

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 790 674**

51 Int. Cl.:

B23K 9/00 (2006.01)

B23K 9/095 (2006.01)

G09B 19/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.03.2014 PCT/IB2014/000288**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.09.2014 WO14140721**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2014 E 14720220 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2020 EP 2973513**

54 Título: **Importar y analizar datos externos usando un sistema de soldadura de realidad virtual**

30 Prioridad:

11.03.2013 US 201313792309

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

28.10.2020

73 Titular/es:

**LINCOLN GLOBAL, INC. (100.0%)
9160 Norwalk Boulevard
Santa Fe Springs, CA 90670, US**

72 Inventor/es:

**WALLACE, MATTHEW, WAYNE;
PETERS, CARL y
ADITJANDRA, ANTONIUS**

74 Agente/Representante:

FERNÁNDEZ-VEGA FEIJOO, María Covadonga

ES 2 790 674 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

Importar y analizar datos externos usando un sistema de soldadura de realidad virtual

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un método de soldadura de realidad virtual y a un dispositivo correspondiente según las reivindicaciones 1 y 13 respectivamente.

10 Antecedentes técnicos

Aprender cómo realizar soldadura por arco de manera tradicional requiere muchas horas de instrucción, formación y práctica. Hay muchos tipos diferentes de soldadura por arco y procedimientos de soldadura por arco que pueden aprenderse. Normalmente, un estudiante aprende a soldar usando un sistema de soldadura real y realizando operaciones de soldadura en piezas de metal reales. Tal formación en el mundo real puede requerir recursos de soldadura escasos y agotar materiales de soldadura limitados. Sin embargo, recientemente la idea de formación usando simulaciones de soldadura se ha vuelto más popular. Algunas simulaciones de soldadura se implementan mediante ordenadores personales y/o en línea a través de Internet. Sin embargo, las simulaciones de soldadura conocidas actuales tienden a ser limitadas en cuanto a su enfoque de formación. Por ejemplo, algunas simulaciones de soldadura se centran en la formación únicamente para "memoria muscular", que simplemente entrena a un estudiante de soldadura sobre cómo sujetar y posicionar una herramienta de soldadura. Otras simulaciones de soldadura se centran en mostrar efectos visuales y auditivos del procedimiento de soldadura, pero sólo de una manera limitada y con frecuencia no realista que no proporciona al estudiante la realimentación deseada que es altamente representativa de la soldadura en el mundo real. Esta realimentación real es lo que dirige al estudiante a realizar ajustes necesarios para realizar una buena soldadura. La soldadura se aprende mirando el arco y/o charco, no mediante memoria muscular.

El documento US-A-20110183304 da a conocer unas simulaciones de soldadura por arco que proporcionan la simulación de ensayos virtuales destructivos y no destructivos y la inspección de conjuntos soldados virtuales con fines de formación. Las simulaciones de ensayos virtuales pueden realizarse en conjuntos soldados virtuales creados usando un sistema de simulador de soldadura de realidad virtual (por ejemplo, un sistema de soldadura por arco de realidad virtual (VRAW)).

Limitaciones y desventajas adicionales de los enfoques convencionales, tradicionales y propuestos resultarán evidentes para un experto en la técnica, mediante comparación de tales enfoques con realizaciones de la presente invención tal como se exponen en el resto de la presente solicitud con referencia a los dibujos.

Descripción

La presente solicitud se refiere a un sistema de soldadura y a un método tal como se definen en las reivindicaciones independientes 1 y 13.

Estas y otras características de la invención reivindicada, así como detalles de realizaciones ilustradas de la misma, se entenderán más completamente a partir de la siguiente descripción y dibujos.

45 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 ilustra una primera realización de ejemplo de un diagrama de bloques de sistema de un sistema que proporciona formación de soldadura por arco en un entorno de realidad virtual en tiempo real;

la figura 2 ilustra una realización de ejemplo de una consola de soldadura simulada y un dispositivo de visualización de observador (ODD) combinados del sistema de la figura 1;

la figura 3 ilustra una realización de ejemplo del dispositivo de visualización de observador (ODD) de la figura 2;

la figura 4 ilustra una realización de ejemplo de una porción delantera de la consola de soldadura simulada de la figura 2 que muestra una interfaz de usuario de soldadura física (WUI);

la figura 5 ilustra una realización de ejemplo de una herramienta de soldadura de simulacro (MWT) del sistema de la figura 1;

la figura 6 ilustra una realización de ejemplo de una mesa/plataforma (T/S) del sistema de la figura 1;

la figura 7A ilustra una realización de ejemplo de una probeta de soldadura (WC) de tubo del sistema de la figura 1;

la figura 7B ilustra la WC de tubo de la figura 7A montada en un brazo de la mesa/plataforma (TS) de la figura 6;

- la figura 8 ilustra diversos elementos de una realización de ejemplo del seguidor espacial (ST) de la figura 1;
- 5 la figura 9A ilustra una realización de ejemplo de un dispositivo de visualización montado en la cabeza (FMDD) del sistema de la figura 1;
- la figura 9B es una ilustración de cómo se fija el FMDD de la figura 9A a la cabeza de un usuario;
- 10 la figura 9C ilustra una realización de ejemplo del FMDD de la figura 9A montado dentro de un casco de soldadura;
- la figura 10 ilustra una realización de ejemplo de un diagrama de bloques de subsistema de un subsistema basado en procesador programable (PPS) del sistema de la figura 1;
- 15 la figura 11 ilustra una realización de ejemplo de un diagrama de bloques de una unidad de procesamiento gráfico (GPU) del PPS de la figura 10;
- la figura 12 ilustra una realización de ejemplo de un diagrama de bloques funcionales del sistema de la figura 1;
- 20 la figura 13 es un diagrama de flujo de una realización de un método de formación usando el sistema de formación de realidad virtual de la figura 1;
- las figuras 14A-14B ilustran el concepto de un mapa de desplazamiento de píxeles de soldadura (wéxeles), según una realización de la presente invención;
- 25 la figura 15 ilustra una realización de ejemplo de un espacio de probeta y un espacio de soldadura de una probeta de soldadura (WC) plana simulada en el sistema de la figura 1;
- la figura 16 ilustra una realización de ejemplo de un espacio de probeta y un espacio de soldadura de una probeta de soldadura (WC) de esquina (unión en T) simulada en el sistema de la figura 1;
- 30 la figura 17 ilustra una realización de ejemplo de un espacio de probeta y un espacio de soldadura de un probeta de soldadura (WC) de tubo simulada en el sistema de la figura 1;
- 35 la figura 18 ilustra una realización de ejemplo de la probeta de soldadura (WC) de tubo de la figura 17;
- las figuras 19A-19C ilustran una realización de ejemplo del concepto de un modelo de charco de doble desplazamiento del sistema de la figura 1;
- 40 la figura 20 ilustra el concepto de importar parámetros de calidad de soldadura al interior de un sistema de soldadura de realidad virtual desde una máquina de soldadura en el mundo real;
- la figura 21 es un diagrama de flujo de una realización de un método para comparar la actividad de soldadura en el mundo real de un estudiante de soldadura con la actividad de soldadura virtual del estudiante de soldadura;
- 45 la figura 22 es un diagrama de flujo de una realización de un método para comparar la actividad de soldadura virtual de un estudiante de soldadura con la actividad de soldadura en el mundo real de un soldador experto;
- la figura 23 ilustra el concepto de importar parámetros de soldadura medidos al interior de un sistema de soldadura de realidad virtual desde una máquina de soldadura en el mundo real;
- 50 la figura 24 es un diagrama de flujo de una primera realización de un método de generación de una pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de estudiante y una puntuación de estudiante numérica;
- la figura 25 es un diagrama de flujo de una segunda realización de un método de generación de una pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de estudiante y una puntuación de estudiante numérica;
- 55 la figura 26 ilustra el concepto de importar un modelo digital representativo de un conjunto personalizado soldado al interior de un sistema de soldadura de realidad virtual;
- 60 la figura 27 ilustra el concepto de hacer coincidir secciones de un modelo digital representativo de una pieza personalizada soldada con una pluralidad de probetas de soldadura; y
- la figura 28 es un diagrama de flujo de una realización de un método para generar un programa de formación de soldadura virtual para una pieza personalizada soldada.
- 65

Descripción detallada

Una realización de la presente invención comprende un sistema de soldadura por arco de realidad virtual (VRAW) que comprende un subsistema basado en procesador programable, un seguidor espacial operativamente conectado al subsistema basado en procesador programable, al menos una herramienta de soldadura de simulacro que puede someterse a seguimiento espacial por el seguidor espacial, y al menos un dispositivo de visualización operativamente conectado al subsistema basado en procesador programable. El sistema puede simular, en un espacio de realidad virtual, un charco de soldadura que tiene características de disipación de calor y fluidez de metal fundido en tiempo real. El sistema también puede visualizar el charco de soldadura simulado en el dispositivo de visualización en tiempo real. Las características de disipación de calor y fluidez de metal fundido en tiempo real del charco de soldadura simulado proporcionan realimentación visual en tiempo real a un usuario de la herramienta de soldadura de simulacro cuando se visualizan, permitiendo que el usuario ajuste o mantenga una técnica de soldadura en tiempo real en respuesta a la realimentación visual en tiempo real (es decir, ayuda al usuario a aprender a soldar correctamente). El charco de soldadura visualizado es representativo de un charco de soldadura que se formaría en el mundo real basándose en la técnica de soldadura del usuario y en los parámetros y el procedimiento de soldadura seleccionados. Al ver un charco (por ejemplo, forma, color, escoria, tamaño, círculos apilados), un usuario puede modificar su técnica para realizar una buena soldadura y determinar el tipo de soldadura que está realizándose. La forma del charco es sensible al movimiento de la pistola o de la varilla. Tal como se usa en el presente documento, el término "tiempo real" significa percibir y experimentar en el tiempo en un entorno simulado de la misma manera en la que un usuario percibiría y experimentaría en una situación de soldadura en el mundo real. Además, el charco de soldadura es sensible a los efectos del entorno físico incluyendo la gravedad, permitiendo que un usuario practique la soldadura de manera realista en diversas posiciones incluyendo soldadura superior y diversos ángulos de soldadura de tubo (por ejemplo, 1G, 2G, 5G, 6G). Tal como se usa en el presente documento, el término "conjunto soldado virtual" se refiere a una pieza soldada simulada que existe en el espacio de realidad virtual. Por ejemplo, una probeta de soldadura simulada que se ha soldado de manera virtual tal como se describe en el presente documento es un ejemplo de un conjunto soldado virtual.

La figura 1 ilustra una realización de ejemplo de un diagrama de bloques de sistema de un sistema 100 que proporciona formación de soldadura por arco en un entorno de realidad virtual en tiempo real. El sistema 100 incluye un subsistema 110 basado en procesador programable (PPS). El sistema 100 incluye además un seguidor 120 espacial (ST) operativamente conectado al PPS 110. El sistema 100 también incluye una interfaz 130 de usuario de soldadura física (WUI) operativamente conectada al PPS 110 y un dispositivo 140 de visualización montado en la cabeza (FMDD) operativamente conectado al PPS 110 y al ST 120. El sistema 100 incluye además un dispositivo 150 de visualización de observador (ODD) operativamente conectado al PPS 110. El sistema 100 también incluye al menos una herramienta 160 de soldadura de simulacro (MWT) operativamente conectada al ST 120 y al PPS 110. El sistema 100 incluye además una mesa/plataforma 170 (T/S) y al menos una probeta 180 de soldadura (WC) que puede unirse a la T/S 170. Según una realización alternativa de la presente invención, se proporciona una botella de gas de simulacro (no mostrada) que simula una fuente de gas de protección y que tiene un regulador de flujo ajustable.

La figura 2 ilustra una realización de ejemplo de una consola 135 de soldadura simulada (que simula una interfaz de usuario de fuente de potencia de soldadura) y un dispositivo 150 de visualización de observador (ODD) combinados del sistema 100 de la figura 1. La WUI 130 física reside en una porción delantera de la consola 135 y proporciona ruedas, botones y una palanca de mando para la selección de usuario de diversos modos y funciones. El ODD 150 está unido a una porción superior de la consola 135. La MWT 160 descansa en un elemento de sujeción unido a una porción lateral de la consola 135. En el interior, la consola 135 contiene el PPS 110 y una porción del ST 120.

La figura 3 ilustra una realización de ejemplo del dispositivo 150 de visualización de observador (ODD) de la figura 2. Según una realización de la presente invención, el ODD 150 es un dispositivo de pantalla de cristal líquido (LCD). También son posibles otros dispositivos de visualización. Por ejemplo, el ODD 150 puede ser un elemento de visualización de pantalla táctil, según otra realización de la presente invención. El ODD 150 recibe información de vídeo (por ejemplo, formato SVGA) y visualización desde el PPS 110.

Tal como se muestra en la figura 3, el ODD 150 puede visualizar una primera escena de usuario que muestra diversos parámetros 151 de soldadura incluyendo posición, punta a trabajo, ángulo de soldadura, ángulo de desplazamiento y velocidad de desplazamiento. Estos parámetros pueden seleccionarse y visualizarse en tiempo real de forma gráfica y se usan para enseñar una técnica de soldadura apropiada. Además, tal como se muestra en la figura 3, el ODD 150 puede visualizar estados 152 de discontinuidad de soldadura simulada incluyendo, por ejemplo, tamaño de soldadura inapropiado, mala colocación del cordón, cordón cóncavo, convexidad excesiva, socavado, porosidad, fusión incompleta, inclusión de escoria, salpicadura excesiva, desbordamiento y perforación (penetración por fusión). El socavado es un surco fundido en el metal de base adyacente a la soldadura o raíz de soldadura y que se deja sin rellenar por metal de soldadura. Con frecuencia el socavado se debe a un ángulo de soldadura incorrecto. La porosidad son discontinuidades de tipo cavidad formadas por atrapamiento de gas durante la solidificación provocadas con frecuencia por mover el arco demasiado lejos de la probeta.

Además, tal como se muestra en la figura 3, el ODD 50 puede visualizar selecciones 153 de usuario incluyendo menú, acciones, pistas visuales, nueva probeta y terminar pasada. Estas selecciones de usuario están asociadas a

botones de usuario en la consola 135. A medida que un usuario realiza diversas selecciones, por ejemplo, mediante una pantalla táctil del ODD 150 o mediante la WUI 130 física, las características visualizadas pueden cambiar para proporcionar información seleccionada y otras opciones al usuario. Además, el ODD 150 puede visualizar una vista que ve un soldador que lleva puesto el FMDD 140 con la misma vista angular del soldador o con diversos ángulos diferentes, por ejemplo, elegidos por un instructor. El ODD 150 puede visualizarlo un instructor y/o estudiantes con diversos fines de formación. Por ejemplo, puede hacerse rotar la vista alrededor de la soldadura acabada permitiendo una inspección visual por parte de un instructor. Según una realización alternativa de la presente invención, puede enviarse vídeo desde el sistema 100 hasta una ubicación remota, por ejemplo, a través de Internet para su visualización y/o análisis remotos. Además, puede proporcionarse audio, permitiendo la comunicación por audio en tiempo real entre un estudiante y un instructor remoto.

