Medtronic® STEALTHSTATION® o BRAINLAB® KOLIBRI™. En un modo de realización de ejemplo, el sistema de formación de imágenes 12 hace coincidir las características físicas identificadas de una cabeza (por ejemplo, estructura ósea del cerebro o vasos sanguíneos del cerebro) con las características correspondientes de la imagen reconstruida multidimensional. En este ejemplo, el sistema de formación de imágenes 12 puede hacer coincidir los patrones de los vasos sanguíneos y el tejido cerebral con los patrones y características correspondientes en la imagen reconstruida multidimensional. En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 fusiona una parte de la imagen reconstruida multidimensional basándose en una orientación del sitio quirúrgico que se muestra en la visualización visualizada. En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 fusiona una parte de la imagen reconstruida multidimensional con una visualización visualizada mediante al menos uno de los sistemas siguientes: (a) ajustar transparencias de la visualización y transparencias de la imagen reconstruida multidimensional; (b) suavizar los bordes entre la imagen reconstruida multidimensional y la visualización visualizada; y (c) agregar la parte de la imagen reconstruida multidimensional a una señal de vídeo con ubicación determinada por un sistema IGS; (d) analizar una señal de vídeo para determinar la ubicación y la apariencia para colocar una parte de la reconstrucción multidimensional como una imagen gráfica dentro de la visualización.

En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 permite a un usuario manipular un dispositivo de entrada para cambiar la orientación de la imagen reconstruida multidimensional visualizada. En un modo de realización de ejemplo, el sistema de formación de imágenes 12 permite al usuario hacer clic en los botones de la pantalla para mover la posición de la imagen reconstruida multidimensional en coordenadas cartesianas. En este ejemplo, los botones se pueden etiquetar adecuadamente y permiten el movimiento de entrada y salida a lo largo de los ejes x, y y z para la posición, así como la alineación angular conocida como rotación de balanceo, inclinación y giro a lo largo de los ejes x, y y z. El sistema de formación de imágenes 12 puede expresar la información de posición de cualquier manera adecuada, como coordenadas cilíndricas (también conocidas como polares), coordenadas esféricas (también conocidas como radiales) u otros sistemas de coordenadas.

En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 puede permitir a un usuario ajustar la imagen reconstruida multidimensional. Por ejemplo, en un modo de realización, el sistema de formación de imágenes 12 permite a un usuario agarrar un control de joystick (por ejemplo, un LOGITECH® SPACE NAVIGATOR®) para ajustar los seis grados de libertad que posicionan la imagen reconstruida multidimensional en relación con la visualización multidimensional.

En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 permite al usuario mover una imagen reconstruida multidimensional visualizada basándose en cambios físicos en la anatomía de un paciente realizada durante la cirugía. Por ejemplo, un cirujano puede mover la ubicación de un vaso sanguíneo en una imagen reconstruida multidimensional seleccionando y moviendo la representación gráfica del vaso sanguíneo en una pantalla de la imagen reconstruida multidimensional después de que un vaso sanguíneo se haya movido físicamente en el paciente. Dicha configuración permite que el sistema de formación de imágenes mantenga una representación precisa de la estructura anatómica del paciente durante la cirugía.

En algunos modos de realización alternativos, el sistema de formación de imágenes 12 muestra la visualización multidimensional como superpuesta sobre una parte de la imagen reconstruida multidimensional. En un modo de realización de ejemplo, una vista en vivo de una craneotomía de tres pulgadas se superpone en el escaneo general mediante MRI de la cabeza de un paciente.

5 En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 determina qué parte de la imagen reconstruida multidimensional mostrar basándose en las coordenadas de una selección correspondiente a una ventana. En un modo de realización de ejemplo, el sistema de formación de imágenes 12 permite a un usuario generar, colocar o mover una ventana en la visualización visualizada. En este ejemplo, el sistema de formación de imágenes 12 determina qué parte de la imagen reconstruida multidimensional corresponde a la selección recibida
10 basándose en la ventana generada.

En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 mueve la ventana en respuesta a un usuario que opera con un dispositivo de entrada y hace clic y arrastra la ventana.

En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 permite a un usuario dibujar la forma de la ventana usando el dispositivo de entrada 32.

15 En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 permite a un usuario configurar la ventana para permanecer sobre una característica específica tal como un tumor. Es decir, la ventana puede estar "bloqueada" en la característica. Dicha configuración permite al usuario saber constantemente dónde se encuentra la característica durante una cirugía.

20 En un modo de realización de ejemplo, el sistema de formación de imágenes 12 permite a un usuario configurar el dispositivo de visualización para mostrar constantemente una distancia designada (por ejemplo, diez milímetros) por delante de una visualización multidimensional visualizada actualmente. Dicha configuración permite al cirujano ver gráficamente a qué estructura anatómica se acercan sus herramientas quirúrgicas. En este ejemplo, a medida que un usuario se traslada a un cuerpo, el sistema de formación de imágenes 12 actualiza la imagen reconstruida multidimensional visualizada para mostrar estructuras anatómicas que están constantemente a cierta distancia
25 especificada por delante.

30 En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 permite a los cirujanos usar un control deslizante o desplazamiento para moverse visualmente a través de diferentes capas o profundidades de una imagen reconstruida multidimensional. Dicha configuración permite al cirujano "ver" estructuras anatómicas relativamente profundas mucho antes de que un cirujano haya alcanzado físicamente esas estructuras. Esta configuración también permite que un cirujano se deslice funcionalmente a través de diferentes capas para determinar qué estructura anatómica se encuentra entre las herramientas quirúrgicas y una anatomía objetivo.

35 En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 permite a un usuario controlar la profundidad del lado posterior de la imagen reconstruida multidimensional. Por ejemplo, si un tumor se encuentra cerca del cráneo, el usuario puede desear ver la extensión completa del tumor en la reconstrucción multidimensional, pero no ver el hueso denso del cráneo que está justo detrás del tumor. En este caso, el usuario puede desplazar el límite posterior de la reconstrucción multidimensional hacia adelante hasta que el cráneo ya no se vea en la reconstrucción multidimensional

40 En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 muestra automáticamente una parte de una imagen reconstruida multidimensional que tiene la misma profundidad que la visualización multidimensional actualmente visualizada de un sitio quirúrgico objetivo.

En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 permite a un usuario recorrer partes de imágenes reconstruidas multidimensionales hasta que se visualice la profundidad deseada. En algunos casos, el sistema de formación de imágenes 12 actualiza una imagen renderizada mostrada a medida que el usuario se desplaza a través de diferentes profundidades.

45 En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 permite a un usuario establecer qué parte de la imagen reconstruida multidimensional se muestra basándose en la información de profundidad. Por ejemplo, en un modo de realización en la que un cirujano está cortando el cerebro de un paciente, el sistema de formación de imágenes 12 puede recibir una solicitud de un cirujano para mostrar una imagen reconstruida en 3D correspondiente a quince mm por delante de donde se encuentra actualmente el bisturí del cirujano. En respuesta a dicha solicitud, el sistema de formación de imágenes 12 puede determinar las coordenadas de la visualización multidimensional visualizada actualmente y a continuación mostrar una parte de los datos de imágenes reconstruidas multidimensionales que corresponde a quince mm por delante de las coordenadas determinadas. En este ejemplo, a medida que la herramienta quirúrgica se profundiza, el sistema de formación de imágenes 12 actualiza automáticamente la parte visualizada de la imagen reconstruida multidimensional para mostrar la parte de
50 la imagen reconstruida multidimensional que está quince mm antes de la cirugía.
55

En un modo de realización de ejemplo, el sistema de formación de imágenes 12 permite a un usuario determinar el grosor de una visualización multidimensional que se superpone en una vista en vivo. Por ejemplo, el usuario puede

no querer ver desde quince mm más adelante hasta el otro lado del cráneo. El cirujano puede preferir ver solo desde quince mm más adelante hasta que lleguen al sitio del estado de la enfermedad, como un aneurisma. En este caso, el sistema de formación de imágenes 12 puede permitir al usuario seleccionar los planos de recorte cercanos y lejanos dentro de los datos de imágenes reconstruidas multidimensionales.

5 En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 filtra o permite a un usuario seleccionar y eliminar ciertos tipos de estructuras anatómicas de una imagen reconstruida multidimensional. Por ejemplo, en un modo de realización, el sistema de formación de imágenes 12 permite al usuario seleccionar para ver solo estructuras óseas, tejido cerebral, vasos sanguíneos, tumores o aneurismas. Dicha configuración permite a los usuarios enfocar la imagen reconstruida multidimensional en las estructuras anatómicas deseadas que son importantes para una cirugía.

En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 ajusta la transparencia de una imagen reconstruida multidimensional visualizada para que se pueda ver una estructura anatómica resaltada a través de diferentes capas de la imagen reconstruida multidimensional.

15 En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 permite a un usuario mover o manipular objetos o estructuras (por ejemplo, un vaso sanguíneo o tejido) de una imagen reconstruida multidimensional visualizada para reflejar el movimiento real dentro de la anatomía de un paciente.

En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 muestra anotaciones asociadas con una imagen reconstruida multidimensional. En un modo de realización de ejemplo, antes de la cirugía, un cirujano puede unir electrónicamente anotaciones a o en al menos una imagen preoperatoria. En este ejemplo, el sistema de formación de imágenes 12 almacena las anotaciones y la ubicación de la notación en asociación con la imagen reconstruida multidimensional de manera que la notación se visualiza junto con la imagen reconstruida multidimensional.

25 En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 permite a un usuario asociar una nota quirúrgica con una parte específica de datos de imágenes o una parte específica de una imagen reconstruida multidimensional. En un modo de realización de ejemplo, en respuesta a un usuario que selecciona ciertas partes de una visualización multidimensional visualizada, ciertas notas que se han asociado (por ejemplo, adjuntas) con dichas partes seleccionadas se muestran simultáneamente con la parte visualizada de la imagen reconstruida multidimensional.