La figura 4 ilustra una realización de ejemplo de una porción delantera de la consola 135 de soldadura simulada de la figura 2 que muestra una interfaz 130 de usuario de soldadura física (WUI). La WUI 130 incluye un conjunto de botones 131 correspondientes a las selecciones 153 de usuario visualizadas en el ODD 150. Los botones 131 presentan colores para corresponder a los colores de las selecciones 153 de usuario visualizadas en el ODD 150. Cuando se pulsa uno de los botones 131, se envía una señal al PPS 110 para activar la función correspondiente. La WUI 130 también incluye una palanca 132 de mando que puede usar un usuario para seleccionar diversos parámetros y selecciones visualizados en el ODD 150. La WUI 130 incluye además un dial o rueda 133 para ajustar los amperios/velocidad de alimentación de alambre, y otro dial o rueda 134 para ajustar los voltios/recorte. La WUI 130 también incluye un dial o rueda 136 para seleccionar un procedimiento de soldadura por arco. Según una realización de la presente invención, pueden seleccionarse tres procedimientos de soldadura por arco incluyendo soldadura por arco con núcleo de fundente (FCAW) incluyendo procedimientos protegidos por gas y autoprottegidos; soldadura por arco de metal en atmósfera de gas (GMAW) incluyendo arco corto, pulverización axial, STT y pulsada; soldadura por arco de tungsteno en atmósfera de gas (GTAW); y soldadura por arco de metal protegido (SMAW) incluyendo electrodos E6010 y E7010. La WUI 130 incluye además un dial o rueda 137 para seleccionar una polaridad de soldadura. Según una realización de la presente invención, pueden seleccionarse tres polaridades de soldadura por arco incluyendo corriente alterna (CA), corriente continua positiva (CC+) y corriente continua negativa (CC-).

La figura 5 ilustra una realización de ejemplo de una herramienta 160 de soldadura de simulacro (MWT) del sistema 100 de la figura 1. La MWT 160 de la figura 5 simula una herramienta de soldadura de varilla para soldadura de placas y tubos e incluye un elemento 161 de sujeción y un electrodo 162 de varilla simulado. Se usa un gatillo en el MWT 160 para comunicar una señal al PPS 110 para activar un procedimiento de soldadura simulada seleccionado. El electrodo 162 de varilla simulado incluye un punta 163 resistiva por contacto para simular realimentación resistiva que se produce, por ejemplo, durante un procedimiento de soldadura de pasada de raíz en una soldadura de tubo en el mundo real o cuando se suelda una placa. Si el usuario mueve el electrodo 162 de varilla simulado demasiado lejos de la raíz, el usuario podrá percibir o sentir la resistencia inferior, deduciendo de ese modo realimentación para su uso en el ajuste o mantenimiento del procedimiento de soldadura actual.

Se contempla que la herramienta de soldadura de varilla puede incorporar un accionador, no mostrado, que retira el electrodo 162 de varilla simulado durante el procedimiento de soldadura virtual. Es decir, que a medida que un usuario emprende una actividad de soldadura virtual, se reduce la distancia entre el elemento 161 de sujeción y la punta del electrodo 162 de varilla simulado para simular el consumo del electrodo. La tasa de consumo, es decir retirada del electrodo 162 de varilla, puede controlarse mediante el PPS 110 y más específicamente mediante instrucciones codificadas ejecutadas por el PPS 110. La tasa de consumo simulada también puede depender de la técnica del usuario. Merece la pena mencionar en este caso que, dado que el sistema 100 facilita la soldadura virtual con diferentes tipos de electrodos, la tasa de consumo o reducción del electrodo 162 de varilla puede cambiar con el procedimiento de soldadura usado y/o configuración del sistema 100.

También son posibles otras herramientas de soldadura de simulacro, según otras realizaciones de la presente invención, incluyendo un MWD que simula una pistola de soldadura semiautomática portátil que tiene un electrodo de alambre alimentado a través de la pistola, por ejemplo. Además, según otras determinadas realizaciones de la presente invención, puede usarse una herramienta de soldadura real como MWT 160 para simular mejor la sensación real de la herramienta en las manos del usuario, aunque, en el sistema 100, la herramienta no se usará para crear realmente un arco real. Además, puede proporcionarse una herramienta de esmerilado simulada, para su uso en un modo de esmerilado simulado del simulador 100. De manera similar, puede proporcionarse una herramienta de corte simulada, para su uso en un modo de corte simulado del simulador 100. Además, puede proporcionarse un material de relleno o soplete de soldadura por arco de tungsteno en atmósfera de gas (GTAW) simulado para su uso en el simulador 100.

La figura 6 ilustra una realización de ejemplo de una mesa/plataforma 170 (T/S) del sistema 100 de la figura 1. La T/S 170 incluye una mesa 171 ajustable, una plataforma o base 172, un brazo 173 ajustable y un poste 174 vertical. La mesa 171, la plataforma 172 y el brazo 173 están unidos, cada uno, al poste 174 vertical. La mesa 171 y el brazo 173 pueden ajustarse manualmente, cada uno, hacia arriba, hacia abajo y en rotación con respecto al poste 174 vertical. El brazo 173 se usa para sujetar diversas probetas de soldadura (por ejemplo, la probeta 175 de soldadura) y un usuario puede apoyar su brazo sobre la mesa 171 cuando recibe formación. El poste 174 vertical está indexado

con información de posición de tal manera que un usuario puede saber exactamente dónde están posicionados verticalmente el brazo 173 y la mesa 171 en el poste 171. Esta información de posición vertical puede introducirse en el sistema por un usuario usando la WUI 130 y el ODD 150.

5 Según una realización alternativa de la presente invención, las posiciones de la mesa 171 y el brazo 173 pueden establecerse automáticamente por el PSS 110 mediante ajustes previamente programados, o mediante la WUI 130 y/o el ODD 150 según se ordena por un usuario. En una realización alternativa de este tipo, la T/S 170 incluye, por ejemplo, motores y/o servomecanismos, y comandos de señal procedentes del PSS 110 activan los motores y/o servomecanismos. Según una realización alternativa adicional de la presente invención, las posiciones de la mesa 10 171 y el brazo 173 y el tipo de probeta se detectan por el sistema 100. De esta manera, un usuario no tiene que introducir manualmente la información de posición mediante la interfaz de usuario. En una realización alternativa de este tipo, la T/S 170 incluye detectores de posición y orientación y envía comandos de señal al PSS 110 para proporcionar información de posición y orientación, y la WC 175 incluye sensores de detección de posición (por ejemplo, sensores bobinados para detectar campos magnéticos). Un usuario puede ver una representación gráfica del ajuste de T/S 170 en el ODD 150 a medida que se cambian los parámetros de ajuste, según una realización de la presente invención. 15

La figura 7A ilustra una realización de ejemplo de una probeta 175 de soldadura (WC) de tubo del sistema 100 de la figura 1. La WC 175 simula dos tubos 175' y 175" de seis pulgadas de diámetro colocados juntos para formar una raíz 176 que va a soldarse. La WC 175 incluye una porción 177 de conexión en un extremo de la WC 175, que permite unir la WC 175 de una manera precisa y repetible al brazo 173. La figura 7B ilustra la WC 175 de tubo de la figura 7A montada en el brazo 173 de la mesa/plataforma (TS) 170 de la figura 6. La manera precisa y repetible en la que puede unirse la WC 175 al brazo 173 permite realizar la calibración espacial de la WC 175 tan sólo una vez en la fábrica. Después, en el campo, siempre que se le indique al sistema 100 la posición del brazo 173, el sistema 100 20 puede realizar un seguimiento de la MWT 160 y el FMDD 140 con respecto a la WC 175 en un entorno virtual. Una primera porción del brazo 173, al que está unida la WC 175, puede inclinarse con respecto a una segunda porción del brazo 173, tal como se muestra en la figura 6. Esto permite que el usuario practique la soldadura de tubos con el tubo en cualquiera de varias orientaciones y ángulos diferentes. 25

La figura 8 ilustra diversos elementos de una realización de ejemplo del seguidor 120 espacial (ST) de la figura 1. El ST 120 es un seguidor magnético que puede interconectarse operativamente con el PSS 110 del sistema 100. El ST 120 incluye una fuente 121 magnética y un cable de fuente, al menos un sensor 122 y cable asociado, software anfitrión en un disco 123, una fuente 124 de potencia y cable asociado, cables 125 de USB y RS-232, y una unidad 126 de seguimiento de procesador. La fuente 121 magnética puede conectarse operativamente a la unidad 126 de seguimiento de procesador mediante un cable. El sensor 122 puede conectarse operativamente a la unidad 126 de seguimiento de procesador mediante un cable. La fuente 124 de potencia puede conectarse operativamente a la unidad 126 de seguimiento de procesador mediante un cable. La unidad 126 de seguimiento de procesador puede conectarse operativamente al PSS 110 mediante un cable 125 de USB o RS-232. El software anfitrión en el disco 123 puede cargarse en el PSS 110 y permite la comunicación funcional entre el ST 120 y el PSS 110. 30

Haciendo referencia a la figura 6, la fuente 121 magnética del ST 120 está montada en la primera porción del brazo 173. La fuente 121 magnética crea un campo magnético alrededor de la fuente 121, incluyendo el espacio que abarca la WC 175 unida al brazo 173, lo cual establece un sistema de referencia espacial en 3D. La T/S 170 es en gran medida no metálica (no férrea y no conductora) para no perturbar el campo magnético creado por la fuente 121 magnética. El sensor 122 incluye tres bobinas de inducción ortogonalmente alineadas a lo largo de tres direcciones espaciales. Las bobinas de inducción del sensor 122 miden, cada una, la intensidad del campo magnético en cada una de las tres direcciones y proporcionan esa información a la unidad 126 de seguimiento de procesador. Como resultado, el sistema 100 puede saber dónde está cualquier porción de la WC 175 con respecto al sistema de referencia espacial en 3D establecido por el campo magnético cuando se monta la WC 175 en el brazo 173. El sensor 122 puede estar unido a la MWT 160 o al FMDD 140, permitiendo realizar un seguimiento de la MWT 160 o del FMDD 140 mediante el ST 120 con respecto al sistema de referencia espacial en 3D tanto en el espacio como en la orientación. Cuando se proporcionan dos sensores 122 y están operativamente conectados a la unidad 126 de seguimiento de procesador, puede realizarse un seguimiento tanto de la MWT 160 como del FMDD 140. De esta manera, el sistema 100 puede crear una WC virtual, una MWT virtual y una T/S virtual en el espacio de realidad virtual y visualizar la WC virtual, la MWT virtual y la T/S virtual en el FMDD 140 y/o el ODD 150 a medida que se realiza el seguimiento de la MWT 160 y el FMDD 140 con respecto al sistema de referencia espacial en 3D. 40 45 50 55

Según una realización alternativa de la presente invención, el/los sensor(es) 122 pueden interconectarse de manera inalámbrica con la unidad 126 de seguimiento de procesador, y la unidad 126 de seguimiento de procesador puede interconectarse de manera inalámbrica con el PSS 110. Según otras realizaciones alternativas de la presente invención, pueden usarse otros tipos de seguidores 120 espaciales en el sistema 100 incluyendo, por ejemplo, un seguidor basado en acelerómetro/giroscopio, un seguidor óptico (activo o pasivo), un seguidor de infrarrojos, un seguidor acústico, un seguidor por láser, un seguidor por radiofrecuencia, un seguidor inercial y sistemas de seguimiento basados en realidad aumentada. También pueden ser posibles otros tipos de seguidores. 60 65

La figura 9A ilustra una realización de ejemplo del dispositivo 140 de visualización montado en la cabeza (FMDD) del

sistema 100 de la figura 1. La figura 9B es una ilustración de cómo se fija el FMDD 140 de la figura 9A a la cabeza de un usuario. La figura 9C ilustra una realización de ejemplo del FMDD 140 de la figura 9A integrado en un casco 900 de soldadura. El FMDD 140 conecta se operativamente al PPS 110 y al ST 120 o bien mediante medios cableados o bien de manera inalámbrica. Un sensor 122 del ST 120 puede estar unido al FMDD 140 o al casco 900 de soldadura, según diversas realizaciones de la presente invención, permitiendo realizar un seguimiento del FMDD 140 y/o del casco 900 de soldadura con respecto al sistema de referencia espacial en 3D creado por el ST 120.

Según una realización de la presente invención, el FMDD 140 incluye dos micropantallas de OLED en 3D SVGA de alto contraste que pueden suministrar vídeo en movimiento completo fluido en los modos de vídeo secuencial en tramas y en 2D. Se proporciona vídeo del entorno de realidad virtual y se visualiza en el FMDD 140. Puede proporcionarse un modo de aumento (por ejemplo, 2X), permitiendo que un usuario simule una lente de aumento, por ejemplo.

El FMDD 140 incluye además dos altavoces 910 de auriculares, que permiten al usuario oír sonidos del entorno y relacionados con soldadura simulados producidos por el sistema 100. El FMDD 140 puede interconectarse operativamente con el PPS 110 mediante medios cableados o inalámbricos, según diversas realizaciones de la presente invención. Según una realización de la presente invención, el PPS 110 proporciona vídeo estereoscópico al FMDD 140, providing una percepción de profundidad potenciada al usuario. Según una realización alternativa de la presente invención, un usuario puede usar un control en la MWT 160 (por ejemplo, un botón o interruptor) para llamar o seleccionar menús y visualizar opciones en el FMDD 140. Esto puede permitir al usuario reiniciar fácilmente una soldadura si comete un error, cambiar determinados parámetros o retroceder un poco para volver a realizar una porción de una trayectoria de cordón de soldadura, por ejemplo.

La figura 10 ilustra una realización de ejemplo de un diagrama de bloques de subsistema del subsistema 110 basado en procesador programable (PPS) del sistema 100 de la figura 1. El PPS 110 incluye una unidad 111 central de procesamiento (CPU) y dos unidades 115 de procesamiento gráfico (GPU), según una realización de la presente invención. Las dos GPU 115 están programadas para proporcionar simulación de realidad virtual de un charco de soldadura (también conocido como baño de soldadura) que tiene características de absorción y disipación de calor y de fluidez de metal fundido en tiempo real, según una realización de la presente invención.

La figura 11 ilustra una realización de ejemplo de un diagrama de bloques de una unidad 115 de procesamiento gráfico (GPU) del PPS 110 de la figura 10. Cada GPU 115 soporta la implementación de algoritmos paralelos de datos. Según una realización de la presente invención, cada GPU 115 proporciona dos salidas 118 y 119 de vídeo que pueden proporcionar dos vistas de realidad virtual. Dos de las salidas de vídeo pueden dirigirse al FMDD 140, representando gráficamente el punto de vista del soldador, y una tercera salida de vídeo puede dirigirse al ODD 150, por ejemplo, representando gráficamente o bien el punto de vista del soldador o bien algún otro punto de vista. La cuarta salida de vídeo restante puede dirigirse a un proyector, por ejemplo. Ambas GPU 115 realizan los mismos cálculos de física de soldadura pero pueden representar gráficamente el entorno de realidad virtual desde los mismos o diferentes puntos de vista. La GPU 115 incluye una arquitectura 116 unificada de dispositivos de cálculo (CUDA) y un sombreador 117. La CUDA 116 es el motor de cálculo de la GPU 115 que está accesible para desarrolladores de software a través de lenguajes de programación convencionales de la industria. La CUDA 116 incluye núcleos paralelos y se usa para ejecutar el modelo de física de la simulación de charco de soldadura descrita en el presente documento. La CPU 111 proporciona datos de entrada de soldadura en tiempo real a la CUDA 116 en la GPU 115. El sombreador 117 es responsable de dibujar y aplicar todos los aspectos visuales de la simulación. Los aspectos visuales de cordón y de charco están impulsados por el estado de un mapa de desplazamiento de véxeles que se describirá a continuación en el presente documento. Según una realización de la presente invención, el modelo de física se ejecuta y actualiza a una tasa de aproximadamente 30 veces por segundo.

La figura 12 ilustra una realización de ejemplo de un diagrama de bloques funcionales del sistema 100 de la figura 1. Los diversos bloques funcionales del sistema 100 tal como se muestra en la figura 12 se implementan en gran medida mediante instrucciones de software y módulos que se ejecutan en el PPS 110. Los diversos bloques funcionales del sistema 100 incluyen una interfaz 1201 física, modelos 1202 de soplete y pinza, modelos 1203 de entorno, funcionalidad 1204 de contenido de sonido, sonidos 1205 de soldadura, modelo 1206 de plataforma/mesa, funcionalidad 1207 de arquitectura interna, funcionalidad 1208 de calibración, modelos 1210 de probeta, física 1211 de soldadura, herramienta 1212 de ajuste de física interna (modificador), funcionalidad 1213 de interfaz gráfica de usuario, funcionalidad 1214 de representación gráfica, funcionalidad 1215 de informes de estudiante, representador 1216 gráfico, representación 1217 gráfica de cordón, texturas 1218 en 3D, funcionalidad 1219 de pistas visuales, funcionalidad 1220 de puntuación y tolerancia, editor 1221 de tolerancia y efectos 1222 especiales.

La funcionalidad 1207 de arquitectura interna proporciona la logística de software de nivel superior de los procedimientos del sistema 100 incluyendo, por ejemplo, cargar archivos, contener información, gestionar hilos, encender el modelo de física y activar menús. La funcionalidad 1207 de arquitectura interna se ejecuta en la CPU 111, según una realización de la presente invención. Determinadas entradas en tiempo real en el PPS 110 incluyen ubicación de arco, posición de pistola, posición de FMDD o casco, estado encendido/apagado de pistola y estado de realización de contacto (sí/no).

La funcionalidad 1213 de interfaz gráfica de usuario permite que un usuario, a través del ODD 150, use la palanca 132 de mando de la interfaz 130 de usuario física, para establecer una situación de soldadura. Según una realización de la presente invención, el establecimiento de una situación de soldadura incluye seleccionar un idioma, introducir un nombre de usuario, seleccionar una placa de práctica (es decir, una probeta de soldadura), seleccionar un procedimiento de soldadura (por ejemplo, FCAW, GMAW, SMAW) y métodos asociados de pulverización axial, pulso o arco corto, seleccionar un tipo de gas y velocidad de flujo, seleccionar un tipo de electrodo de varilla (por ejemplo, 6010 ó 7018) y seleccionar un tipo de alambre con núcleo de fundente (por ejemplo, autoprotegido, protegido por gas). El establecimiento de una situación de soldadura también incluye seleccionar una altura de mesa, una altura de brazo, una posición de brazo y una rotación de brazo de la T/S 170. El establecimiento de una situación de soldadura incluye además seleccionar un entorno (por ejemplo, un entorno de fondo en el espacio de realidad virtual), establecer una velocidad de alimentación de alambre, establecer un nivel de tensión, establecer un amperaje, seleccionar una polaridad y encender o apagar pistas visuales particulares.

Durante una situación de soldadura simulada, la funcionalidad 1214 de representación gráfica recopila parámetros de desempeño de usuario y proporciona los parámetros de desempeño de usuario a la funcionalidad 1213 de interfaz gráfica de usuario para visualizar en un formato gráfico (por ejemplo, en el ODD 150). Se alimenta información de seguimiento desde el ST 120 al interior de la funcionalidad 1214 de representación gráfica. La funcionalidad 1214 de representación gráfica incluye un módulo de análisis simple (SAM) y un módulo de análisis de basculación/tejido (WWAM). El SAM analiza parámetros de soldadura de usuario incluyendo ángulo de desplazamiento de soldadura, velocidad de desplazamiento, ángulo de soldadura, posición y distancia de punta a trabajo comparando los parámetros de soldadura con datos almacenados en tablas de cordón. El WWAM analiza parámetros de basculación de usuario incluyendo separación de círculos, tiempo de basculación y tiempo de charco. El WWAM también analiza parámetros de tejido incluyendo anchura de tejido, separación de tejido y tiempo de tejido. El SAM y el WWAM interpretan datos de entrada sin procesar (por ejemplo, datos de posición y orientación) para dar datos funcionalmente utilizables para la representación gráfica. Para cada parámetro analizado por el SAM y el WWAM, se define un intervalo de tolerancia mediante límites de parámetros alrededor de un punto de referencia óptimo o ideal introducido en tablas de cordón usando el editor 1221 de tolerancia y se realiza la funcionalidad 1220 de puntuación y tolerancia.

El editor 1221 de tolerancia incluye un dispositivo Weldometer que realiza una aproximación del uso de material, uso de electricidad y tiempo de soldadura. Además, cuando determinados parámetros están fuera de la tolerancia, pueden producirse discontinuidades de soldadura (es decir, defectos de soldadura). El estado de cualquier discontinuidad de soldadura se procesa mediante la funcionalidad 1214 de representación gráfica y se presenta mediante la funcionalidad 1213 de interfaz gráfica de usuario en un formato gráfico. Tales discontinuidades de soldadura incluyen tamaño de soldadura inapropiado, mala colocación del cordón, cordón cóncavo, convexidad excesiva, socavado, porosidad, fusión incompleta, atrapamiento de escoria, desbordamiento, perforación y salpicadura excesiva. Según una realización de la presente invención, el nivel o cantidad de una discontinuidad depende de lo alejado que esté un parámetro de usuario particular con respecto al punto de referencia óptimo o ideal.

Pueden predefinirse diferentes límites de parámetros para diferentes tipos de usuarios tales como, por ejemplo, principiantes de soldadura, expertos de soldadura y persona en una feria comercial. La funcionalidad 1220 de puntuación y tolerancia proporciona puntuaciones en números dependiendo de lo cerca que esté un usuario de un punto óptimo (ideal) para un parámetro particular y dependiendo del nivel de discontinuidades o defectos presentes en la soldadura. Los valores óptimos se derivan de datos del mundo real. Puede usarse información procedente de la funcionalidad 1220 de puntuación y tolerancia y de la funcionalidad 1214 de representación gráfica por la funcionalidad 1215 de informes de estudiante para crear un informe de desempeño para un instructor y/o un estudiante.

El sistema 100 puede analizar y visualizar los resultados de actividad de soldadura virtual. Por analizar los resultados, quiere decirse que el sistema 100 puede determinar cuándo durante la pasada de soldadura y dónde a lo largo de las uniones de soldadura, se desvió el usuario de los límites aceptables del procedimiento de soldadura. Puede atribuirse una puntuación al desempeño del usuario. En una realización, la puntuación puede ser una función de desviación en cuanto a la posición, orientación y velocidad de la herramienta 160 de soldadura de simulacro a través de intervalos de tolerancias, que pueden extenderse desde una pasada de soldadura ideal hasta una actividad de soldadura marginal o inaceptable. Puede incorporarse cualquier gradiente de intervalos en el sistema 100 según se elija para puntuar el desempeño del usuario. Puede visualizarse la puntuación de manera numérica o alfanumérica. Adicionalmente, puede visualizarse gráficamente el desempeño del usuario mostrando, en cuanto al tiempo y/o la posición a lo largo de la unión de soldadura, lo cerca que atravesó la herramienta de soldadura de simulacro la unión de soldadura. Parámetros tales como ángulo de desplazamiento, ángulo de trabajo, velocidad y distancia desde la unión de soldadura son ejemplos de lo que puede medirse, aunque puede analizarse cualquier parámetro con fines de puntuación. Los intervalos de tolerancia de los parámetros se toman a partir de datos de soldadura del mundo real, proporcionando de ese modo una realimentación precisa sobre cómo será el desempeño del usuario en el mundo real. En otra realización, también puede incorporarse un análisis de los defectos correspondientes al desempeño del usuario y visualizarse en el ODD 150. En esta realización, puede representarse un gráfico que indica qué tipo de discontinuidad se produjo como resultado de medir los diversos parámetros

monitorizados durante la actividad de soldadura virtual. Aunque las oclusiones pueden no ser visibles en el ODD 150, todavía pueden producirse defectos como resultado del desempeño del usuario, cuyos resultados todavía pueden visualizarse de manera correspondiente, es decir representarse gráficamente.

5 La funcionalidad 1219 de pistas visuales proporciona realimentación inmediata al usuario visualizando colores e indicadores superpuestos en el FMDD 140 y/o el ODD 150. Se proporcionan pistas visuales para cada uno de los parámetros 151 de soldadura incluyendo posición, distancia de punta a trabajo, ángulo de soldadura, ángulo de desplazamiento, velocidad de desplazamiento y longitud de arco (por ejemplo, para soldadura por varilla) e indican visualmente al usuario si debe ajustarse algún aspecto de la técnica de soldadura del usuario basándose en los límites o tolerancias predefinidos. También pueden proporcionarse pistas visuales para la técnica de basculación/tejido y separación de "círculos" de cordón de soldadura, por ejemplo. Pueden establecerse pistas visuales de manera independiente o en cualquier combinación deseada.

15 La funcionalidad 1208 de calibración proporciona la capacidad de hacer coincidir componentes físicos en el espacio del mundo real (sistema de referencia en 3D) con componentes visuales en el espacio de realidad virtual. Cada tipo diferente de probeta de soldadura (WC) se calibra en la fábrica montando la WC en el brazo 173 de la T/S 170 y tocando la WC en puntos predefinidos (indicados, por ejemplo, mediante tres marcas en la WC) con un lápiz de calibración operativamente conectado al ST 120. El ST 120 lee las intensidades de campo magnético en los puntos predefinidos, proporciona información de posición al PPS 110 y el PPS 110 usa la información de posición para realizar la calibración (es decir, la traducción del espacio del mundo real al espacio de realidad virtual).

Cualquier tipo particular de WC se ajusta en el brazo 173 de la T/S 170 de la misma manera repetible dentro de tolerancias muy estrechas. Por tanto, una vez calibrado un tipo de WC particular, no se tiene que volver a calibrar ese tipo de WC (es decir, la calibración de un tipo particular de WC es un acontecimiento que se produce una vez). Las WC del mismo tipo son intercambiables. La calibración garantiza que la realimentación física percibida por el usuario durante un procedimiento de soldadura corresponde a lo que se visualiza para el usuario en el espacio de realidad virtual, haciendo que la simulación parezca más real. Por ejemplo, si el usuario desliza la punta de una MWT 160 alrededor de la esquina de una WC 180 real, el usuario verá la punta deslizarse alrededor de la esquina de la WC virtual en el FMDD 140 a medida que el usuario siente que la punta se desliza alrededor de la esquina real. Según una realización de la presente invención, la MWT 160 se coloca en un dispositivo de fijación previamente posicionado y también se calibra, basándose en la posición conocida de dispositivo de fijación.

Según una realización alternativa de la presente invención, se proporcionan probetas "inteligentes", que tienen sensores, por ejemplo, en las esquinas de las probetas. El ST 120 puede realizar el seguimiento de las esquinas de una probeta "inteligente" de tal manera que el sistema 100 sabe continuamente dónde está la probeta "inteligente" en el espacio en 3D en el mundo real. Según una realización alternativa adicional de la presente invención, se proporcionan claves de licencia para "desbloquear" probetas de soldadura. Cuando se adquiere una WC particular, se proporciona una clave de licencia que permite al usuario introducir la clave de licencia en el sistema 100, desbloqueando el software asociado con esa WC. Según otra realización de la presente invención, pueden proporcionarse probetas de soldadura especiales, no convencionales, basándose en dibujos de piezas de CAD en el mundo real. Es posible que los usuarios puedan recibir formación sobre la soldadura de una pieza de CAD incluso antes de que la pieza se produzca realmente en el mundo real.

La funcionalidad 1204 de contenido de sonido y los sonidos 1205 de soldadura proporcionan tipos particulares de sonidos de soldadura que cambian dependiendo de si determinados parámetros de soldadura están dentro de la tolerancia o fuera de la tolerancia. Los sonidos se ajustan a medida a los diversos parámetros y procedimientos de soldadura. Por ejemplo, en un procedimiento de soldadura por arco de pulverización de MIG, se proporciona un sonido de chisporroteo cuando el usuario no tiene la MWT 160 correctamente posicionada, y se proporciona un sonido de silbido cuando la MWT 160 está correctamente posicionada. En un procedimiento de soldadura por arco corto, se proporciona un sonido de fritura o chisporroteo constante para una técnica de soldadura apropiada, y puede proporcionarse un sonido de silbido cuando está produciéndose socavado. Estos sonidos imitan los sonidos en el mundo real correspondientes a una técnica de soldadura correcta e incorrecta.

Puede captarse contenido de sonido de alta fidelidad a partir de grabaciones en el mundo real de soldadura real usando una variedad de medios electrónicos y mecánicos, según diversas realizaciones de la presente invención. Según una realización de la presente invención, el volumen y la direccionalidad percibidos del sonido se modifican dependiendo de la posición, orientación y distancia de la cabeza del usuario (suponiendo que el usuario lleva puesto un FMDD 140 que se somete a seguimiento por el ST 120) con respecto al arco simulado entre la MWT 160 y la WC 180. Puede proporcionarse sonido al usuario mediante altavoces 910 de auriculares en el FMDD 140 o mediante altavoces configurados en la consola 135 o la T/S 170, por ejemplo.