30 En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 permite al usuario dibujar una trayectoria de ruta a través de una imagen reconstruida multidimensional o una serie de imágenes preoperatorias para herramientas quirúrgicas como parte de un plan preoperatorio. El sistema de formación de imágenes 12 puede mostrar esta ruta en la parte visualizada de la imagen reconstruida multidimensional junto con una visualización multidimensional de un sitio quirúrgico.

35 En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 actualiza qué parte de la ruta se visualiza para coincidir con la visualización multidimensional visualizada actualmente. Como resultado, el sistema de formación de imágenes 12 muestra rutas quirúrgicas junto con una parte de una imagen reconstruida multidimensional y una visualización multidimensional de un sitio quirúrgico.

40 En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 puede permitir a un usuario controlar o ajustar las características de visualización de al menos una de la imagen reconstruida multidimensional y la visualización multidimensional. Las características de visualización pueden incluir al menos una de color, saturación, tono, luminosidad, contraste, brillo, gamma y/o cualquier otra característica de visualización.

45 Entre los datos de imágenes puede incluirse cualquier tipo de datos adecuado. Los datos de imágenes corresponden preferentemente a un área quirúrgica de un paciente. Entre los datos de imágenes puede incluirse al menos uno de: datos de imágenes preoperatorios; datos de imágenes intraoperatorios; datos de escaneo; cualquier vídeo, imagen o estructura de datos que incluya información médica obtenida mediante, por ejemplo, un escaneo mediante tomografía computarizada ("CT"), un escaneo mediante angiografía por tomografía computarizada ("CT-A"), un escaneo de formación de imágenes mediante resonancia magnética ("MRI"), un escaneo mediante tomografía por emisión de positrones ("PET") o cualquier otro tipo de escaneo médico o formación de imágenes; datos de imágenes en 2D; datos de imágenes en 3D; y cualquier secuencia o vídeo de imágenes médicas que cumplan, por ejemplo, con el estándar Digital Imaging and Communications in Medicine ("DICOM").

50 Los datos de imágenes pueden corresponder a escaneos secuenciales de diferentes profundidades de la anatomía de un paciente.

55 Los datos de imágenes pueden generarse o recibirse desde cualquier dispositivo adecuado. En algunos modos de realización, los datos de imágenes se reciben de una máquina de formación de imágenes médicas a través de un sistema de información hospitalaria. En algunos modos de realización, los datos de imágenes se reciben de otro servidor u otro ordenador.

El sistema de formación de imágenes 12 puede generar la imagen reconstruida multidimensional basándose en cualquier procedimiento adecuado. Por ejemplo, en un modo de realización, el sistema de formación de imágenes 12 genera una imagen reconstruida en 3D basada en datos de imágenes usando una construcción de imágenes basada en vectores. La construcción de imágenes basadas en vectores puede mezclar las características de imagen de imágenes médicas preoperatorias bidimensionales ("2D") adyacentes en formas y estructuras 3D. En otro modo de realización, el sistema de formación de imágenes 12 genera una imagen reconstruida en 3D basada en datos de imágenes volumétrica. Los datos de imágenes volumétricas pueden contener múltiples valores que definen la imagen en cada punto del espacio (conocido como vóxel). Los valores en cada vóxel pueden incluir una densidad (como unidades Hounsfield) u otro parámetro de intensidad. Los filtros (definidos anteriormente) pueden usar estos datos de vóxel directamente o utilizar una manipulación matemática de los datos de vóxel, como el gradiente de densidad para definir los tejidos de interés.

Debe apreciarse que los sistemas y procedimientos divulgados en el presente documento pueden proporcionar una guía efectiva para un usuario a lo largo de un procedimiento quirúrgico. Al permitir que un usuario vea una representación gráfica de lo que está a punto de cortar antes de cortarlo, el sistema de formación de imágenes 12 le brinda al usuario una mejor idea de hacia dónde se dirige y qué debe evitar al llegar allí. Las configuraciones descritas en el presente documento permiten a los cirujanos "ver" la estructura anatómica debajo de una visualización visualizada antes de llegar físicamente a ese punto. El sistema de formación de imágenes 12 proporciona a los cirujanos un tipo de visión de "rayos X" dentro de la anatomía de una patente en forma de una imagen reconstruida multidimensional que se muestra como si estuviera fusionada con una visualización multidimensional en tiempo real. En otras palabras, dicha configuración proporciona a los cirujanos un tipo de visión de rayos X para "ver" capas variables de la anatomía de un paciente en relación con una visualización multidimensional actualmente visualizada sin tener que exponer físicamente esas capas.

Debe apreciarse que, en algunos modos de realización, los sistemas y procedimientos divulgados en el presente documento pueden permitir que un cirujano visualice cómodamente un procedimiento quirúrgico en un dispositivo de visualización en lugar de mirar, en algunos casos, durante varias horas a través de los oculares de un microscopio quirúrgico. Esto se debe a que las visualizaciones en tiempo real de los sistemas y procedimientos permiten que la cirugía se lleve a cabo en cómodas posiciones para sentarse o pararse sin sacrificar una visualización completa y precisa del campo quirúrgico objetivo. Tradicionalmente, el cirujano principal y cualquier cirujano asistente deben mirar físicamente a través de los oculares del microscopio, posicionándose en posiciones rígidas y con frecuencia incómodas. Al ver la cirugía en una pantalla, un cirujano es libre de sentarse cómodamente y mover fácilmente el cuello, la espalda y los hombros para permanecer relajado y ergonómicamente ubicado. Estas capacidades pueden ser ideales para un cirujano y un equipo quirúrgico que trabajen muchas horas. Trabajar tantas horas bajo luces brillantes que generan calor intenso para visualizar el área quirúrgica objetivo, como es comúnmente el caso en muchos procedimientos quirúrgicos conocidos, puede causar molestias y fatiga al cirujano previamente inevitables. Además, no es raro que un cirujano use varias capas de ropa junto con barreras quirúrgicas, incluidos guantes, barreras faciales, gafas, sombreros y abrigos, por nombrar algunos, durante un procedimiento quirúrgico dado, lo cual contribuye aún más a la incomodidad y fatiga. Del mismo modo, no es raro que un cirujano mire hacia otro lado del sitio quirúrgico objetivo para cambiar o mover el equipo, mirar otro equipo como IGS y/o monitores de signos vitales del paciente, para tomar un descanso mental o comunicarse con un equipo quirúrgico o estudiantes. Al mirar hacia atrás en el sitio quirúrgico objetivo tradicional, el cirujano tendría que esperar brevemente para permitir que sus ojos se ajusten a la iluminación normal de alta intensidad en los oculares, causando retardos en el procedimiento. Los sistemas y procedimientos de la presente invención pueden eliminar este problema proporcionando una pantalla que se ajuste al archivo visual normal del cirujano.

Aún más, los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento permiten que un equipo quirúrgico se coloque en el lugar más apropiado para la cirugía, no necesariamente donde lo dictan las sombras. Además, los sistemas y procedimientos proporcionan un entorno ideal para que los estudiantes observen un procedimiento en posiciones cómodas, especialmente cuando se usan con pantallas múltiples o con una pantalla grande, como una pantalla de proyección.

Por lo tanto, el sistema de formación de imágenes 12 proporciona una guía interna multidimensional en lugar de solo una guía de superficie. Como resultado, el sistema de formación de imágenes 12 puede reducir el tiempo de cirugía, reducir el trauma de la cirugía y puede proporcionar una mejor cirugía con menos complicaciones. Además, el sistema de formación de imágenes puede eliminar la necesidad de algunas sondas de visualización o cámaras en áreas delicadas o de difícil acceso.

En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 es un dispositivo único. En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 está configurado para ser adaptado en equipos quirúrgicos existentes tales como microscopios quirúrgicos o un aparato de cirugía abierta. Esto puede ser ventajoso ya que los modos de realización de retroadaptación pueden agregarse a los sistemas existentes (por ejemplo, microscopios e IGS), lo cual permite actualizar equipos costosos en lugar de comprar un sistema completamente nuevo. Un ejemplo de sistema de formación de imágenes 12 puede incluir diversos sistemas de aumento óptico o electrónico, incluidos estereomicroscopios, o puede funcionar como un aparato de cirugía abierta que utiliza cámaras y visualizaciones aéreas con o sin aumento.

La FIG. 8 ilustra un ejemplo de modo de realización en el que un sistema de formación de imágenes de ejemplo se adapta a un microscopio quirúrgico. Más específicamente, el microscopio quirúrgico 802 se adapta con el sistema de formación de imágenes 804. En este modo de realización de ejemplo, el sistema de formación de imágenes 804 está acoplado al primer puerto ocular 806 en el puente ocular 808. Además, el puente ocular 808 acopla la cámara de vídeo 810 a un segundo puerto ocular (no mostrado) y el ocular binocular 812 al tercer puerto ocular 814. El cuarto puerto ocular 816 está disponible para modificaciones posteriores al microscopio quirúrgico 802. Aunque el microscopio quirúrgico 802 se ha modernizado con el sistema de formación de imágenes 804, aún conserva el uso de controles y características convencionales tales como, entre otras, la perilla de ajuste del iris 818, la primera perilla de ajuste 820, la segunda perilla de ajuste 822, la perilla de control de iluminación 824, y una lente objetivo (no se muestra). Aún más, el sistema de formación de imágenes 804 puede enviar y recibir información a través del cable de señal 826.

El sistema de formación de imágenes, los aparatos de imagen y los procedimientos de imagen de la presente invención pueden ser aplicables a cualquier forma de cirugía, como cirugía cerebral, cirugía de columna, cirugía oftalmológica, trasplantes de córnea, neurocirugía, cirugía ortopédica, cirugía de oído, nariz y garganta, plásticos y cirugía reconstructiva, o cirugía general en cualquier estructura o tejido objetivo.

Como se analizó anteriormente, en algunos modos de realización, los sistemas de pantalla táctil pueden usarse para manipular imágenes y reconstrucciones. En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 permite a un usuario operar con un dispositivo de entrada (por ejemplo, un ratón 3D como el SPACE NAVIGATOR®) para colocar plantillas, imágenes y referencias dentro de la imagen reconstruida multidimensional. En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 incluye un interruptor de pie o una palanca para colocar plantillas, imágenes y referencias. Dicha configuración permite al usuario manipular imágenes reconstruidas multidimensionales sin quitar los ojos de la visualización de un procedimiento quirúrgico, lo cual mejora el rendimiento y la seguridad.

En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 incluye un sistema de control activado por voz. Dicha configuración permite al usuario controlar la modificación y alineación de imágenes reconstruidas multidimensionales junto con una visualización multidimensional de un sitio quirúrgico como si estuviera hablando con un asistente o un miembro del equipo quirúrgico. Los controles activados por voz pueden incluir un micrófono y un segundo procesador de datos o software para interpretar los comandos de voz orales.

En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 incluye un dispositivo de reconocimiento de gestos configurado para permitir que un usuario use comandos de gestos para controlar imágenes reconstruidas multidimensionales fusionadas con una visualización de un sitio quirúrgico. El dispositivo de reconocimiento de gestos puede incluir una cámara para supervisar y rastrear los gestos del usuario controlador y, opcionalmente, un segundo procesador de datos o software para interpretar los comandos.

En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 implementa la calibración de la cámara en uno o más fotosensores para identificar los parámetros típicamente utilizados para la rectificación de imágenes, los puntos principales de la cámara incluyen: (a) posición en x, y, z; (b) orientación rotacional en ángulos phi, theta, psi; (c) distancia focal y aumento/campo de visión; y (d) parámetros de distorsión que pueden caracterizar aberraciones ópticas que incluyen cualquiera o todos los siguientes: desenfoque, pistón, inclinación, desviación, astigmatismo, coma u otras aberraciones de orden superior o aberraciones cromáticas. Una vez caracterizado, el sistema de formación de imágenes 12 puede aplicar correcciones a la señal de vídeo, lo cual da como resultado en una visualización ortoscópica o rectilínea de la cirugía.

En algunos modos de realización, el sistema de formación de imágenes 12 emplea parámetros de calibración de la cámara para aplicar la distorsión óptica que está presente en la señal de vídeo a la reconstrucción de tal manera que la representación final de los datos preoperatorios refleje la misma distorsión y aberraciones presentes en la señal de vídeo. Al hacer coincidir los parámetros de iluminación, geometría y distorsión entre la señal de vídeo en vivo y la reconstrucción en 3D, la imagen gráfica reconstruida multidimensional coincidirá de forma más precisa con la vista en vivo de la vista quirúrgica y brindará al cirujano la guía de navegación más precisa durante el procedimiento.

La FIG. 9 es un diagrama de bloques de una arquitectura de datos de ejemplo 900. En este modo de realización de ejemplo, los datos de interfaz 902, los datos administrativos 904 y los datos 906 interactúan entre sí, por ejemplo, basándose en comandos o solicitudes del usuario. Los datos de interfaz 902, los datos administrativos 904 y los datos 906 pueden almacenarse en cualquier medio de almacenamiento adecuado (por ejemplo, el sistema de base de datos 302 y/o el servidor 14). Debe apreciarse que diferentes tipos de datos pueden usar diferentes formatos de datos, mecanismos de almacenamiento, etc. Además, varias aplicaciones pueden estar asociadas con el procesamiento de datos de interfaz 902, datos administrativos 904 y datos 906. Se pueden incluir varios tipos de datos diferentes o distintos en la arquitectura de datos 900 de ejemplo.

Los datos de interfaz 902 pueden incluir datos de entrada y salida de varios tipos. Por ejemplo, los datos de entrada pueden incluir datos de clic del ratón, datos de desplazamiento, datos de movimiento, datos de teclado, datos de pantalla táctil, datos de reconocimiento de voz, etc., mientras que los datos de salida pueden incluir datos de

imágenes, datos de texto, datos de vídeo, datos de audio, etc. Los datos de interfaz 902 pueden incluir formateo, opciones de interfaz de usuario, enlaces o acceso a otros sitios web o aplicaciones, y similares. Los datos de interfaz 902 pueden incluir aplicaciones utilizadas para proporcionar o supervisar actividades de interfaz y manejar datos de entrada y salida.

5 Los datos administrativos 904 pueden incluir datos y aplicaciones con respecto a cuentas de usuario. Por ejemplo, los datos administrativos 904 pueden incluir información utilizada para actualizar cuentas, como crear o modificar cuentas de usuario y/o cuentas de dispositivo principal. Además, los datos administrativos 904 pueden incluir datos de acceso y/o datos de seguridad. Los datos administrativos 904 pueden incluir un acuerdo de términos de servicio. Los datos administrativos 904 pueden interactuar con los datos de interfaz 902 de varias maneras, proporcionando
10 datos de interfaz 902 con características administrativas, tales como implementar un inicio de sesión de usuario y similares.

Los datos 906 pueden incluir, por ejemplo, datos de visualización multidimensional 908, datos de imágenes reconstruidas multidimensionales 910, datos de selección 912, datos de ventana 914 y datos de imágenes 916.

15 Los datos de visualización multidimensional 908 pueden incluir datos representativos de al menos uno de: un sitio quirúrgico, una visualización 3D de un sitio quirúrgico, una visualización 2D de un sitio quirúrgico y datos en tiempo real.

20 Los datos de imágenes reconstruidas multidimensionales 910 pueden incluir datos representativos de al menos uno de: datos de características, datos de tumores cerebrales, datos de tejido cerebral, datos de estructura ósea, datos de aneurisma, datos de vasos sanguíneos, datos de vertebrados, datos de coordenadas, datos de profundidad, datos de distancia y datos de transparencia.

Los datos de selección 912 pueden incluir datos representativos de al menos uno de: una parte de una visualización multidimensional.

Los datos de ventana 914 pueden incluir datos representativos de datos de posición.

25 Los datos de imágenes 916 pueden incluir datos representativos de al menos uno de: datos de imágenes preoperatorios, datos de imágenes intraoperatorios, datos de escaneo médico y datos de corte de imagen.

30 El sistema de formación de imágenes puede incluir componentes de los sistemas de visualización 3D HD en tiempo real de los solicitantes TrueVision Systems, Inc. descritos en las solicitudes en trámite del solicitante en los Estados Unidos: Ser. n.º 11/256 497 titulada "Dispositivo de adquisición de imagen estereoscópica", presentada el 21 de octubre de 2005; n.º de serie 11/668 400 titulada "Estación de trabajo de microscopio electrónico estereoscópico", presentada el 29 de enero de 2007; n.º de serie 11/668 420 titulada "Estación de trabajo de microscopio electrónico estereoscópico", presentada el 29 de enero de 2007; n.º de serie 11/739 042 titulada "Sistema y carro de exhibición estereoscópica", presentada el 23 de abril de 2007; n.º de serie 61/042 606 titulada "Aparatos y procedimientos para realizar procedimientos mejorados dirigidos visualmente en condiciones de poca luz ambiental", presentada el 4 de abril de 2008.

35 "Tiempo real", como se usa en el presente documento, en general se refiere a la actualización de información esencialmente a la misma velocidad con la que se reciben los datos. Más específicamente, "en tiempo real" pretende significar que los datos de imágenes se adquieren, procesan y transmiten desde el fotosensor del sistema de generación de visualización a una velocidad de datos lo suficientemente alta y con un retardo de tiempo lo suficientemente bajo como para que cuando se muestren los datos, los objetos presentados en la visualización se
40 muevan sin problemas sin vibración, latencia ni retardo perceptibles por el usuario. Típicamente, esto ocurre cuando se adquieren, procesan y transmiten nuevas imágenes a una velocidad de al menos aproximadamente 30 cuadros por segundo ("fps") y se muestran a una velocidad de al menos aproximadamente 60 fps y cuando el procesamiento combinado de la señal de vídeo tiene no más de aproximadamente 1/10 de un segundo de retardo.

45 En algunos modos de realización, las nuevas imágenes se adquieren, procesan y transmiten a una velocidad de al menos aproximadamente 24 fps, aproximadamente 30 fps, aproximadamente 35 fps, aproximadamente 40 fps, aproximadamente 50 fps, aproximadamente 60 fps, aproximadamente 70 fps, aproximadamente 80 fps, aproximadamente 90 fps o aproximadamente 120 fps. Además, las nuevas imágenes se muestran a una velocidad de al menos aproximadamente 60 fps, aproximadamente 70 fps, aproximadamente 80 fps, aproximadamente 90 fps o aproximadamente 120 fps. El procesamiento de la señal puede tener no más de aproximadamente 1/20 de
50 segundo de retardo, aproximadamente 1/30 de segundo de retardo, aproximadamente 1/50 de segundo de retardo, aproximadamente 1/90 de segundo de retardo, aproximadamente 1/120 de segundo de retardo, aproximadamente 1/500 de segundo de retardo, o aproximadamente 1/1000 de segundo de retardo o más.

55 El término "alta definición" o "HD" tal como se usa en el presente documento puede abarcar una señal de vídeo que tiene una resolución de al menos 960 líneas por 720 líneas y que en general tiene una resolución más alta que un vídeo de definición estándar (SD). Para los propósitos de la presente divulgación, esto se puede lograr con resoluciones de visualización de 1280 líneas por 720 líneas (720p y 720i) o 1920 líneas por 1080 líneas (1080p o 1080i). En contraste, el vídeo de definición estándar (SD) típicamente tiene una resolución de 640 líneas por 480

líneas (480i o 480p) o menos. Sin embargo, está dentro del alcance de la presente divulgación que la visualización multidimensional puede estar en SD, aunque se prefiere HD. Otras implementaciones que utilizan pantallas 4k con una resolución de hasta 4096 por 2160, pantallas 8k con una resolución de hasta 7680 por 4320 están dentro del alcance de la invención.