Se proporcionan modelos 1203 de entorno para proporcionar diversas escenas de fondo (estáticas y en movimiento) en el espacio de realidad virtual. Tales entornos de fondo pueden incluir, por ejemplo, un taller de soldadura de interior, una pista de carreras de exterior, un taller de coches, etc., y pueden incluir coches en movimiento, personas, pájaros, nubes y diversos sonidos ambientales. El entorno de fondo puede ser interactivo, según una realización de la presente invención. Por ejemplo, un usuario puede tener que examinar una zona de fondo, antes de comenzar a

soldar, para asegurarse de que el entorno es apropiado (por ejemplo, seguro) para soldar. Se proporcionan modelos 1202 de soplete y pinza que modelizan diversas MWT 160 incluyendo, por ejemplo, pistolas, elementos de sujeción con electrodos de varilla, etc., en el espacio de realidad virtual.

5 Se proporcionan modelos 1210 de probeta que modelizan diversas WC 180 incluyendo, por ejemplo, probetas de placa plana, probetas de unión en T, probetas de unión a tope, probetas de soldadura en surco y probetas de tubo (por ejemplo, tubo de 2 pulgadas de diámetro y tubo de 6 pulgadas de diámetro) en el espacio de realidad virtual. Se proporciona un modelo 1206 de plataforma/mesa que modeliza las diversas partes de la T/S 170 incluyendo una mesa 171 ajustable, una plataforma 172, un brazo 173 ajustable y un poste 174 vertical en el espacio de realidad virtual. Se proporciona un modelo 1201 de interfaz física que modeliza las diversas partes de la interfaz 130 de usuario de soldadura, la consola 135 y el ODD 150 en el espacio de realidad virtual.

15 Según una realización de la presente invención, se logra la simulación de un charco o baño de soldadura en el espacio de realidad virtual en la que el charco de soldadura simulado tiene características de disipación de calor y fluidez de metal fundido en tiempo real. En el centro de la simulación de charco de soldadura se encuentra la funcionalidad 1211 de física de soldadura (también conocida como modelo de física) que se ejecuta en las GPU 115, según una realización de la presente invención. La funcionalidad de física de soldadura emplea una técnica de doble capa de desplazamiento para modelizar con precisión la fluidez/viscosidad dinámica, solidez, gradiente de calor (absorción y disipación de calor), estela de charco y forma de cordón, y se describe en más detalle en el presente documento con respecto a las figuras 14A-14B.

25 La funcionalidad 1211 de física de soldadura se comunica con la funcionalidad 1217 de representación gráfica de cordón para representar un cordón de soldadura en todos los estados desde el estado fundido calentado hasta el estado solidificado enfriado. La funcionalidad 1217 de representación gráfica de cordón usa información procedente de la funcionalidad 1211 de física de soldadura (por ejemplo, calor, fluidez, desplazamiento, separación de círculos) para representar gráficamente de manera precisa y realista un cordón de soldadura en el espacio de realidad virtual en tiempo real. La funcionalidad 1218 de texturas en 3D proporciona mapas de textura a la funcionalidad 1217 de representación gráfica de cordón para superponer texturas adicionales (por ejemplo, chamuscado, escoria, grano) sobre el cordón de soldadura simulado. Por ejemplo, puede mostrarse escoria representada gráficamente sobre un cordón de soldadura durante y justo después de un procedimiento de soldadura, y después retirarse para revelar el cordón de soldadura subyacente. La funcionalidad 1216 de representador gráfico se usa para representar gráficamente diversas características no específicas de charco usando información procedente del módulo 1222 de efectos especiales incluyendo chispas, salpicadura, humo, brillo de arco, vapores y gases, y determinadas discontinuidades tales como, por ejemplo, socavado y porosidad.

35 La herramienta 1212 de ajuste de física interna es una herramienta de modificación que permite definir, actualizar y modificar diversos parámetros de física de soldadura para los diversos procedimientos de soldadura. Según una realización de la presente invención, la herramienta 1212 de ajuste de física interna se ejecuta en la CPU 111 y los parámetros ajustados o actualizados se descargan a las GPU 115. Los tipos de parámetros que pueden ajustarse mediante la herramienta 1212 de ajuste de física interna incluyen parámetros relacionados con probetas de soldadura, parámetros de procedimiento que permiten cambiar un procedimiento sin tener que reiniciar una probeta de soldadura (permite realizar una segunda pasada), diversos parámetros globales que pueden cambiarse sin reiniciar toda la simulación, y otros diversos parámetros.

45 La figura 13 es un diagrama de flujo de una realización de un método 1300 de formación usando el sistema 100 de formación de realidad virtual de la figura 1. En la etapa 1310, se mueve una herramienta de soldadura de simulacro con respecto a una probeta de soldadura según una técnica de soldadura. En la etapa 1320, se realiza un seguimiento de la posición y orientación de la herramienta de soldadura de simulacro en un espacio tridimensional usando un sistema de realidad virtual. En la etapa 1330, se ve una visualización del sistema de soldadura de realidad virtual que muestra una simulación de realidad virtual en tiempo real de la herramienta de soldadura de simulacro y la probeta de soldadura en un espacio de realidad virtual a medida que la herramienta de soldadura de simulacro simulada deposita un material de cordón de soldadura simulado sobre al menos una superficie simulada de la probeta de soldadura simulada formando un charco de soldadura simulado en las inmediaciones de un arco simulado que se emite desde dicha herramienta de soldadura de simulacro simulada. En la etapa 1340, se ven en la visualización características de disipación de calor y fluidez de metal fundido en tiempo real del charco de soldadura simulado. En la etapa 1350, se modifica en tiempo real al menos un aspecto de la técnica de soldadura en respuesta a ver las características de disipación de calor y fluidez de metal fundido en tiempo real del charco de soldadura simulado.

60 El método 1300 ilustra cómo un usuario puede ver un charco de soldadura en el espacio de realidad virtual y modificar su técnica de soldadura en respuesta a ver diversas características del charco de soldadura simulado, incluyendo fluidez de metal fundido en tiempo real (por ejemplo, viscosidad) y disipación de calor. El usuario también puede ver y responder a otras características incluyendo estela de charco y separación de círculos en tiempo real. Viendo y respondiendo a características del charco de soldadura es como se realizan realmente la mayoría de las operaciones de soldadura en el mundo real. La modelización de capa de desplazamiento doble de la funcionalidad 1211 de física de soldadura ejecutada en las GPU 115 permite modelizar con precisión y representar para el usuario

tales características de disipación de calor y fluidez de metal fundido en tiempo real. Por ejemplo, la disipación de calor determina el tiempo de solidificación (es decir, cuánto tiempo tarda un wéxel en solidificarse completamente).

Además, un usuario puede realizar una segunda pasada sobre el material de cordón de soldadura usando una herramienta de soldadura de simulacro y/o procedimiento de soldadura iguales o diferentes (por ejemplo, segundos). En una situación de segunda pasada de este tipo, la simulación muestra la herramienta de soldadura de simulacro simulada, la probeta de soldadura y el material de cordón de soldadura simulado original en el espacio de realidad virtual a medida que la herramienta de soldadura de simulacro simulada deposita un segundo material de cordón de soldadura simulado que se fusiona con el primer material de cordón de soldadura simulado formando un segundo charco de soldadura simulado en las inmediaciones de un arco simulado que se emite desde la herramienta de soldadura de simulacro simulada. Pueden realizarse pasadas posteriores adicionales usando herramientas de soldadura o procedimientos iguales o diferentes de una manera similar. En cualquier segunda pasada o posterior, el material de cordón de soldadura anterior se fusiona con el nuevo material de cordón de soldadura que está depositándose a medida que se forma un nuevo charco de soldadura en el espacio de realidad virtual a partir de la combinación de cualquiera del material de cordón de soldadura anterior, el nuevo material de cordón de soldadura y posiblemente el material de probeta subyacente según determinadas realizaciones de la presente invención. Tales pasadas posteriores pueden necesitar realizar una soldadura de surco o de solape grande, realizada para reparar un cordón de soldadura formado por una pasada anterior, por ejemplo, o pueden incluir una pasada en caliente y una o más pasadas de relleno y recubrimiento después de una pasada de raíz tal como se realiza en la soldadura de tubos. Según diversas realizaciones de la presente invención, el cordón de soldadura y el material de base pueden incluir acero blando, acero inoxidable, aluminio, aleaciones a base de níquel u otros materiales.

Las figuras 14A-14B ilustran el concepto de un mapa 1420 de desplazamiento de elementos de soldadura (wéxeles), según una realización de la presente invención. La figura 14A muestra una vista lateral de una probeta 1400 de soldadura (WC) plana que tiene una superficie 1410 superior plana. La probeta 1400 de soldadura existe en el mundo real, por ejemplo, como una pieza de plástico, y también existe en el espacio de realidad virtual como probeta de soldadura simulada. La figura 14B muestra una representación de la superficie 1410 superior de la WC 1400 simulada descompuesta en una rejilla o matriz de elementos de soldadura (es decir, wéxeles) que forman un mapa 1420 de wéxeles. Cada wéxel (por ejemplo, el wéxel 1421) define una pequeña porción de la superficie 1410 de la probeta de soldadura. El mapa de wéxeles define la resolución de superficie. A cada wéxel se le asignan valores de parámetros de canal que pueden cambiar, permitiendo cambiar dinámicamente los valores de cada wéxel en tiempo real en el espacio de soldadura de realidad virtual durante un procedimiento de soldadura simulada. Los valores de parámetros de canal que pueden cambiar corresponden a los canales de charco (desplazamiento de fluidez/viscosidad de metal fundido), calor (absorción/disipación de calor), desplazamiento (desplazamiento sólido) y adicionales (diversos estados adicionales, por ejemplo, escoria, grano, chamuscado, metal virgen). Estos canales que pueden cambiar se denominan en el presente documento PHED por charco, calor, adicionales y desplazamiento, respectivamente.

La figura 15 ilustra una realización de ejemplo de un espacio de probeta y un espacio de soldadura de la probeta 1400 de soldadura (WC) plana de la figura 14 simulada en el sistema 100 de la figura 1. Los puntos O, X, Y y Z definen el espacio de probeta en 3D local. En general, cada tipo de probeta define el mapeo desde el espacio de probeta en 3D hasta el espacio de soldadura de realidad virtual en 2D. El mapa 1420 de wéxeles de la figura 14 es una matriz bidimensional de valores que se mapean al espacio de soldadura en realidad virtual. Un usuario debe soldar desde el punto B hasta el punto E tal como se muestra en la figura 15. Se muestra una línea de trayectoria desde el punto B hasta el punto E tanto en el espacio de probeta en 3D como en el espacio de soldadura en 2D en la figura 15.

Cada tipo de probeta define la dirección de desplazamiento para cada ubicación en el mapa de wéxeles. Para la probeta de soldadura plana de la figura 15, la dirección de desplazamiento es la misma en todas las ubicaciones en el mapa de wéxeles (es decir, en la dirección Z). Las coordenadas de textura del mapa de wéxeles se muestran como S, T (algunas veces denominada U, V) tanto en el espacio de probeta en 3D como en el espacio de soldadura en 2D, con el fin de aclarar el mapeo. El mapa de wéxeles se mapea a, y representa, la superficie 1410 rectangular de la probeta 1400 de soldadura.

La figura 16 ilustra una realización de ejemplo de un espacio de probeta y un espacio de soldadura de una probeta 1600 de soldadura (WC) de esquina (de unión en T) simulada en el sistema 100 de la figura 1. La WC 1600 de esquina tiene dos superficies 1610 y 1620 en el espacio de probeta en 3D que se mapean al espacio de soldadura en 2D tal como se muestra en la figura 16. De nuevo, los puntos O, X, Y y Z definen el espacio de probeta en 3D local. Las coordenadas de textura del mapa de wéxeles se muestran como S, T tanto en el espacio de probeta en 3D como en el espacio de soldadura en 2D, con el fin de aclarar el mapeo. Un usuario debe soldar desde el punto B hasta el punto E tal como se muestra en la figura 16. Se muestra una línea de trayectoria desde el punto B hasta el punto E tanto en el espacio de probeta en 3D como en el espacio de soldadura en 2D en la figura 16. Sin embargo, la dirección de desplazamiento es hacia la línea X'-O' tal como se muestra en el espacio de probeta en 3D, hacia la esquina opuesta tal como se muestra en la figura 16.

La figura 17 ilustra una realización de ejemplo de un espacio de probeta y un espacio de soldadura de una probeta

1700 de soldadura (WC) de tubo simulada en el sistema 100 de la figura 1. La WC 1700 de tubo tiene una superficie 1710 curva en el espacio de probeta en 3D que se mapea al espacio de soldadura en 2D tal como se muestra en la figura 17. De nuevo, los puntos O, X, Y y Z definen el espacio de probeta en 3D local. Las coordenadas de textura del mapa de wéxeles se muestran como S, T tanto en el espacio de probeta en 3D como en el espacio de soldadura en 2D, con el fin de aclarar el mapeo. Un usuario debe soldar desde el punto B hasta el punto E a lo largo de una trayectoria curva tal como se muestra en la figura 17. Se muestra una curva y línea de trayectoria desde el punto B hasta el punto E en el espacio de probeta en 3D y el espacio de soldadura en 2D, respectivamente, en la figura 17. La dirección de desplazamiento es alejándose de la línea Y-O (es decir, alejándose del centro del tubo). La figura 18 ilustra una realización de ejemplo de la probeta 1700 de soldadura (WC) de tubo de la figura 17. La WC 1700 de tubo se fabrica de un plástico no férnico, no conductor, y simula dos fragmentos 1701 y 1702 de tubo que se juntan para formar una unión 1703 de raíz. También se muestra una pieza 1704 de fijación para fijarse al brazo 173 de la T/S 170.

De una manera similar a la que puede mapearse un mapa de textura a una zona de superficie rectangular de una geometría, puede mapearse un mapa de wéxeles que puede soldarse a una superficie rectangular de una probeta de soldadura. Cada elemento del mapa que puede soldarse se denomina wéxel en el mismo sentido en el que cada elemento de una imagen se denomina píxel (una contracción de "picture element" (elemento de imagen)). Un píxel contiene canales de información que definen un color (por ejemplo, rojo, verde, azul, etc.). Un wéxel contiene canales de información (por ejemplo, P, H, E, D) que definen una superficie que puede soldarse en el espacio de realidad virtual.

Según una realización de la presente invención, el formato de un wéxel se resume como canales PHED (charco, calor, adicionales, desplazamiento) que contienen cuatro números de puntos flotantes. El canal de adicionales se trata como un conjunto de bits que almacenan información lógica sobre el wéxel tal como, por ejemplo, si hay cualquier escoria o no en la ubicación de wéxel. El canal de charco almacena un valor de desplazamiento para cualquier metal licuado en la ubicación de wéxel. El canal de desplazamiento almacena un valor de desplazamiento para el metal solidificado en la ubicación de wéxel. El canal de calor almacena un valor que da la magnitud de calor en la ubicación de wéxel. De esta manera, la parte que puede soldarse de la probeta puede mostrar desplazamiento debido a un cordón soldado, un "charco" de superficie resplandeciente debido a metal líquido, color debido a calor, etc. Todos estos efectos se logran mediante los sombreadores de vértices y píxeles aplicados a la superficie que puede soldarse.

Según una realización de la presente invención, se usan un mapa de desplazamiento y un sistema de partículas en los que las partículas pueden interaccionar entre sí y colisionar con el mapa de desplazamiento. Las partículas son partículas de fluido dinámico virtuales y proporcionan el comportamiento líquido del charco de soldadura, pero no se representan gráficamente de manera directa (es decir, no se observan visualmente de manera directa). En vez de eso, sólo se observan visualmente los efectos de partículas sobre el mapa de desplazamiento. La introducción de calor en un wéxel afecta al movimiento de partículas cercanas. Hay dos tipos de desplazamiento implicados en la simulación de un charco de soldadura que incluyen charco y desplazamiento. El charco es "temporal" y sólo dura mientras estén presentes partículas y calor. El desplazamiento es "permanente". El desplazamiento de charco es el metal líquido de la soldadura que cambia rápidamente (por ejemplo, resplandece) y puede considerarse que está "encima" del desplazamiento. Las partículas recubren una porción de un mapa de desplazamiento de superficie (es decir, un mapa de wéxeles). El desplazamiento representa el metal sólido permanente incluyendo tanto el metal de base inicial como el cordón de soldadura que se ha solidificado.

Según una realización de la presente invención, el procedimiento de soldadura simulada en el espacio de realidad virtual funciona de la siguiente manera: se produce un flujo de partículas desde el emisor (emisor de la MWT 160 simulada) en un cono delgado. Las partículas entran en primer lugar en contacto con la superficie de la probeta de soldadura simulada en la que la superficie está definida por un mapa de wéxeles. Las partículas interaccionan entre sí y con el mapa de wéxeles y se acumulan en tiempo real. Se añade más calor cuanto más cerca está un wéxel del emisor. Se modeliza el calor dependiendo de la distancia desde el punto de arco y la cantidad de tiempo que se introduce calor a partir del arco. Determinados aspectos visuales (por ejemplo, color, etc.) están impulsados por el calor. Se dibuja o representa gráficamente un charco de soldadura en el espacio de realidad virtual para wéxeles que tienen suficiente calor. Donde está suficientemente caliente, el mapa de wéxeles se licúa, provocando que el desplazamiento de charco "suba" para esas ubicaciones de wéxel. El desplazamiento de charco se determina muestreando las partículas "más altas" en cada ubicación de wéxel. A medida que el emisor se mueve a lo largo de la trayectoria de soldadura, las ubicaciones de wéxel que quedan atrás se enfrían. Se retira calor a partir de una ubicación de wéxel a una tasa particular. Cuando se alcanza un umbral de enfriamiento, el mapa de wéxeles se solidifica. Como tal, el desplazamiento de charco se convierte gradualmente en desplazamiento (es decir, un cordón solidificado). El desplazamiento añadido es equivalente al charco retirado de tal manera que la altura global no cambia. Las vidas útiles de partículas se modifican o ajustan para persistir hasta que se completa la solidificación. Determinadas propiedades de partículas que se modelizan en el sistema 100 incluyen atracción/repulsión, velocidad (relacionada con el calor), amortiguación (relacionada con la disipación de calor), dirección (relacionada con la gravedad).

Las figuras 19A-19C ilustran una realización de ejemplo del concepto de un modelo de charco de desplazamiento

5 doble (desplazamiento y partículas) del sistema 100 de la figura 1. Se simulan probetas de soldadura en el espacio de realidad virtual que tienen al menos una superficie. Las superficies de la probeta de soldadura se simulan en el espacio de realidad virtual como capa de desplazamiento doble que incluye una capa de desplazamiento sólido y una capa de desplazamiento de charco. La capa de desplazamiento de charco puede modificar la capa de desplazamiento sólido.

10 Tal como se describe en el presente documento, el “charco” está definido por una zona del mapa de wéxeles en la que el valor de charco ha subido por la presencia de partículas. El procedimiento de muestreo se representa en las figuras 19A-19C. Se muestra una sección de un mapa de wéxeles que tiene siete wéxeles adyacentes. Los vectores de desplazamiento actual se representan mediante barras 1910 rectangulares no sombreadas de una altura dada (es decir, un desplazamiento dado para cada wéxel). En la figura 19A, las partículas 1920 se muestran como puntos redondos no sombreados que colisionan con los niveles de desplazamiento actual y se acumulan. En la figura 19B, se muestran las alturas 1930 de partícula “más altas” en cada ubicación de wéxel. En la figura 19C, los rectángulos 1940 sombreados muestran cuánto charco se ha añadido encima del desplazamiento como resultado de las partículas. La altura de charco de soldadura no se establece instantáneamente a los valores muestreados dado que el charco se añade a una tasa de licuación particular basándose en el calor. Aunque no se muestra en las figuras 19A-19C, es posible visualizar el proceso de solidificación a medida que el charco (rectángulos sombreados) se contrae gradualmente y el desplazamiento (rectángulos no sombreados) crece gradualmente desde abajo para ocupar exactamente el lugar del charco. De esta manera, se simulan con precisión características de fluidez de metal fundido en tiempo real. A medida que un usuario practica un procedimiento de soldadura particular, el usuario puede observar las características de fluidez de metal fundido y las características de disipación de calor del charco de soldadura en tiempo real en el espacio de realidad virtual y usar esta información para ajustar o mantener su técnica de soldadura.

25 El número de wéxeles que representan la superficie de una probeta de soldadura es fijo. Además, las partículas de charco que se generan mediante la simulación para modelizar la fluidez son temporales, tal como se describe en el presente documento. Por tanto, una vez generado un charco inicial en el espacio de realidad virtual durante un procedimiento de soldadura simulada usando el sistema 100, el número de wéxeles más las partículas de charco tiende a permanecer relativamente constante. Esto se debe a que el número de wéxeles que están procesándose es fijo y el número de partículas de charco que existen y están procesándose durante el procedimiento de soldadura tienden a permanecer relativamente constantes porque las partículas de charco están creándose y “destruyéndose” a una tasa similar (es decir, las partículas de charco son temporales). Por tanto, la carga de procesamiento del PPS 110 permanece relativamente constante durante una sesión de soldadura simulada.

35 Según una realización alternativa de la presente invención, pueden generarse partículas de charco dentro o por debajo de la superficie de la probeta de soldadura. En una realización de este tipo, puede modelizarse el desplazamiento como positivo o negativo con respecto al desplazamiento de superficie original de una probeta virgen (es decir, sin soldar). De esta manera, las partículas de charco pueden no sólo acumularse sobre la superficie de una probeta de soldadura, sino también penetrar en la probeta de soldadura. Sin embargo, el número de wéxeles todavía es fijo y las partículas de charco que están creándose y destruyéndose todavía son relativamente constantes.

45 Según realizaciones alternativas de la presente invención, en lugar de modelizar partículas, puede proporcionarse un mapa de desplazamiento de wéxeles que tiene más canales para modelizar la fluidez del charco. O, en vez de modelizar partículas, puede modelizarse un mapa de wéxeles denso. O, en vez de un mapa de wéxeles, pueden modelizarse únicamente partículas que se muestrean y nunca desaparecen. Sin embargo, tales realizaciones alternativas pueden no proporcionar una carga de procesamiento relativamente para el sistema.

50 Además, según una realización de la presente invención, se simula una penetración o una incisión eliminando material. Por ejemplo, si un usuario mantiene un arco en la misma ubicación durante demasiado tiempo, en el mundo real, el material se eliminará mediante quemado provocando un orificio. Tal perforación en el mundo real se simula en el sistema 100 mediante técnicas de eliminación de wéxeles. Si se determina que la cantidad de calor absorbida por un wéxel es demasiado alta por el sistema 100, puede marcarse o designarse ese wéxel como eliminado por quemado y representarse gráficamente de esa manera (por ejemplo, representarse gráficamente como un orificio). Sin embargo, posteriormente, puede producirse reconstitución de wéxel para determinados procedimientos de soldadura (por ejemplo, soldadura de tubo) en los que se añade material de vuelta después de eliminarse inicialmente por quemado. En general, el sistema 100 simula la eliminación de wéxeles (retirando material) y la reconstitución de wéxeles (es decir, añadiendo material de vuelta). Además, la retirada de material en soldadura de pasada de raíz se simula de manera apropiada en el sistema 100.

60 Además, la retirada de material en soldadura de pasada de raíz se simula de manera apropiada en el sistema 100. Por ejemplo, en el mundo real, puede realizarse el esmerilado de la pasada de raíz antes de pasadas de soldadura posteriores. De manera similar, el sistema 100 puede simular una pasada de esmerilado que retira material a partir de la unión de soldadura virtual. Se apreciará que el material retirado puede modelizarse como desplazamiento negativo en el mapa de wéxeles. Es decir que la pasada de esmerilado retira material que se modeliza por el sistema 100 dando como resultado un contorno de cordón alterado. La simulación de la pasada de esmerilado

puede ser automática, es decir, que el sistema 100 retira un grosor predeterminado de material, que puede ser respectivo para la superficie del cordón de soldadura de pasada de raíz.

En una realización alternativa, puede simularse una herramienta de esmerilado real, o dispositivo de esmerilado, que se enciende y se apaga mediante la activación de la herramienta 160 de soldadura de simulacro u otro dispositivo de entrada. Se indica que la herramienta de esmerilado puede simularse para parecerse a un dispositivo de esmerilado en el mundo real. En esta realización, el usuario manipula la herramienta de esmerilado a lo largo de la pasada de raíz para retirar material en respuesta al movimiento de la misma. Se entenderá que se le puede permitir al usuario retirar demasiado material. De una manera similar a la descrita anteriormente, pueden producirse como resultado orificios u otros defectos (descritos anteriormente) si el usuario elimina mediante esmerilado demasiado material. Sin embargo, pueden implementarse, es decir programarse, topes o límites estrictos, para impedir que el usuario retire demasiado material o indicar cuando está retirándose demasiado material.

Además de las partículas de “charco” no visibles descritas en el presente documento, el sistema 100 también usa otros tres tipos de partículas visibles para representar efectos de arco, llama y chispa, según una realización de la presente invención. Estos tipos de partículas no interactúan con otras partículas de ningún tipo, sino que únicamente interactúan con el mapa de desplazamiento. Aunque estas partículas sí que colisionan con la superficie de soldadura simulada, no interactúan entre sí. Sólo las partículas de charco interactúan entre sí, según una realización de la presente invención. La física de las partículas de chispa se configura de tal manera que las partículas de chispa rebotan y se representan gráficamente como puntos brillantes en el espacio de realidad virtual.

La física de las partículas de arco se configura de tal manera que las partículas de arco inciden contra la superficie de la probeta o cordón de soldadura simulado y permanecen durante algún tiempo. Las partículas de arco se representan gráficamente como puntos más grandes, tenues, de color blanco azulado, en el espacio de realidad virtual. Hacen falta muchos puntos de este tipo superpuestos para formar cualquier clase de imagen visual. El resultado final es un halo brillante blanco con bordes azules.

La física de las partículas de llama se modeliza para elevarse lentamente. Las partículas de llama se representan gráficamente como puntos de tamaño medio, tenues, de color rojo-amarillo. Hacen falta muchos puntos de este tipo superpuestos para formar cualquier clase de imagen visual. El resultado final son masas amorfas de llamas de color naranja-rojo con bordes rojos que se elevan y desaparecen. Otros tipos de partículas distintas de charco pueden implementarse en el sistema 100, según otras realizaciones de la presente invención. Por ejemplo, pueden modelizarse partículas de humo y similares de una manera similar a las partículas de llama.

Las etapas finales en la visualización simulada se gestionan por los sombreadores de vértices y píxeles proporcionados por los sombreadores 117 de las GPU 115. Los sombreadores de vértices y píxeles aplican charco y desplazamiento, así como colores de superficie y reflectividad alterados debido al calor, etc. El canal de adicionales (E) del formato de wéxeles de PHED, tal como se comentó anteriormente en el presente documento, contiene toda la información adicional usada por wéxel. Según una realización de la presente invención, la información adicional incluye un bit no virgen (verdadero = cordón, falso = acero virgen), un bit de escoria, un valor de socavado (cantidad de socavado en este wéxel en el que cero equivale a ausencia de socavado), un valor de porosidad (cantidad de porosidad en este wéxel en el que cero equivale a ausencia de porosidad), y un valor de estela de cordón que codifica el tiempo al que se solidifica el cordón. Hay un conjunto de mapas de imágenes asociados con diferentes aspectos visuales de probeta incluyendo acero virgen, escoria, cordón y porosidad. Estos mapas de imágenes se usan tanto para mapeo de protuberancias como para mapeo de texturas. La cantidad de combinación de estos mapas de imágenes se controla mediante los diversos indicadores y valores descritos en el presente documento.

Se logra un efecto de estela de cordón usando un mapa de imágenes en 1D y un valor de estela de cordón por wéxel que codifica el tiempo al que se solidifica un bit de cordón dado. Una vez que una ubicación de wéxel de charco caliente ya no está lo suficientemente caliente como para denominarse “charco”, se guarda un tiempo en esa ubicación y se denomina “estela de cordón”. El resultado final es que el código de sombreador puede usar el mapa de textura en 1D para dibujar las “ondas” que dan a un cordón su aspecto único que retrata la dirección en la que se dispuso el cordón. Según una realización alternativa de la presente invención, el sistema 100 puede simular, en el espacio de realidad virtual, y visualizar un cordón de soldadura que tiene una característica de estela de cordón de soldadura en tiempo real resultante de una transición de fluidez a solidificación en tiempo real del charco de soldadura simulado, a medida que el charco de soldadura simulado se mueve a lo largo de una trayectoria de soldadura.

Según una realización alternativa de la presente invención, el sistema 100 puede enseñar a un usuario cómo resolver problemas de una máquina de soldadura. Por ejemplo, un modo de resolución de problemas del sistema puede proporcionar formación a un usuario para asegurarse de que configura correctamente el sistema (por ejemplo, velocidad de flujo de gas correcta, cable de potencia correcto conectado, etc.) Según otra realización alternativa de la presente invención, el sistema 100 puede grabar y reproducir una sesión de soldadura (o al menos una porción de una sesión de soldadura, por ejemplo, N tramas). Puede proporcionarse una bola de seguimiento para desplazarse por tramas de vídeo, permitiendo que un usuario o instructor analice una sesión de soldadura.