5 A menos que se indique lo contrario, todos los números que expresan cantidades de ingredientes, propiedades tales como peso molecular, condiciones de reacción, etc., utilizados en la especificación y las reivindicaciones deben entenderse modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". Por consiguiente, a menos que se indique lo contrario, los parámetros numéricos establecidos en la especificación y las reivindicaciones adjuntas son aproximaciones que pueden variar dependiendo de las propiedades deseadas que se pretenden obtener mediante
10 la presente divulgación. Como mínimo, y no como un intento de limitar la aplicación de la doctrina de los equivalentes al alcance de las reivindicaciones, cada parámetro numérico debe al menos interpretarse a la luz del número de dígitos significativos comunicados y mediante la aplicación de técnicas de redondeo ordinarias. A pesar de que los rangos numéricos y los parámetros que establecen el amplio alcance de la divulgación son aproximaciones, los valores numéricos establecidos en los ejemplos específicos se informan con la mayor precisión posible. Sin embargo, cualquier valor numérico contiene inherentemente ciertos errores que se obtienen
15 necesariamente como resultado de la desviación estándar encontrada en sus respectivas mediciones de prueba.

Los términos "un", "una", "unos", "unas", "el", "la", "los", "las" y referentes similares utilizados en el contexto de la descripción de la divulgación (especialmente en el contexto de las siguientes reivindicaciones) deben interpretarse para cubrir tanto el singular como el plural, a menos que se indique lo contrario en el presente documento o
20 claramente sea contradicho por el contexto. La recitación de rangos de valores en el presente documento solo pretende servir como un procedimiento abreviado para referirse individualmente a cada valor separado que se encuentre dentro del rango. A menos que se indique lo contrario en el presente documento, cada valor individual se incorpora a la especificación como si se mencionara individualmente en el presente documento. Todos los procedimientos descritos en el presente documento pueden realizarse en cualquier orden adecuado a menos que se indique lo contrario en el presente documento o que sea contradicho claramente por el contexto. El uso de
25 cualquiera y todos los ejemplos, o lenguaje a modo de ejemplo (por ejemplo, "tal como") provisto en el presente documento tiene la intención de iluminar mejor la divulgación y no plantea una limitación en el alcance de la divulgación reivindicada de otro modo. Ningún lenguaje en la especificación debe interpretarse como que indica algún elemento no reivindicado esencial para la práctica de la divulgación.

30 Las agrupaciones de elementos o modos de realización alternativos de la divulgación divulgada en el presente documento no deben interpretarse como limitaciones. Puede hacerse referencia a cada miembro del grupo y puede reclamarse individualmente o en cualquier combinación con otros miembros del grupo u otros elementos encontrados en el presente documento. Se anticipa que al menos un miembro de un grupo puede ser incluido o eliminado de un grupo por razones de conveniencia y/o patentabilidad. Cuando se produce dicha inclusión o
35 eliminación, se considera que la especificación contiene el grupo modificado, cumpliendo así la descripción escrita de todos los grupos Markush utilizados en las reivindicaciones adjuntas.

Ciertos modos de realización de esta divulgación se describen en el presente documento, incluido el mejor modo conocido por los inventores para llevar a cabo la divulgación. Por supuesto, las variaciones en estos modos de realización descritos serán evidentes para los expertos en la técnica al leer la descripción anterior. Los inventores
40 esperan que los artesanos expertos empleen tales variaciones según sea apropiado, y los inventores tienen la intención de que la divulgación se practique de otra manera que la específicamente descrita en el presente documento. En consecuencia, esta divulgación incluye todas las modificaciones y equivalentes de la materia mencionada en las reivindicaciones adjuntas a la misma según lo permitido por la ley aplicable. Además, cualquier combinación de los elementos descritos anteriormente en todas las variaciones posibles de los mismos está incluida en la divulgación, a menos que se indique lo contrario en el presente documento o sea contradicho claramente por
45 el contexto.

Los modos de realización específicos divulgados en el presente documento pueden limitarse adicionalmente en las reivindicaciones utilizando las expresiones "que comprende" o "que comprende esencialmente". Cuando se usa en las reivindicaciones, ya sea como presentado o agregado por enmienda, el término de transición "que comprende"
50 excluye cualquier elemento, paso o ingrediente no especificado en las reivindicaciones. El término de transición "que comprende esencialmente" limita el alcance de una reivindicación a los materiales o pasos especificados y aquellos que no afectan materialmente las características básicas y novedosas. Los modos de realización de la divulgación así reivindicada se describen inherentemente o expresamente y se habilitan en el presente documento.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de formación de imágenes quirúrgicas (12, 300), que comprende:
 - un procesador (22);
 - un dispositivo de entrada (32) conectado operativamente al procesador;
 - 5 un dispositivo de visualización (34) conectado operativamente al procesador;
 - al menos un fotosensor (33) conectado operativamente al procesador y configurado para registrar una visualización de un sitio quirúrgico que comprende una parte del cuerpo de un paciente;
 - un sistema de generación de visualización multidimensional (304) configurado para crear una visualización multidimensional (502, 604, 704) basada en la visualización registrada del sitio quirúrgico, siendo la visualización multidimensional estereoscópica; y
 - 10 un dispositivo de memoria (26) que almacena instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador, hacen que el procesador funcione con el dispositivo de entrada, el dispositivo de visualización y el dispositivo de memoria para:
 - 15 (a) visualizar la visualización multidimensional (502, 604, 704) del sitio quirúrgico utilizando el dispositivo de visualización (34);
 - (b) recibir una selección, a través del dispositivo de entrada (32), correspondiente a una parte de la visualización multidimensional visualizada del sitio quirúrgico, comprendiendo la parte un área que es menor que un área de la visualización multidimensional;
 - 20 (c) determinar una parte de una imagen reconstruida multidimensional (504, 602, 702) que corresponde a la parte seleccionada de la visualización multidimensional, en el que la imagen reconstruida multidimensional incluye al menos uno de los datos de una imagen preoperatoria y una imagen intraoperatoria de la parte del cuerpo del paciente, con la parte de la imagen reconstruida multidimensional que tiene un área que es menor que un área de la imagen reconstruida multidimensional, en el que la parte de la imagen reconstruida multidimensional representa estructuras anatómicas internas, en o debajo de una superficie de la parte seleccionada de la visualización multidimensional; y
 - 25 (d) crear una ventana (503) en la parte seleccionada de la visualización multidimensional, con la ventana que tiene una ubicación, un tamaño y una forma, la ventana creada de tal manera que la parte de la imagen reconstruida multidimensional se muestre dentro de la ventana superpuesta o en lugar de parte seleccionada de la visualización multidimensional, lo cual hace que la parte visualizada de la imagen reconstruida multidimensional aparezca fusionada con la visualización multidimensional visualizada;
 - 30 en el que el procesador está configurado para operar con el dispositivo de entrada, el dispositivo de visualización y el dispositivo de memoria para recibir una selección de solicitud que corresponde a una parte diferente de la visualización multidimensional y en respuesta a la selección de solicitud mover la ventana a una ubicación diferente correspondiente a la parte diferente de la visualización multidimensional, y mostrar una segunda parte diferente de la imagen reconstruida multidimensional dentro de la ventana superpuesta o mostrada en lugar de la segunda parte diferente de la visualización multidimensional, lo cual hace que aparezca la segunda parte diferente de la imagen reconstruida multidimensional fusionada con la visualización multidimensional visualizada, y en el que la segunda parte diferente de la imagen reconstruida multidimensional representa estructuras anatómicas internas, en o debajo de una superficie de la parte diferente seleccionada de la visualización multidimensional.
 - 35
 - 40
2. El sistema de formación de imágenes según la reivindicación 1, en el que la visualización multidimensional (502, 604, 704) es tridimensional y se muestra en tiempo real.
- 45 3. El sistema de formación de imágenes de las reivindicaciones 1 o 2, en el que la imagen reconstruida multidimensional (504, 602, 702) es:
 - (a) tridimensional y
 - (b) generado basándose en datos de imágenes capturados por una máquina de imagen médica, y en el que los datos de imágenes incluyen datos de corte de imagen preoperatoria bidimensionales.
- 50 4. El sistema de formación de imágenes de las reivindicaciones 1, 2 o 3, en el que la parte de la imagen reconstruida multidimensional se muestra como subyacente con respecto a la visualización multidimensional.