También puede proporcionarse reproducción a velocidades seleccionables (por ejemplo, velocidad completa, media velocidad, un cuarto de velocidad). Según una realización de la presente invención, puede proporcionarse una reproducción en pantalla dividida, permitiendo ver dos sesiones de soldadura una al lado de la otra, por ejemplo, en el ODD 150. Por ejemplo, puede verse una sesión de soldadura “buena” junto a una sesión de soldadura “mala” con fines de comparación.

Importar y analizar datos externos

Según determinadas realizaciones, pueden importarse datos externos al interior del sistema de soldadura de realidad virtual y analizarse para ayudar a caracterizar, por ejemplo, el avance de un estudiante de soldadura y para ayudar en la formación del estudiante de soldadura.

Una realización proporciona un método de importación y análisis de datos. El método incluye importar un primer conjunto de datos de parámetros de calidad de soldadura, que son representativos de una calidad de una soldadura generada por un estudiante de soldadura durante una actividad de soldadura en el mundo real correspondiente a un procedimiento de soldadura definido, al interior de un sistema de soldadura de realidad virtual. El método también incluye comparar un segundo conjunto de datos de parámetros de calidad de soldadura almacenados en el simulador de realidad virtual, que son representativos de una calidad de una soldadura virtual generada por el estudiante de soldadura durante una actividad de soldadura simulada correspondiente al procedimiento de soldadura definido en el sistema de soldadura de realidad virtual, con el primer conjunto de datos usando un subsistema basado en procesador programable del sistema de soldadura de realidad virtual. El método incluye además generar una puntuación de comparación numérica en respuesta a la comparación usando el subsistema basado en procesador programable del sistema de soldadura de realidad virtual. La puntuación de comparación numérica puede ser representativa de una desviación total en la calidad de soldadura entre el primer conjunto de datos y el segundo conjunto de datos. El método también puede incluir importar un tercer conjunto de datos de parámetros de calidad de soldadura, que son representativos de una calidad de una soldadura ideal generada por un soldador experto durante una actividad de soldadura en el mundo real correspondiente al procedimiento de soldadura definido, al interior del sistema de soldadura de realidad virtual. El soldador experto puede ser un soldador robótico o un soldador humano, por ejemplo. El método puede incluir además comparar el segundo conjunto de datos con el tercer conjunto de datos usando el subsistema basado en procesador programable del sistema de soldadura de realidad virtual, y generar una puntuación de estudiante numérica en respuesta a la comparación usando el subsistema basado en procesador programable del sistema de soldadura de realidad virtual. La puntuación de estudiante numérica puede ser representativa de una desviación total en la calidad de soldadura con respecto a la soldadura ideal, por ejemplo.

La figura 20 ilustra el concepto de importar parámetros de calidad de soldadura al interior de un sistema de soldadura de realidad virtual desde una máquina de soldadura en el mundo real. Los parámetros de calidad de soldadura pueden importarse al interior del sistema de soldadura de realidad virtual mediante medios cableados o medios inalámbricos a través de un dispositivo de comunicación. Según una realización, el dispositivo de comunicación está operativamente conectado al subsistema basado en procesador programable y proporciona todos los conjuntos de circuitos y/o software para recibir datos de una manera en comunicación digital (véase la figura 1). Por ejemplo, el dispositivo de comunicación puede incluir un puerto de Ethernet y conjunto de circuitos de recepción con capacidad de Ethernet. Como otro ejemplo, el dispositivo de comunicación puede proporcionar una conexión de comunicación inalámbrica de Bluetooth™. Alternativamente, el dispositivo de comunicación puede ser un dispositivo que acepta y lee un medio legible por ordenador no transitorio tal como un disco informático o un dispositivo de almacenamiento de datos de unidad flash, por ejemplo. Como realización alternativa adicional, el dispositivo de comunicación puede ser un dispositivo de módem que proporciona conexión a Internet. También son posibles otros tipos de dispositivos de comunicación, según otras diversas realizaciones.

En la solicitud de patente estadounidense publicada que tiene el número de serie 13/453.124 se comentan diversos tipos de parámetros de calidad de soldadura. Sin embargo, también pueden ser posibles otros tipos de parámetros de calidad de soldadura, según otras realizaciones. Los parámetros de calidad de soldadura representan una calidad de una soldadura generada, por ejemplo, por un estudiante de soldadura. Pueden derivarse parámetros de calidad a partir de parámetros de soldadura medidos o simulados, tal como se comenta más adelante en el presente documento. Algunos ejemplos de parámetros de soldadura medidos o simulados son un recuento de las medidas tomadas, una tensión media, una media cuadrática de la tensión, una varianza de la tensión, una corriente media, una media cuadrática de la corriente, una varianza de la corriente, una velocidad de alimentación de alambre media, una media cuadrática de la velocidad de alimentación de alambre y una varianza de la velocidad de alimentación de alambre. Algunos ejemplos de parámetros de calidad de soldadura son una desviación estándar de recuento de calidad, un promedio de tensión de calidad, una desviación estándar de tensión de calidad, un promedio de corriente de calidad, una desviación estándar de corriente de calidad, un promedio de varianza de tensión de calidad, una desviación estándar de varianza de tensión de calidad, un promedio de corriente de calidad, una desviación estándar de varianza de corriente de calidad, un promedio de velocidad de alimentación de alambre de calidad, una desviación estándar de velocidad de alimentación de alambre de calidad, un promedio de varianza de velocidad de alimentación de alambre de calidad y una desviación estándar de varianza de velocidad de alimentación de alambre

de calidad.

La figura 21 es un diagrama de flujo de una realización de un método 2100 para comparar la actividad de soldadura en el mundo real de un estudiante de soldadura con la actividad de soldadura virtual del estudiante de soldadura. En la etapa 2110, se importa un primer conjunto de datos de parámetros de calidad de soldadura, que son representativos de una calidad de una soldadura generada por un estudiante de soldadura durante una actividad de soldadura en el mundo real correspondiente a un procedimiento de soldadura definido, al interior del sistema 100 de soldadura de realidad virtual. En la etapa 2120, se compara un segundo conjunto de datos de parámetros de calidad de soldadura almacenados en el sistema 100 de soldadura de realidad virtual, que son representativos de una calidad de una soldadura virtual generada por el estudiante de soldadura durante una actividad de soldadura simulada correspondiente al procedimiento de soldadura definido en el sistema 100 de soldadura de realidad virtual, con el primer conjunto de datos usando el subsistema 110 basado en procesador programable del sistema 100 de soldadura de realidad virtual. En la etapa 2130, se genera una puntuación de comparación numérica en respuesta a la etapa de comparación usando el subsistema 110 basado en procesador programable del sistema 100 de soldadura de realidad virtual.

El método 2100 de la figura 21 puede representar la situación en la que el estudiante de soldadura, después de haber recibido formación para realizar el procedimiento de soldadura definido en el sistema 100 de soldadura de realidad virtual, pasa a un sistema 2000 de soldadura en el mundo real correspondiente y realiza el mismo procedimiento de soldadura definido en el mundo real, creando realmente una soldadura real. Se generan parámetros de calidad de soldadura y se almacenan tanto en la situación virtual como en la situación en el mundo real. El método 2100 permite al estudiante de soldadura comparar su desempeño de soldadura en el mundo real con su desempeño de soldadura en el mundo virtual, con respecto al procedimiento de soldadura definido. Los ejemplos de procedimientos de soldadura definidos incluyen procedimientos de soldadura por arco de metal en atmósfera de gas (GMAW), procedimientos de soldadura por varilla, procedimientos de soldadura por arco con núcleo de fundente (FCAW), y procedimientos de soldadura por arco de tungsteno en atmósfera de gas (GTAW). También son posibles otros tipos de procedimientos de soldadura definidos, según otras diversas realizaciones.

La puntuación de comparación numérica puede ser representativa de una desviación total en la calidad de soldadura entre el primer conjunto de datos y el segundo conjunto de datos. Alternativamente, la puntuación de comparación numérica puede ser representativa de una proximidad total en la calidad de soldadura del primer conjunto de datos con respecto al el segundo conjunto de datos. Por ejemplo, la puntuación de comparación numérica puede calcularse tomando una diferencia entre cada parámetro de calidad de soldadura correspondiente a partir de la actividad de soldadura virtual y la actividad de soldadura en el mundo real, ponderando cada diferencia y sumando las diferencias ponderadas. También son posibles otros métodos de generación de la puntuación de comparación numérica, según otras diversas realizaciones. Por ejemplo, la solicitud de patente estadounidense publicada que tiene el número de serie 13/453.124 da a conocer métodos de cálculo de tales puntuaciones. Como ejemplo, cada valor de calidad puede compararse con un valor de calidad esperado para determinar si una diferencia entre el valor de calidad y el valor de calidad esperado supera un umbral predeterminado. Si la diferencia supera el umbral, puede ponderarse el valor de calidad con un peso de magnitud basado en la diferencia, y puede ponderarse el valor de calidad con un peso de contribución de tiempo basado en una contribución de tiempo del estado hasta su forma de onda. Todos los valores de calidad, incluyendo cualquier valor de calidad ponderado, obtenidos durante dicho procedimiento de soldadura por arco pueden usarse para determinar la puntuación numérica. Además, la puntuación de comparación numérica puede normalizarse con respecto a un intervalo del 0% al 100%, por ejemplo, en el que el 0% representa una desviación máxima y el 100% representa una desviación mínima.

La figura 22 es un diagrama de flujo de una realización de un método 2200 para comparar la actividad de soldadura virtual de un estudiante de soldadura con la actividad de soldadura en el mundo real de un soldador experto. En la etapa 2210, se importa un tercer conjunto de datos de parámetros de calidad de soldadura, que son representativos de una calidad de una soldadura ideal generada por un soldador experto durante una actividad de soldadura en el mundo real correspondiente a un procedimiento de soldadura definido, al interior del sistema 100 de soldadura de realidad virtual. El soldador experto puede ser un soldador humano experimentado o un soldador robótico programado, por ejemplo. En la etapa 2220, se compara un segundo conjunto de datos de parámetros de calidad de soldadura almacenados en el sistema de realidad virtual, que son representativos de una calidad de una soldadura virtual generada por el estudiante de soldadura durante una actividad de soldadura simulada correspondiente al procedimiento de soldadura definido en el sistema 100 de soldadura de realidad virtual, con el tercer conjunto de datos usando el subsistema 110 basado en procesador programable del sistema 100 de soldadura de realidad virtual. En la etapa 2230, se genera una puntuación de estudiante numérica en respuesta a la etapa de comparación usando el subsistema 110 basado en procesador programable del sistema 100 de soldadura de realidad virtual.

El método 2200 de la figura 22 puede representar la situación en la que el estudiante de soldadura está aprendiendo a realizar el procedimiento de soldadura definido usando el sistema 100 de soldadura de realidad virtual, y desea saber cuánto está avanzando con respecto a una soldadura ideal creada en el mundo real. De nuevo, se generan parámetros de calidad de soldadura y se almacenan tanto en la situación virtual como en la situación en el mundo real. El método 2200 permite al estudiante de soldadura comparar su desempeño de soldadura en el mundo virtual con el desempeño de soldadura de un experto en el mundo real, con respecto al procedimiento de soldadura

definido. La puntuación de estudiante numérica, de manera similar a la puntuación de comparación numérica, puede ser representativa de una desviación total en la calidad de soldadura con respecto a la soldadura ideal. Alternativamente, la puntuación de estudiante numérica puede ser representativa de una proximidad total en la calidad de soldadura con respecto a la soldadura ideal. Por ejemplo, la puntuación de estudiante numérica puede calcularse tomando una diferencia entre cada parámetro de calidad de soldadura correspondiente a partir de la actividad de soldadura virtual del estudiante y la actividad de soldadura en el mundo real del experto, ponderando cada diferencia y sumando las diferencias ponderadas. También son posibles otros métodos de generación de la puntuación de estudiante numérica, según otras diversas realizaciones. De manera similar a la puntuación de comparación numérica, la puntuación de estudiante numérica puede normalizarse con respecto a un intervalo del 0% al 100%.

Otra realización proporciona un método de importación y análisis de datos. El método incluye importar un primer conjunto de datos de parámetros de soldadura medidos, generados durante una actividad de soldadura en el mundo real correspondiente a un procedimiento de soldadura definido realizado por un soldador experto usando una máquina de soldadura en el mundo real, al interior de un sistema de soldadura de realidad virtual. El soldador experto puede ser un soldador robótico o un soldador humano. El método también incluye almacenar un segundo conjunto de datos de parámetros de soldadura simulada, generados durante una actividad de soldadura simulada correspondiente al procedimiento de soldadura definido tal como se realiza por un estudiante de soldadura usando el sistema de soldadura de realidad virtual, en el sistema de soldadura de realidad virtual. El método incluye además calcular una pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de experto basándose en el primer conjunto de datos usando el subsistema basado en procesador programable del sistema de soldadura de realidad virtual. El método también incluye calcular una pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de estudiante basándose en el segundo conjunto de datos usando el subsistema basado en procesador programable del sistema de soldadura de realidad virtual. El método también puede incluir comparar la pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de experto con la pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de estudiante usando el subsistema basado en procesador programable del sistema de soldadura de realidad virtual. El método puede incluir además generar una puntuación de estudiante numérica en respuesta a la comparación usando el subsistema basado en procesador programable del sistema de soldadura de realidad virtual. La puntuación de estudiante numérica puede ser representativa de una desviación total en la calidad de soldadura con respecto a la soldadura de calidad ideal, por ejemplo.

La figura 23 ilustra el concepto de importar parámetros de soldadura medidos al interior de un sistema 100 de soldadura de realidad virtual desde una máquina 2000 de soldadura en el mundo real. Los parámetros 2320 de soldadura medidos pueden importarse al interior del sistema 100 de soldadura de realidad virtual mediante medios cableados o medios inalámbricos a través del dispositivo 2010 de comunicación. Según una realización, el dispositivo 2010 de comunicación está operativamente conectado al subsistema 110 basado en procesador programable y proporciona todos los conjuntos de circuitos y/o software para recibir datos de una manera en comunicación digital (véase la figura 1). Por ejemplo, el dispositivo 2010 de comunicación puede incluir un puerto de Ethernet y conjunto de circuitos de recepción con capacidad de Ethernet. Como otro ejemplo, el dispositivo 2010 de comunicación puede proporcionar una conexión de comunicación inalámbrica de Bluetooth™. Alternativamente, el dispositivo 2010 de comunicación puede ser un dispositivo que acepta y lee un medio legible por ordenador no transitorio tal como un disco informático o un dispositivo de almacenamiento de datos de unidad flash, por ejemplo. Como realización alternativa adicional, el dispositivo 2010 de comunicación puede ser un dispositivo de módem que proporciona conexión a Internet. También son posibles otros tipos de dispositivos de comunicación, según diversas realizaciones.

En la solicitud de patente estadounidense publicada que tiene el número de serie 13/453.124 se comentan diversos tipos de parámetros de soldadura medidos. Sin embargo, también pueden ser posibles otros tipos de parámetros de soldadura medidos, según otras realizaciones. Los parámetros de soldadura medidos son representativos de parámetros de soldadura reales que se producen durante una actividad de soldadura para un procedimiento de soldadura definido en el que un alambre de soldadura avanza hacia una pieza de trabajo para crear una soldadura. Según una realización, pueden derivarse parámetros de calidad a partir de parámetros de soldadura medidos. Algunos ejemplos de parámetros de soldadura medidos son un recuento de las medidas tomadas, una tensión media, una media cuadrática de la tensión, una varianza de la tensión, una corriente media, una media cuadrática de la corriente y una varianza de la corriente.

La figura 24 es un diagrama de flujo de una primera realización de un método 2400 de generación de una pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de estudiante y una puntuación de estudiante numérica. En la etapa 2410, se importa un primer conjunto de datos de parámetros de soldadura medidos, generados durante una actividad de soldadura en el mundo real correspondiente a un procedimiento de soldadura definido realizado por un soldador experto usando la máquina 2000 de soldadura en el mundo real, al interior del sistema 100 de soldadura de realidad virtual. El soldador experto puede ser un soldador humano experimentado o un soldador robótico, por ejemplo. En la etapa 2420, se almacena un segundo conjunto de datos de parámetros de soldadura simulada, generados durante una actividad de soldadura simulada correspondiente al procedimiento de soldadura definido tal como se realiza por un estudiante de soldadura usando el sistema 100 de soldadura de realidad virtual, en el sistema 100 de soldadura de realidad virtual. Los parámetros de soldadura simulada corresponden a los parámetros de soldadura medidos,

pero se generan en el sistema 100 de soldadura de realidad virtual como parte de la simulación de soldadura, en contraposición a en la máquina de soldadura en el mundo real. En el sistema 100 de soldadura de realidad virtual, se simulan parámetros de soldadura (por ejemplo, corriente y derivaciones de la misma, tensión y derivaciones de la misma, velocidad de alimentación de alambre y derivaciones de la misma) como parte de la simulación de un charco de soldadura virtual que tiene características de disipación de calor y fluidez de metal fundido en tiempo real, por ejemplo.

En la etapa 2430, se calcula una pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de experto basándose en el primer conjunto de datos usando el subsistema 110 basado en procesador programable del sistema 100 de soldadura de realidad virtual. En la etapa 2440, se calcula una pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de estudiante basándose en el segundo conjunto de datos usando el subsistema 110 basado en procesador programable del sistema 100 de soldadura de realidad virtual. El cálculo de parámetros de calidad basándose en parámetros de soldadura medidos se da a conocer en la solicitud de patente estadounidense publicada que tiene el número de serie 13/453.124. El cálculo de parámetros de calidad basándose en parámetros de soldadura simulada puede realizarse de una manera similar.

En el método 2400, se derivan los parámetros de calidad de soldadura de estudiante a partir de los parámetros de soldadura simulada que se generaron por el sistema de soldadura de realidad virtual durante la actividad de soldadura del estudiante, y los parámetros de soldadura medidos que se generaron por un experto durante la actividad de soldadura en el mundo real e importados a partir de la máquina de soldadura en el mundo real. Por tanto, los parámetros de calidad de soldadura de estudiante son representativos del desempeño del estudiante en el espacio de realidad virtual con respecto al desempeño de un soldador experto en el mundo real.

En la etapa 2450, se compara la pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de experto con la pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de estudiante usando el subsistema 110 basado en procesador programable del sistema 100 de soldadura de realidad virtual. En la etapa 2460, se calcula una puntuación de estudiante numérica en respuesta a la etapa de comparación usando el subsistema 110 basado en procesador programable del sistema 100 de soldadura de realidad virtual. La puntuación de estudiante numérica puede ser representativa de una desviación total en la calidad de soldadura con respecto a la soldadura ideal. Alternativamente, la puntuación de estudiante numérica puede ser representativa de una proximidad total en la calidad de soldadura con respecto a la soldadura ideal. Por ejemplo, la puntuación de estudiante numérica puede calcularse tomando una diferencia entre cada parámetro de calidad de soldadura correspondiente de los parámetros de calidad de soldadura de estudiante y los parámetros de calidad de soldadura de experto, ponderando cada diferencia y sumando las diferencias ponderadas. También son posibles otros métodos de generación de la puntuación de estudiante numérica, según otras diversas realizaciones. De nuevo, la puntuación de estudiante numérica puede normalizarse con respecto a un intervalo del 0% al 100%, por ejemplo.

Una realización adicional proporciona un método de análisis de parámetros de soldadura simulada. El método incluye almacenar un primer conjunto de datos de parámetros de soldadura simulada, generados durante una primera actividad de soldadura simulada correspondiente a un procedimiento de soldadura definido realizado por un soldador experto usando un sistema de soldadura de realidad virtual, en el sistema de soldadura de realidad virtual. El soldador experto puede ser un soldador robótico o un soldador humano, por ejemplo. El método también incluye almacenar un segundo conjunto de datos de parámetros de soldadura simulada, generados durante una segunda actividad de soldadura simulada correspondiente al procedimiento de soldadura definido tal como se realiza por un estudiante de soldadura usando el sistema de soldadura de realidad virtual, en el sistema de soldadura de realidad virtual. El método incluye además calcular una pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de experto basándose en el primer conjunto de datos usando un subsistema basado en procesador programable del sistema de realidad virtual. El método incluye además calcular una pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de estudiante basándose en el segundo conjunto de datos usando un subsistema basado en procesador programable del sistema de realidad virtual. El método puede incluir además comparar la pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de experto con la pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de estudiante usando el subsistema basado en procesador programable del sistema de soldadura de realidad virtual. El método también puede incluir generar una puntuación de estudiante numérica en respuesta a la comparación usando el subsistema basado en procesador programable del sistema de soldadura de realidad virtual. La puntuación numérica puede ser representativa de una desviación total en la calidad de soldadura con respecto a la soldadura de calidad ideal, por ejemplo.

La figura 25 es un diagrama de flujo de una segunda realización de un método 2500 de generación de una pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de estudiante y una puntuación de estudiante numérica. En la etapa 2510, se almacena un primer conjunto de datos de parámetros de soldadura simulada, generados durante una primera actividad de soldadura simulada correspondiente a un procedimiento de soldadura definido realizado por un soldador experto usando el sistema 100 de soldadura de realidad virtual, en el sistema 100 de soldadura de realidad virtual. El soldador experto puede ser un soldador humano experimentado o un soldador robótico, por ejemplo. En la etapa 2520, se almacena un segundo conjunto de datos de parámetros de soldadura simulada, generados durante una actividad de soldadura simulada correspondiente al procedimiento de soldadura definido tal como se realiza por un estudiante de soldadura usando el sistema 100 de soldadura de realidad virtual, en el sistema 100 de soldadura de

realidad virtual. Los parámetros de soldadura simulada se generan en el sistema 100 de soldadura de realidad virtual como parte de la simulación de soldadura. En la etapa 2530, se calcula una pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de experto basándose en el primer conjunto de datos usando el subsistema 110 basado en procesador programable del sistema 100 de soldadura de realidad virtual. En la etapa 2540, se calcula una pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de estudiante basándose en el segundo conjunto de datos usando el subsistema 110 basado en procesador programable del sistema 100 de soldadura de realidad virtual. El cálculo de parámetros de calidad, ya se midan o se simulen, se da a conocer en la solicitud de patente estadounidense publicada que tiene el número de serie 13/453.124.

En el método 2500, se derivan los parámetros de calidad de soldadura a partir de los parámetros de soldadura simulada generados por el sistema de soldadura de realidad virtual durante la actividad de soldadura de experto y la actividad de soldadura del estudiante. Por tanto, los parámetros de calidad de soldadura de estudiante son representativos del desempeño del estudiante en el espacio de realidad virtual y los parámetros de calidad de soldadura de experto son representativos del desempeño del experto en el espacio de realidad virtual. A continuación pueden compararse los parámetros de calidad de soldadura de estudiante con los parámetros de calidad de soldadura de experto.

En la etapa 2550, se compara la pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de experto con la pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de estudiante usando el subsistema 110 basado en procesador programable del sistema 100 de soldadura de realidad virtual. En la etapa 2560, se calcula una puntuación de estudiante numérica en respuesta a la etapa de comparación usando el subsistema 110 basado en procesador programable del sistema 100 de soldadura de realidad virtual. La puntuación de estudiante numérica puede ser representativa de una desviación total en la calidad de soldadura con respecto a la soldadura ideal. Alternativamente, la puntuación de estudiante numérica puede ser representativa de una proximidad total en la calidad de soldadura con respecto a la soldadura ideal. Por ejemplo, la puntuación de estudiante numérica puede calcularse tomando una diferencia entre cada parámetro de calidad de soldadura correspondiente de los parámetros de calidad de soldadura de estudiante y los parámetros de calidad de soldadura de experto, ponderando cada diferencia y sumando las diferencias ponderadas. También son posibles otros métodos de generación de una puntuación de estudiante numérica, según otras diversas realizaciones.

Otra realización proporciona un método de importación y análisis de datos. El método incluye importar un modelo digital representativo de un conjunto personalizado soldado al interior de un sistema de soldadura de realidad virtual. El método también incluye analizar el modelo digital para segmentar el modelo digital para dar una pluralidad de secciones usando un subsistema basado en procesador programable del sistema de soldadura de realidad virtual, en el que cada sección de la pluralidad de secciones corresponde a un tipo de unión de soldadura individual del conjunto personalizado soldado. El método incluye además hacer coincidir cada sección de la pluralidad de secciones con una probeta de soldadura virtual de una pluralidad de probetas de soldadura virtuales modelizadas en el sistema de soldadura de realidad virtual usando el subsistema basado en procesador programable del sistema de soldadura de realidad virtual. El método también puede incluir generar un programa de formación de soldadura virtual que usa las probetas de soldadura virtuales correspondientes a las secciones coincidentes del modelo digital representativas del conjunto personalizado soldado usando el subsistema basado en procesador programable del sistema de soldadura de realidad virtual. Cada una de las probetas de soldadura virtuales puede corresponder a una probeta de soldadura de simulacro del sistema de soldadura de realidad virtual. El tipo de unión de soldadura individual puede incluir una de una unión a tope, una unión en T, una unión de esquina, una unión de borde o una unión con solapamiento, por ejemplo. También son posibles otros tipos de unión de soldadura individuales, según otras diversas realizaciones.

La figura 26 ilustra el concepto de importar un modelo 2600 digital representativo de un conjunto personalizado soldado al interior del sistema 100 de soldadura de realidad virtual. El conjunto personalizado soldado puede corresponder al producto ensamblado final de una pluralidad de piezas de metal que se sueldan entre sí. Un fabricante puede tener que producir muchos de tales productos ensamblados finales y, por tanto, puede necesitar dar formación a uno o más soldadores para soldar de manera eficiente y fiable las piezas de metal entre sí. Según una realización, el modelo 2600 digital es un modelo de diseño asistido por ordenador (CAD) de un conjunto soldado personalizado representado en un espacio tridimensional, por ejemplo. También pueden ser posibles otros tipos de modelos digitales, según otras diversas realizaciones de la presente invención. Por ejemplo, un modelo digital puede corresponder a un conjunto soldado personalizado mostrado en múltiples vistas bidimensionales, tal como en un plano de proyecto. El término "modelo digital" tal como se usa en el presente documento se refiere a datos y/o instrucciones que están en formato digital (por ejemplo, un formato electrónico digital almacenado en un medio legible por ordenador) que pueden leerse por un aparato basado en ordenador o basado en procesador tal como el sistema 100 de soldadura de realidad virtual.

El modelo 2600 digital puede importarse al interior del sistema 100 de soldadura de realidad virtual mediante medios cableados o medios inalámbricos a través de un dispositivo 2010 de comunicación. Según una realización, el dispositivo 2010 de comunicación está operativamente conectado al subsistema 110 basado en procesador programable y proporciona todos los conjuntos de circuitos y/o software para recibir datos de una manera en comunicación digital (véase la figura 1). Por ejemplo, el dispositivo 2010 de comunicación puede incluir un puerto de

Ethernet y conjunto de circuitos de recepción con capacidad de Ethernet. Como otro ejemplo, el dispositivo 2010 de comunicación puede proporcionar una conexión de comunicación inalámbrica de Bluetooth™. Alternativamente, el dispositivo 2010 de comunicación puede ser un dispositivo que acepta y lee un medio legible por ordenador no transitorio tal como un disco informático o un dispositivo de almacenamiento de datos de unidad flash, por ejemplo.

5 Como realización alternativa adicional, el dispositivo 2010 de comunicación puede ser un dispositivo de módem que proporciona conexión a Internet. También son posibles otros tipos de dispositivos de comunicación, según otras diversas realizaciones.

10 La figura 27 ilustra el concepto de hacer coincidir secciones de un modelo 2600 digital representativo de un conjunto 2700 personalizado soldado con una pluralidad de probetas 2705 de soldadura. Por ejemplo, el conjunto 2700 personalizado soldado puede estar compuesto por una pluralidad de tipos de unión de soldadura diferentes, que unen entre sí una pluralidad de piezas de metal diferentes. Según una realización, el sistema 100 de soldadura de realidad virtual está configurado (es decir, programado) para analizar el modelo 2600 digital del conjunto 2700 soldado personalizado y segmentar el modelo 2600 digital para dar una pluralidad de secciones, en el que cada

15 sección corresponde a un tipo de unión de soldadura del conjunto 2700 personalizado soldado. Cada sección puede hacerse coincidir (o intentarse que coincida) con una de la pluralidad de probetas 2705 de soldadura tal como se comentó con respecto al método 2800 de la figura 28. Por ejemplo, una sección 2701 del conjunto 2700 personalizado soldado, tal como se representa en el modelo 2600 digital, puede hacerse coincidir con una probeta 2706 de soldadura.

20 Según una realización, cada probeta de soldadura de la pluralidad de probetas 2705 de soldadura se modeliza en el sistema 100 de soldadura de realidad virtual en el espacio de realidad virtual y también existe como probeta de soldadura de simulacro (por ejemplo, una pieza de plástico) que puede usar un usuario junto con una herramienta de soldadura de simulacro durante una actividad de soldadura virtual. La pluralidad de probetas de soldadura pueden

25 corresponder a probetas que tienen una unión a tope, una unión en T, una unión de esquina, una unión de borde o una unión con solapamiento, por ejemplo. También son posibles probetas de soldadura que tienen otros tipos de uniones, según otras diversas realizaciones.