5. El sistema de formación de imágenes según la reivindicación 1, en el que la ventana (503) tiene una forma seleccionada del grupo que comprende forma circular, forma cuadrada, forma rectangular y forma anatómica.
6. El sistema de formación de imágenes según la reivindicación 1, en el que las instrucciones, cuando son ejecutadas por el procesador, hacen que el procesador mueva la posición de la ventana (503) en respuesta a la ventana en la que se hace clic y se arrastra.
7. El sistema de formación de imágenes según la reivindicación 1, en el que la imagen reconstruida multidimensional incluye una primera característica (530) que corresponde a un tumor y una segunda característica que corresponde a la estructura ósea (532).
8. El sistema de formación de imágenes según la reivindicación 7, en el que las instrucciones, cuando son ejecutadas por el procesador, (i) resaltan la primera característica (530) o (ii) filtran la primera característica (530).
9. El sistema de formación de imágenes según la reivindicación 1, en el que la imagen reconstruida multidimensional es una imagen tridimensional, y en el que las instrucciones, cuando son ejecutadas por el procesador, hacen que el procesador:
- (a) reciba una solicitud para mostrar una parte de la imagen reconstruida multidimensional a una profundidad específica; y
- (b) muestre la parte de la imagen reconstruida multidimensional a la profundidad específica dentro de la ventana.
10. El sistema de formación de imágenes según la reivindicación 9, en el que las instrucciones, cuando son ejecutadas por el procesador, hacen que el procesador:
- (a) pare la imagen reconstruida multidimensional visualizada (504, 602, 702), reciba una solicitud de una configuración de profundidad que corresponda a una profundidad que sea una distancia específica ubicada debajo de las coordenadas de la visualización multidimensional visualizada; y
- (b) muestre una parte de la imagen reconstruida multidimensional que tiene la profundidad que es la distancia específica debajo de las coordenadas de la visualización multidimensional visualizada.
11. El sistema de formación de imágenes según la reivindicación 1, en el que las instrucciones, cuando son ejecutadas por el procesador, hacen que el procesador fusione la parte visualizada de la imagen reconstruida multidimensional identificando las primeras características de la visualización multidimensional y alineando las primeras características para corresponder a las segundas características de la imagen reconstruida multidimensional.
12. El sistema de formación de imágenes según la reivindicación 1, en el que las instrucciones, cuando son ejecutadas por el procesador, hacen que el procesador integre la imagen reconstruida multidimensional (504, 602, 702) con la visualización multidimensional (502, 604, 704) mediante:
- (a) aumentar una transparencia de al menos los bordes de la parte seleccionada de la visualización multidimensional; y
- (b) aplicar una función de suavizado a un límite entre la imagen reconstruida multidimensional y la visualización multidimensional.
13. Un procedimiento para hacer funcionar un sistema de formación de imágenes quirúrgicas (12, 300), comprendiendo el procedimiento:
- hacer que un procesador (22) ejecute instrucciones para operar con al menos un fotosensor (33) para registrar una visualización de un sitio quirúrgico que comprende una parte del cuerpo de un paciente;
- hacer que el procesador (22) ejecute las instrucciones para operar con un sistema de generación de visualización multidimensional (304) para crear una visualización multidimensional (502, 604, 704) basada en la visualización grabada del sitio quirúrgico, siendo la visualización multidimensional estereoscópica;
- hacer que el procesador (22) ejecute las instrucciones para operar con un dispositivo de visualización (34) para visualizar la visualización multidimensional (502, 604, 704) del sitio quirúrgico;
- hacer que el procesador (22) ejecute las instrucciones para recibir una selección correspondiente a una parte de la visualización multidimensional visualizada del sitio quirúrgico, comprendiendo la parte un área que es menor que un área de la visualización multidimensional;

- 5 hacer que el procesador ejecute las instrucciones para operar con el dispositivo de visualización (34) para determinar una parte de una imagen reconstruida multidimensional (504, 602, 702) que corresponde a la parte seleccionada de la visualización multidimensional, en el que la imagen reconstruida multidimensional incluye al menos uno de los datos de una imagen preoperatoria y de una imagen intraoperatoria de la parte del cuerpo del paciente, con la parte de la imagen reconstruida multidimensional que tiene un área que es menor que un área de la imagen reconstruida multidimensional, en el que la parte de la imagen reconstruida multidimensional representa estructuras anatómicas internas, en o debajo de una superficie de la parte seleccionada de la visualización multidimensional;
- 10 hacer que el procesador cree una ventana (503) en la parte seleccionada de la visualización multidimensional, con la ventana que tiene una ubicación, un tamaño y una forma, la ventana creada de tal manera que la parte de la imagen reconstruida multidimensional se muestra dentro de la ventana superpuesta o se muestra en lugar de la parte seleccionada de la visualización multidimensional, lo cual hace que la parte visualizada de la imagen reconstruida multidimensional aparezca fusionada con la visualización multidimensional visualizada; y
- 15 hacer que el procesador reciba una selección de solicitud que corresponde a una parte diferente de la visualización multidimensional y, en respuesta a la selección de solicitud, mueva la ventana a una ubicación diferente correspondiente a la parte diferente de la visualización multidimensional, y muestre una segunda parte diferente de la visualización imagen reconstruida multidimensional dentro de la ventana superpuesta o mostrada en lugar de la segunda parte diferente de la visualización multidimensional, lo cual hace que la segunda parte diferente mostrada de la imagen reconstruida multidimensional aparezca fusionada con la visualización multidimensional mostrada, y en el que la segunda parte diferente de la imagen reconstruida multidimensional representa estructuras anatómicas internas, en o debajo de una superficie de la parte diferente seleccionada de la visualización multidimensional.
- 20
- 25 **14.** El procedimiento según la reivindicación 13, que incluye hacer que el procesador ejecute las instrucciones para operar con un dispositivo de entrada para
- (i) mover la posición de una ventana (503) en respuesta a la ventana en la que se hace clic y se arrastra,
- (ii) resaltar una característica de la imagen reconstruida multidimensional (504, 602, 702), o
- (iii) filtrar una característica de la imagen reconstruida multidimensional (504, 602, 702).
- 30 **15.** Un medio legible por ordenador no transitorio que almacena instrucciones estructuradas para hacer que un sistema de formación de imágenes quirúrgicas (12, 300):
- registre, usando al menos un fotosensor (33), una visualización de un sitio quirúrgico que comprende una parte del cuerpo de un paciente;
- 35 cree, utilizando un sistema de generación de visualización (304), una visualización multidimensional (502, 604, 704) basada en la visualización registrada del sitio quirúrgico, siendo la visualización multidimensional estereoscópica;
- muestre la visualización multidimensional (502, 604, 704) del sitio quirúrgico;
- reciba una selección correspondiente a una parte de la visualización multidimensional visualizada del sitio quirúrgico, con la parte que comprende un área que es menor que un área de la visualización multidimensional;
- 40 determine una parte de una imagen reconstruida multidimensional (504, 602, 702) que corresponde a la parte seleccionada de la visualización multidimensional, en el que la imagen reconstruida multidimensional incluye al menos uno de los datos de una imagen preoperatoria y una imagen intraoperatoria de la parte del cuerpo del paciente, con la parte de la imagen reconstruida multidimensional que tiene un área que es menor que un área de la imagen reconstruida multidimensional, en el que la parte de la imagen reconstruida multidimensional representa estructuras anatómicas internas, en o debajo de una superficie de la parte seleccionada de la visualización multidimensional;
- 45 cree una ventana (503) en la parte seleccionada de la visualización multidimensional, con la ventana que tiene una ubicación, un tamaño y una forma, la ventana creada de tal manera que la parte de la imagen reconstruida multidimensional se muestre dentro de la ventana superpuesta o en lugar de parte seleccionada de la visualización multidimensional, lo cual hace que la parte visualizada de la imagen reconstruida multidimensional aparezca fusionada con la visualización multidimensional visualizada; y
- 50 reciba una selección de solicitud que corresponde a una parte diferente de la visualización multidimensional y, en respuesta a la selección de solicitud, mueva la ventana a una ubicación diferente correspondiente a la parte diferente de la visualización multidimensional, y muestre una segunda parte diferente de la imagen

- 5 reconstruida multidimensional dentro la ventana superpuesta o mostrada en lugar de la segunda parte diferente de la visualización multidimensional, lo cual hace que la segunda parte diferente de la imagen reconstruida multidimensional aparezca fusionada con la visualización multidimensional mostrada, y en la que la segunda parte diferente de la imagen reconstruida multidimensional representa estructuras anatómicas internas, en o debajo de una superficie de la parte diferente seleccionada de la visualización multidimensional.

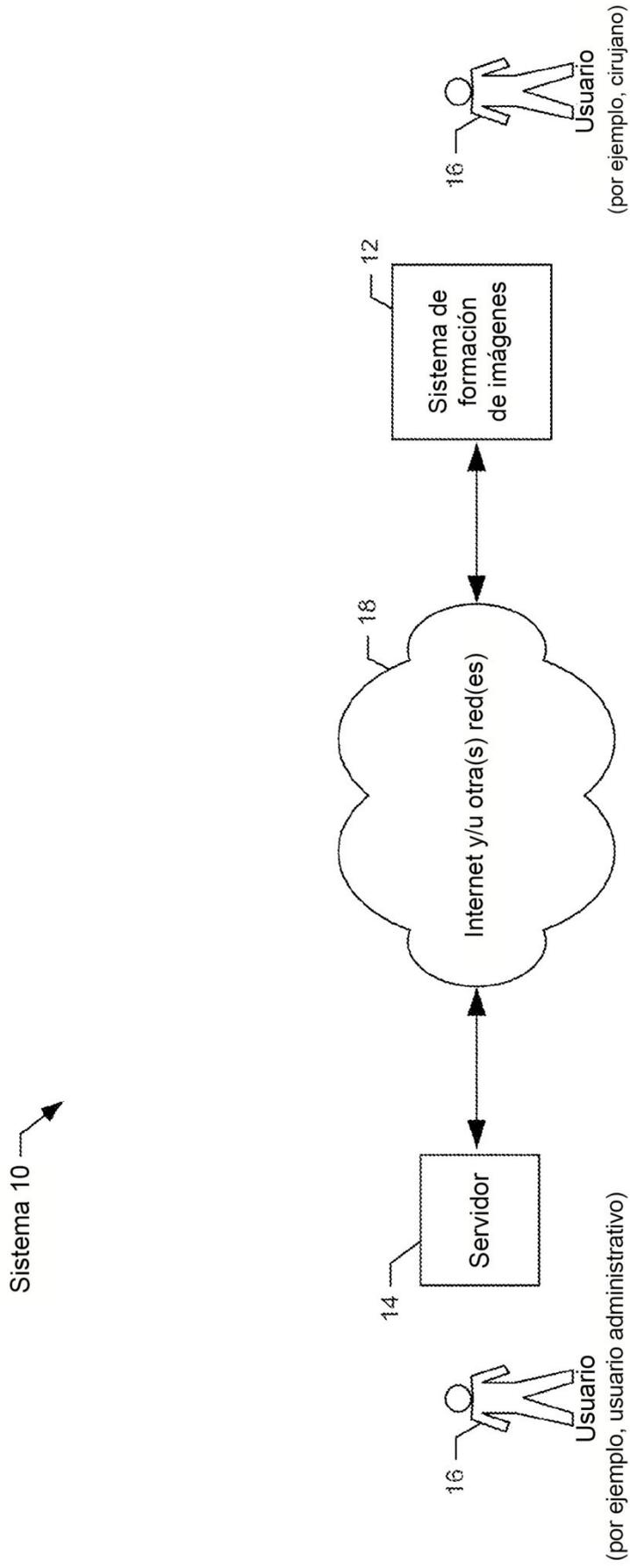


FIG. 1

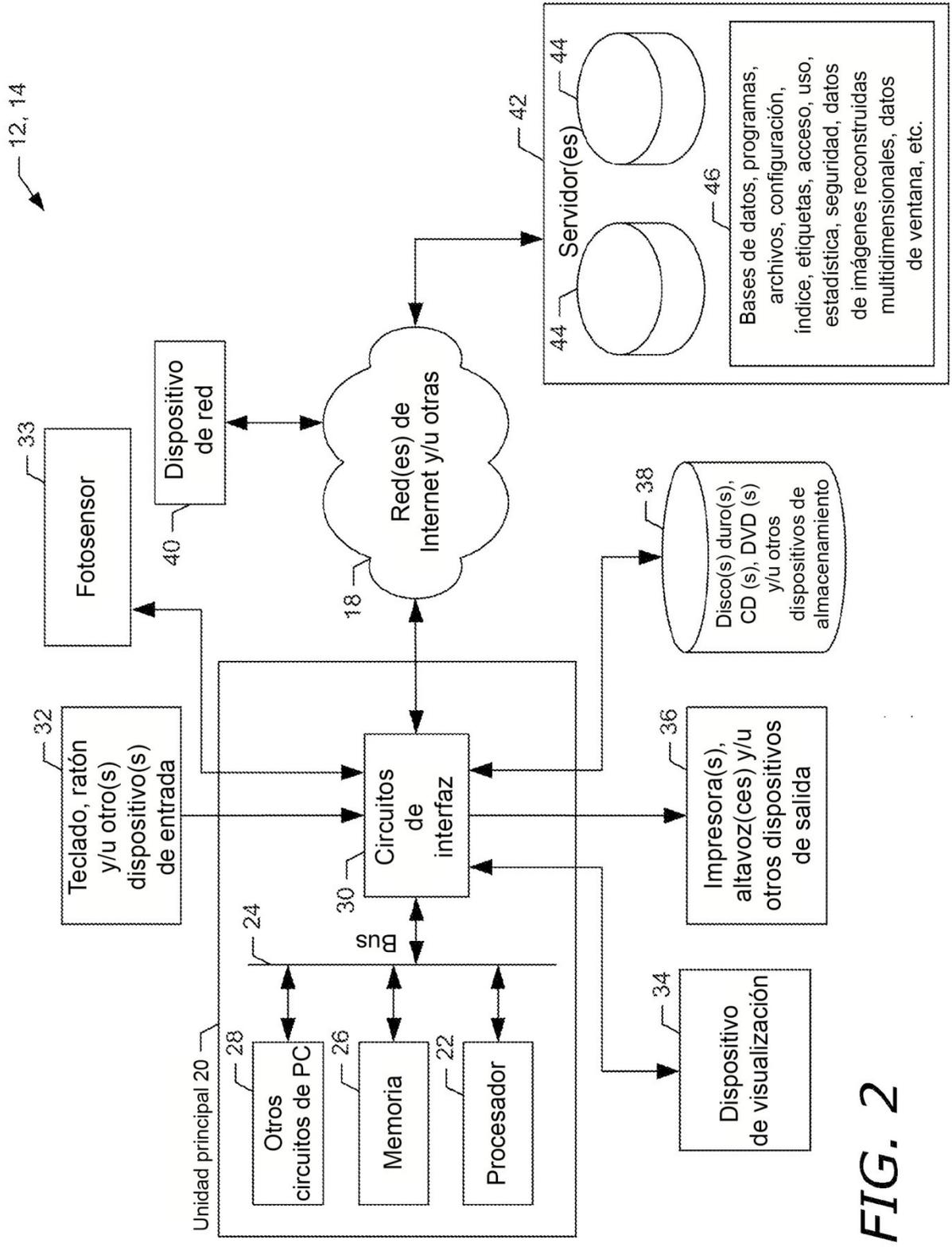


FIG. 2

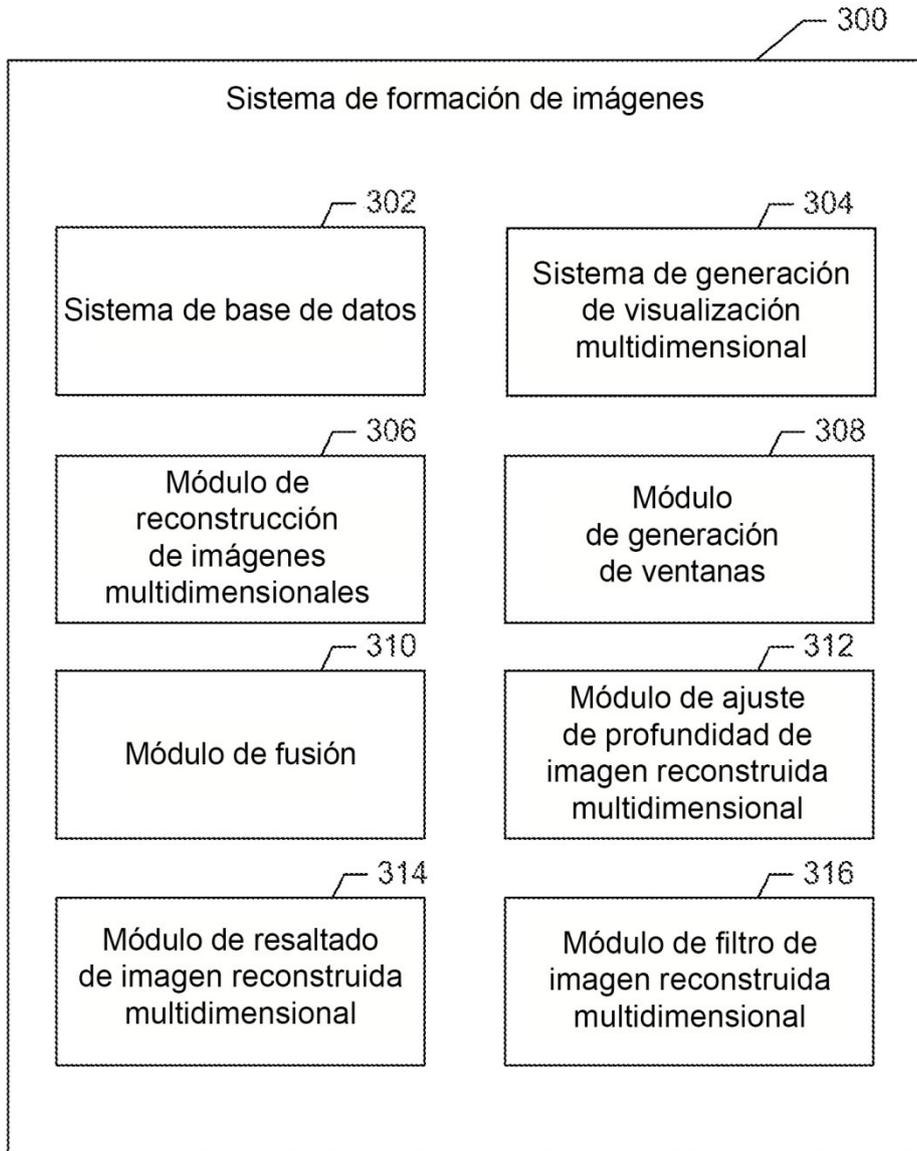


FIG. 3

400

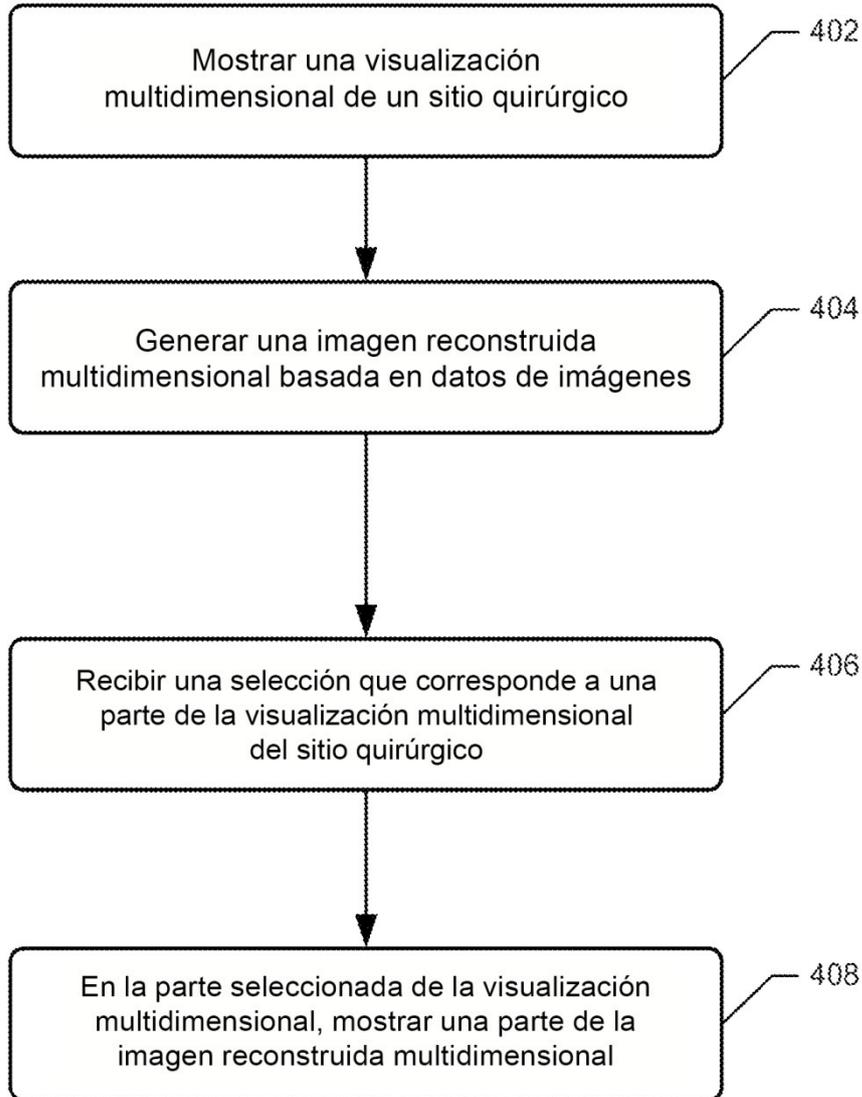
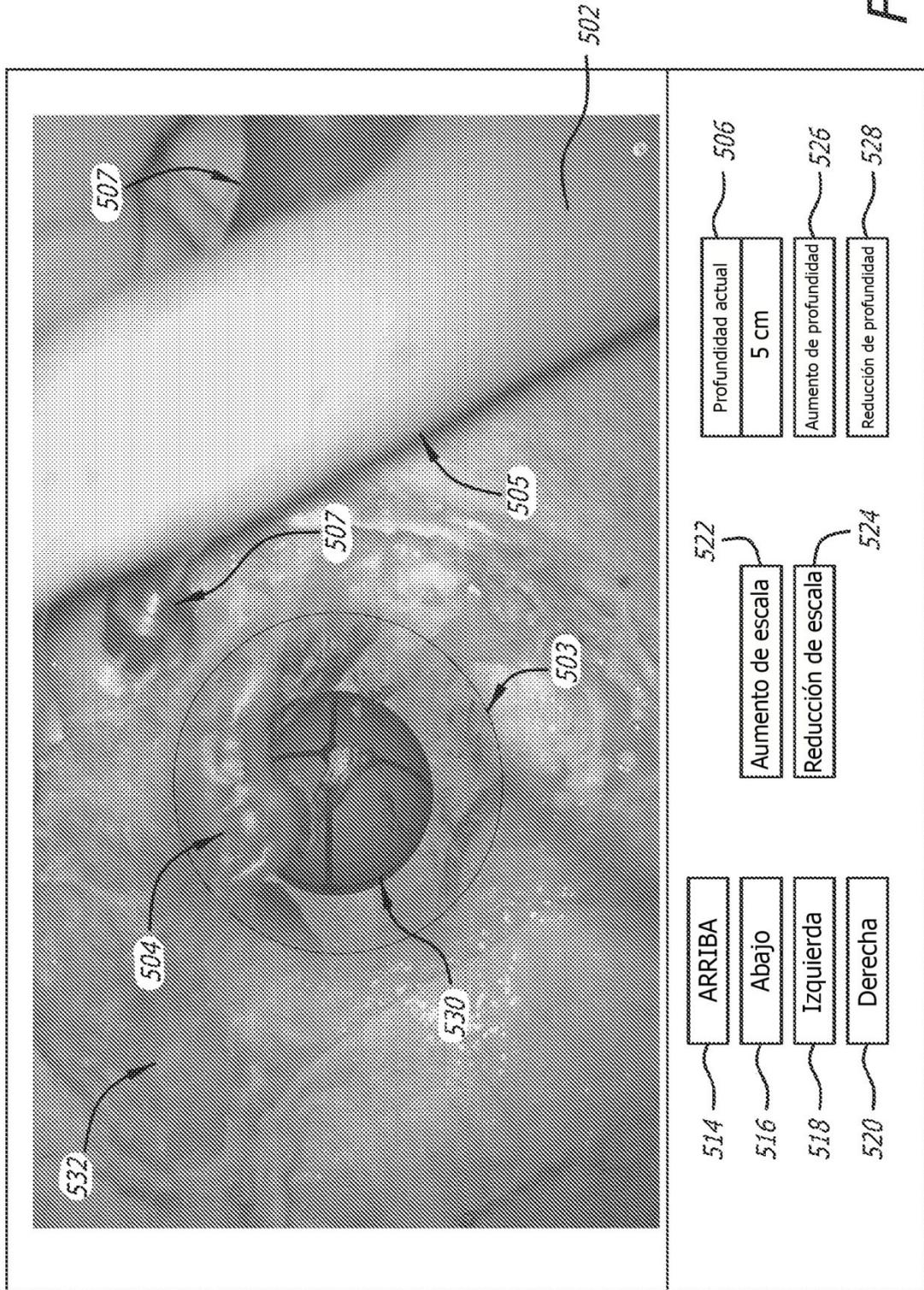


FIG. 4



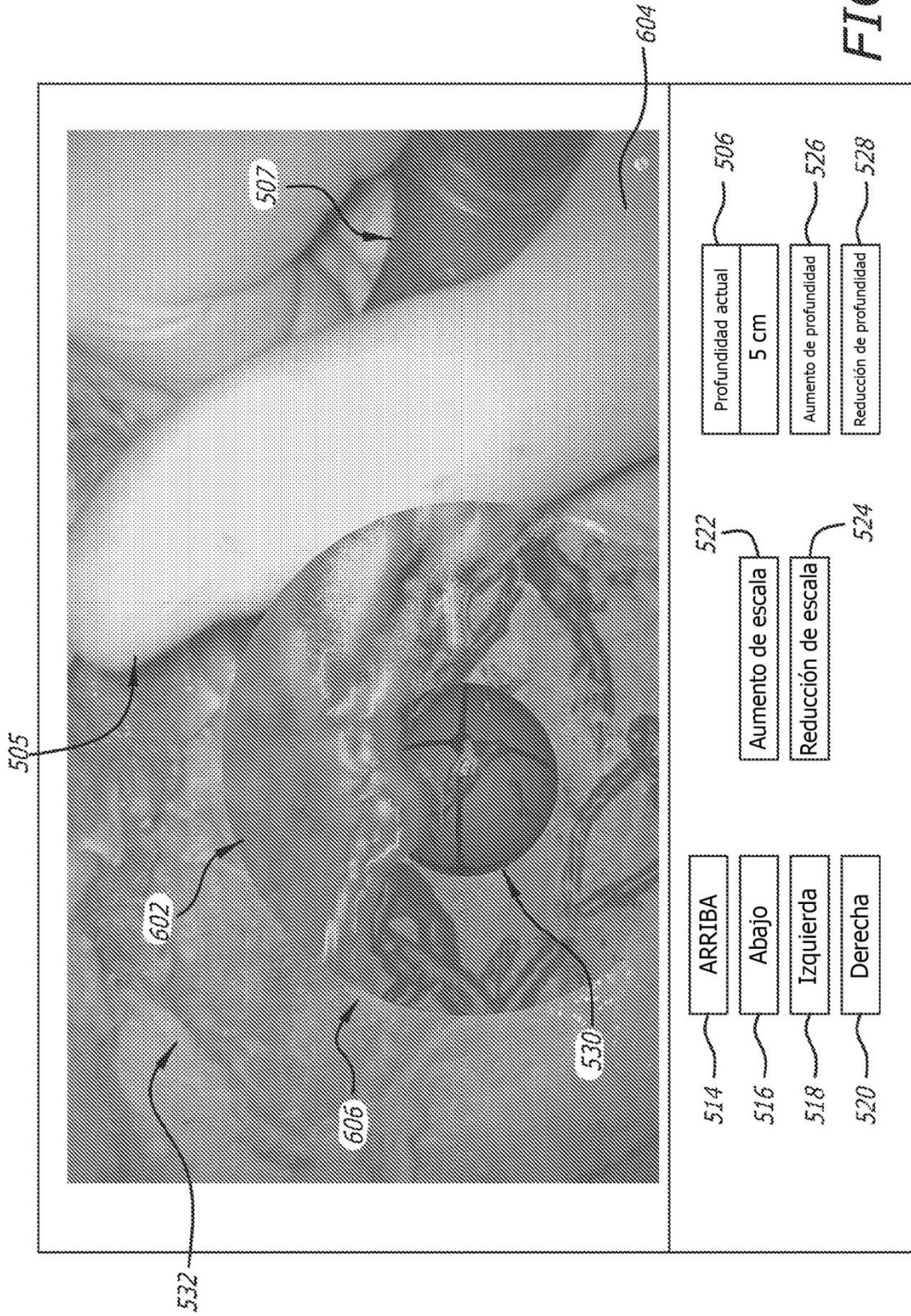
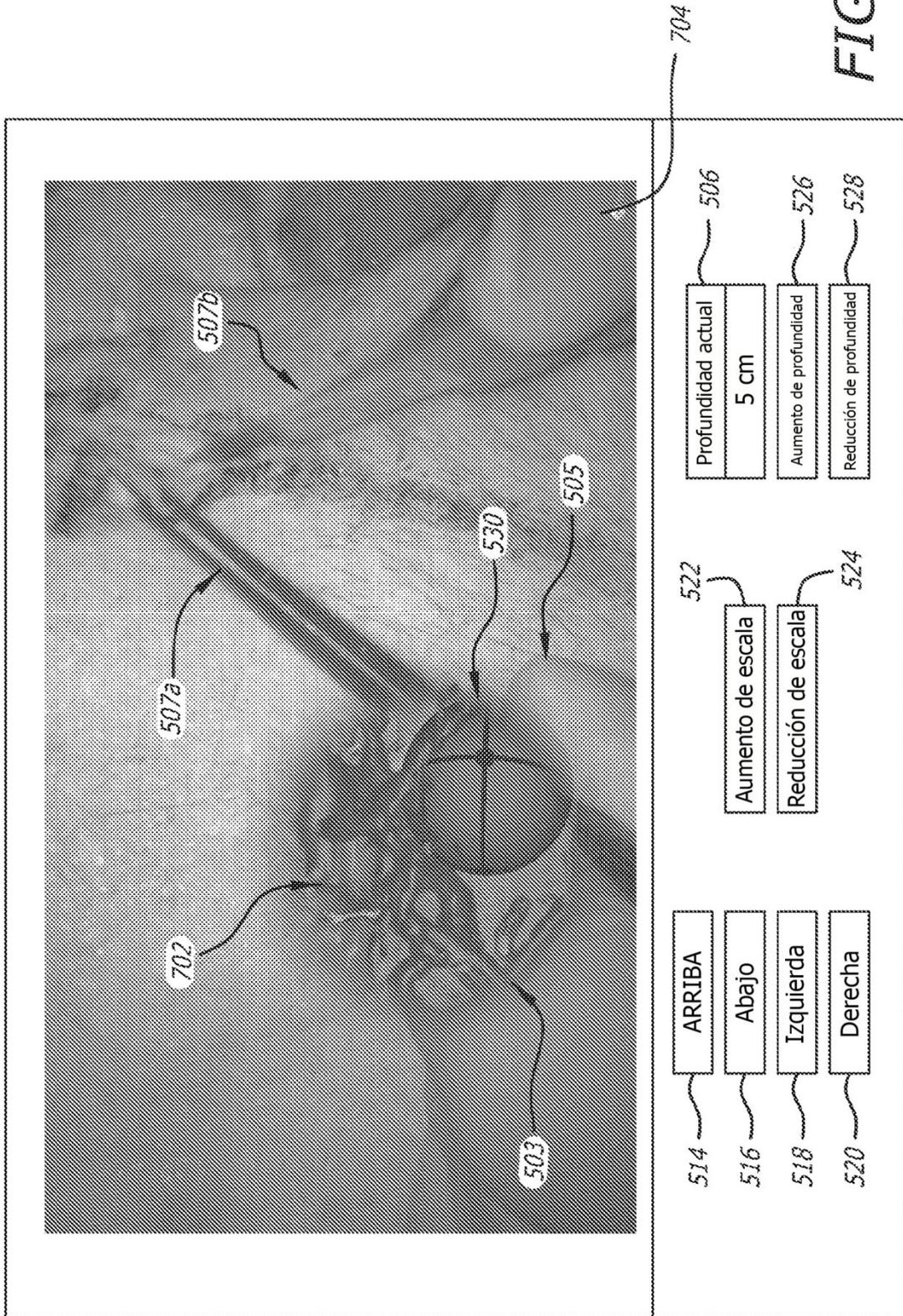


FIG. 6



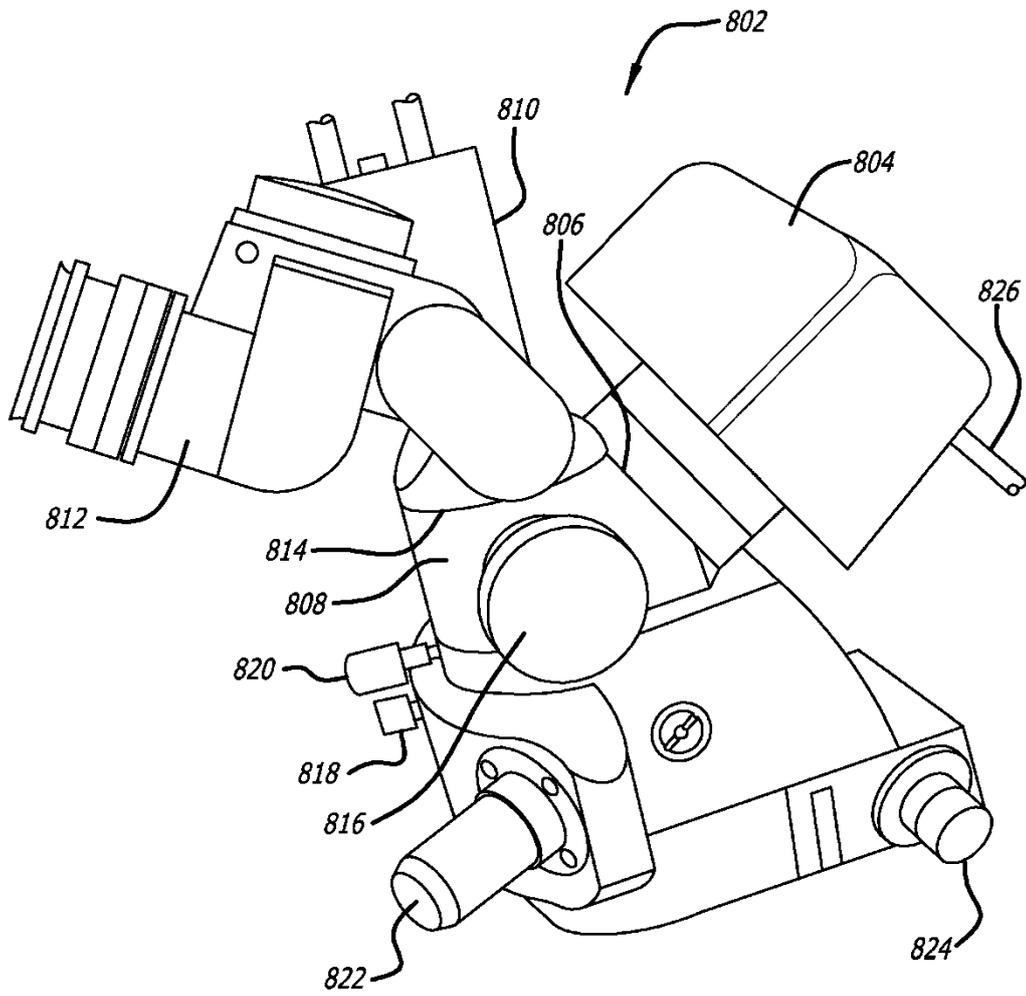


FIG. 8

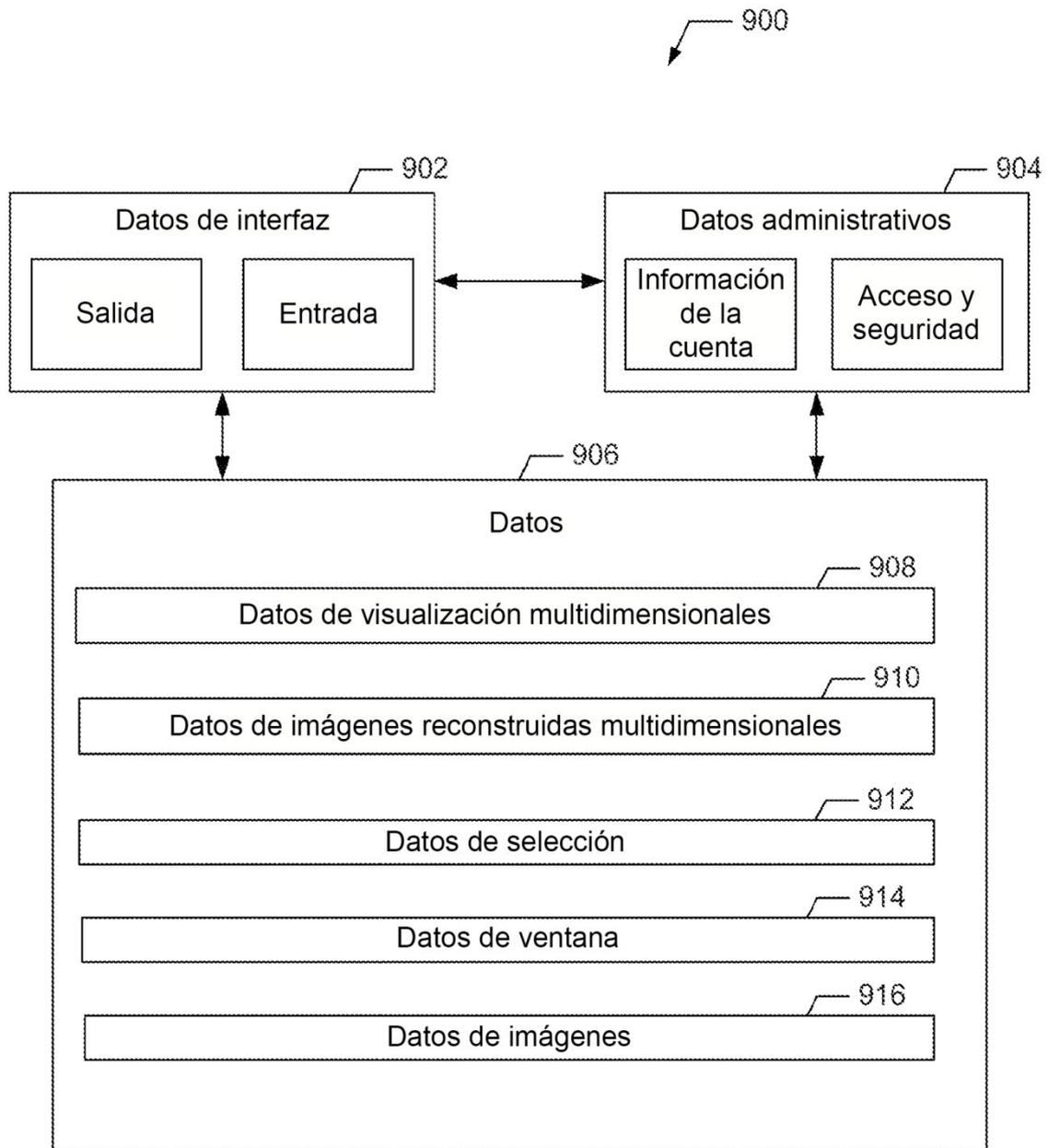


FIG. 9