30 La figura 28 es un diagrama de flujo de una realización de un método 2800 para generar un programa de formación de soldadura virtual para un conjunto 2700 personalizado soldado. En la etapa 2810, se importa un modelo 2600 digital representativo de un conjunto 2700 personalizado soldado al interior del sistema 100 de soldadura de realidad virtual, tal como se ilustra en la figura 26. En la etapa 2820, se analiza el modelo digital usando el subsistema 110 basado en procesador programable del sistema 100 de soldadura de realidad virtual para segmentar el modelo 2600 digital para dar una pluralidad de secciones, en el que cada sección de la pluralidad de secciones corresponde a un

35 tipo de unión de soldadura individual del conjunto personalizado soldado.

Según una realización, el análisis incluye reconocer características en el modelo digital que corresponden a tipos de unión de soldadura individuales del conjunto personalizado soldado usando técnicas de identificación de características. Una característica, en un modelo de diseño asistido por ordenador (CAD), puede ser una región de

40 un conjunto con algún patrón geométrico o topológico particular que puede estar relacionado, por ejemplo, información de forma, funcional o de fabricación. En el reconocimiento de características, la idea es extraer mediante algoritmos entidades de nivel superior (por ejemplo, características de fabricación) a partir de elementos de nivel inferior (por ejemplo, superficies, bordes, etc.) de un modelo de CAD. Los tipos exactos de algoritmos usados pueden elegirse e implementarse con criterio de ingeniería razonable, basándose en los tipos de conjuntos personalizados soldados que se espera encontrar.

45

En la etapa 2830, cada sección de la pluralidad de secciones se hace coincidir (o se intenta que coincida) con una probeta de soldadura virtual de una pluralidad de probetas 2705 de soldadura virtuales modelizadas en el sistema 100 de soldadura de realidad virtual usando el subsistema 110 basado en procesador programable del sistema 100 de soldadura de realidad virtual. Según una realización, la coincidencia de características incluye usar plantillas o máscaras de convolución, diseñadas a medida con respecto a características específicas de las probetas de soldadura. La salida del procedimiento de convolución es más alta en ubicaciones en las que una sección coincide con la estructura de máscara de una probeta de soldadura. Los tipos exactos de técnicas de coincidencia usadas pueden elegirse e implementarse con criterio de ingeniería razonable, basándose en los tipos de conjuntos personalizados soldados que se espera encontrar.

50

55

En la etapa 2840, se genera un programa de formación de soldadura virtual que usa las probetas de soldadura virtuales correspondientes a las secciones coincidentes del modelo 2600 digital del conjunto 2700 soldado personalizado usando el subsistema 110 basado en procesador programable del sistema 100 de soldadura de realidad virtual. Por ejemplo, el programa de formación de soldadura virtual puede incluir una secuencia de etapas de soldadura que dirigen a un soldador con respecto a cómo poner en práctica la soldadura del conjunto 2700, usando las probetas de soldadura coincidentes, en un orden particular.

60

En resumen, se da a conocer un sistema de soldadura de realidad virtual en tiempo real. El sistema incluye un subsistema basado en procesador programable, un seguidor espacial operativamente conectado al subsistema basado en procesador programable, al menos una herramienta de soldadura de simulacro que puede someterse a

65

seguimiento espacial por el seguidor espacial, y al menos un dispositivo de visualización operativamente conectado al subsistema basado en procesador programable. El sistema puede simular, en el espacio de realidad virtual, un charco de soldadura que tiene características de disipación de calor y fluidez de metal fundido en tiempo real. El sistema puede además importar datos al interior del sistema de soldadura de realidad virtual y analizar los datos para caracterizar el avance de un estudiante de soldadura y proporcionar formación.

Aunque se ha descrito la invención con referencia a determinadas realizaciones, los expertos en la técnica entenderán que pueden realizarse diversos cambios y que pueden sustituirse equivalentes sin alejarse del alcance de la invención. Además, pueden realizarse muchas modificaciones para adaptar una situación o material particular a las enseñanzas de la invención sin alejarse de su alcance. Por tanto, se pretende que la invención no se limite a la realización particular dada a conocer, sino que la invención incluirá todas las realizaciones que se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Números de referencia

100	sistema	151	parámetros de soldadura
110	subsistema basado en procesador	152	discontinuidad de soldadura
111	unidad central de procesamiento	160	herramienta de soldadura de simulacro
115	unidad de procesamiento gráfico	161	elemento de sujeción
116	arquitectura unificada de dispositivos de cálculo	162	electrodo
		163	punta resistiva por contacto
117	sombreador	170	mesa/plataforma
118	salida de vídeo	171	mesa
119	salida de vídeo	172	plataforma
120	seguidor espacial	173	brazo
121	fuerza magnética	174	poste vertical
122	sensor	175	probeta de soldadura
123	disco	175'	tubo
124	fuerza de potencia	175"	tubo
125	cable	180	probeta de soldadura
126	unidad de seguimiento	900	casco de soldadura
130	interfaz de usuario de soldadura	910	altavoz de auricular
131	conjunto de botones	1201	interfaz física
132	palanca de mando	1202	modelo de pinza
133	rueda	1203	modelo de entorno
134	rueda	1204	funcionalidad de contenido de sonido
135	consola de soldadura	1205	sonido de soldadura
136	rueda	1206	modelo de plataforma/mesa
137	rueda	1207	funcionalidad de arquitectura interna
140	dispositivo de visualización montado en la cabeza	1208	funcionalidad de calibración
150	dispositivo de visualización de observador	1210	modelo de probeta
1211	física de soldadura	1703	unión de raíz
1212	herramienta de ajuste de física interna	1704	pieza
1213	funcionalidad de interfaz gráfica de usuario	1910	barra rectangular no sombreada
		1920	partícula
1214	funcionalidad de representación gráfica	1930	altura de partícula
1215	funcionalidad de informes de estudiante	1940	rectangular sombreado
1216	representador gráfico	2000	máquina de soldadura en el mundo real
1217	representación gráfica de cordón	2010	dispositivo de comunicación
1218	textura en 3D	2020	parámetro de calidad de soldadura
1219	funcionalidad de pistas visuales	2100	método
1220	funcionalidad de puntuación y tolerancia	2110	etapa
1221	editor de tolerancia	2120	etapa
1222	efecto especial	2130	etapa
1300	método	2200	método
1310	etapa	2210	etapa
1320	etapa	2220	etapa
1330	etapa	2230	etapa
1340	etapa	2320	parámetro de soldadura
1350	etapa	2400	método
1400	probeta de soldadura	2410	etapa
1410	superficie superior plana	2420	etapa
1420	mapa de desplazamiento	2430	etapa
1600	probeta de soldadura	2440	etapa
1610	superficie	2450	etapa
1620	superficie	2460	etapa

ES 2 790 674 T3

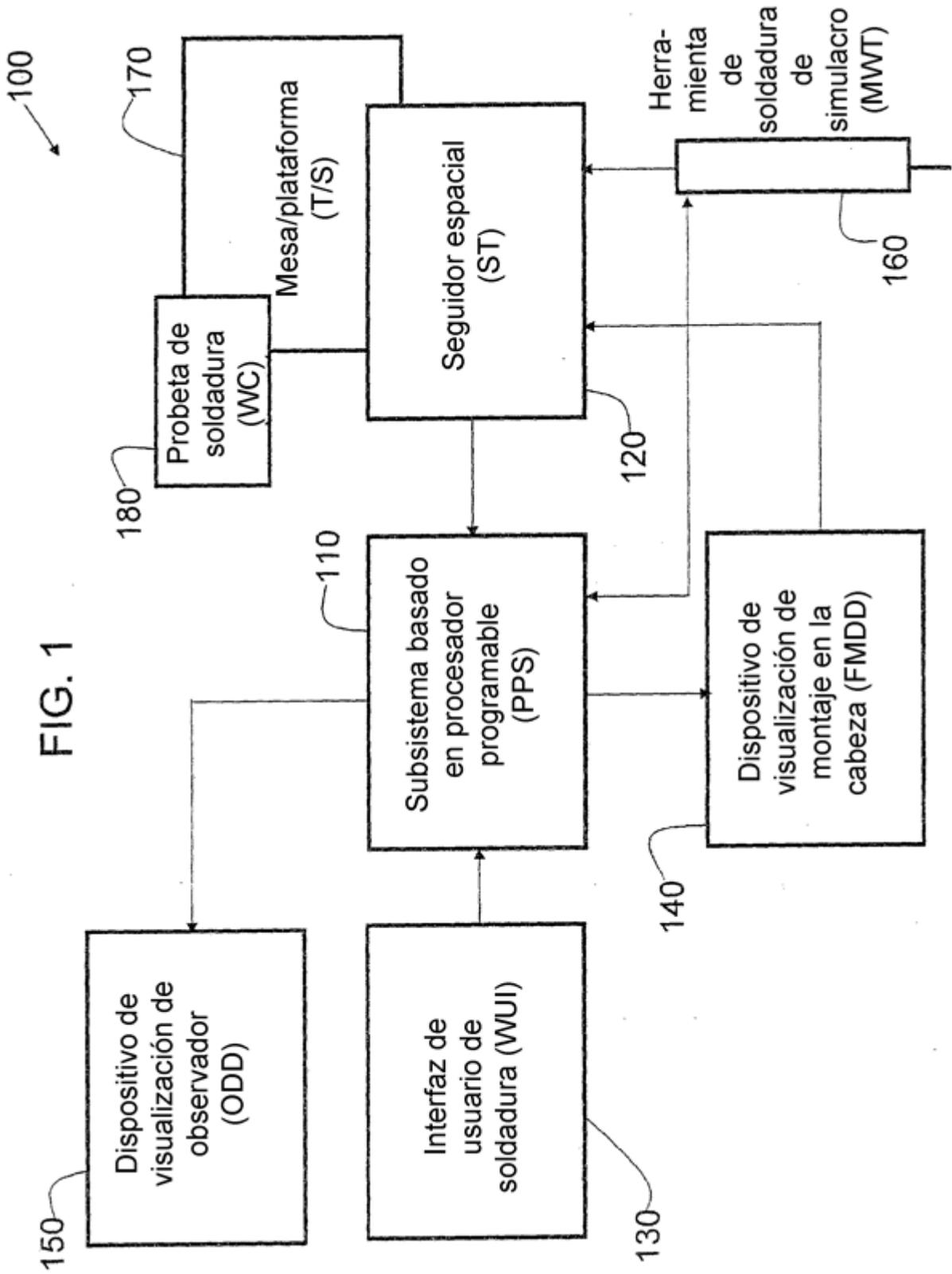
1700	probeta de soldadura	2500	método
1701	fragmento de tubo	2510	etapa
1702	fragmento de tubo		
2520	etapa	2705	probeta de soldadura
2530	etapa	2706	probeta de soldadura
2540	etapa	2800	método
2550	etapa	2810	etapa
2560	etapa	2820	etapa
2600	modelo digital	2830	etapa
2700	probeta de soldadura	2840	etapa
2701	sección		

REIVINDICACIONES

1. Método que comprende:
 - 5 importar desde una máquina (2000) de soldadura en el mundo real al interior de un sistema (100) de soldadura de realidad virtual a través de un dispositivo (2110) de comunicación un primer conjunto de datos de parámetros de calidad de soldadura, que son representativos de una calidad de una soldadura generada por un estudiante de soldadura durante una actividad de soldadura en el mundo real correspondiente a un procedimiento de soldadura definido;
 - 10 comparar (2120) un segundo conjunto de datos de parámetros (2020) de calidad de soldadura almacenados en el simulador de realidad virtual, que son representativos de una calidad de una soldadura virtual generada por dicho estudiante de soldadura durante una actividad de soldadura simulada correspondiente a dicho procedimiento de soldadura definido en dicho sistema (100) de soldadura de realidad virtual, con el primer conjunto de datos usando un subsistema basado en procesador programable del sistema de soldadura de realidad virtual; y
 - 15 generar (2130) una puntuación de comparación numérica en respuesta a la comparación usando el subsistema basado en procesador programable del sistema (100) de soldadura de realidad virtual.
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque la puntuación de comparación numérica es representativa de una desviación total en la calidad de soldadura entre el primer conjunto de datos y el segundo conjunto de datos.
- 25 3. Método según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por comprender además;
 - 30 importar un tercer conjunto de datos (2210) de parámetros de calidad de soldadura, que son representativos de una calidad de una soldadura ideal generada por un soldador experto durante una actividad de soldadura en el mundo real correspondiente al procedimiento de soldadura definido, al interior del sistema de soldadura de realidad virtual;
 - 35 comparar (2220) el segundo conjunto de datos con el tercer conjunto de datos usando el subsistema basado en procesador programable del sistema de soldadura de realidad virtual; y
 - generar (2230) una puntuación de estudiante numérica en respuesta a la comparación usando el subsistema basado en procesador programable del sistema de soldadura de realidad virtual.
4. Método según la reivindicación 3, caracterizado porque la puntuación de estudiante numérica es representativa de una desviación total en la calidad de soldadura con respecto a la soldadura ideal.
- 40 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por comprender además:
 - 45 comparar una pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de experto con una pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de estudiante usando el subsistema basado en procesador programable del sistema de soldadura de realidad virtual; y
 - generar una puntuación de estudiante numérica en respuesta a la comparación usando el subsistema basado en procesador programable del sistema de soldadura de realidad virtual.
- 50 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, caracterizado porque la puntuación de estudiante numérica es representativa de una desviación total en la calidad de soldadura de estudiante con respecto a la calidad de soldadura de experto.
- 55 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el soldador experto es un soldador robótico y/o en el que el soldador experto es un soldador humano.
8. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por comprender además:
 - 60 comparar una pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de experto con una pluralidad de parámetros de calidad de soldadura de estudiante usando el subsistema basado en procesador programable del sistema de soldadura de realidad virtual; y
 - 65 generar una puntuación de estudiante numérica en respuesta a la comparación usando el subsistema basado en procesador programable del sistema de soldadura de realidad virtual.
9. Método según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 8, caracterizado porque la puntuación de estudiante

numérica es representativa de una desviación total en la calidad de soldadura de estudiante con respecto a la calidad de soldadura de experto.

- 5 10. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende además generar un programa de formación de soldadura virtual que usa las probetas (1400) de soldadura virtuales correspondientes a las secciones coincidentes del modelo digital representativo del conjunto personalizado soldado usando el subsistema basado en procesador programable del sistema (100) de soldadura de realidad virtual.
- 10 11. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que cada una de las probetas (1400) de soldadura virtuales corresponde a una probeta (175) de soldadura de simulacro del sistema de soldadura de realidad virtual.
- 15 12. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el tipo de unión de soldadura individual incluye una de una unión a tope, una unión en T, una unión de esquina, una unión de borde o una unión con solapamiento.
- 20 13. Sistema (100) de soldadura de realidad virtual, que comprende un subsistema (110) basado en procesador programable, un seguidor (120) espacial operativamente conectado al subsistema (110) basado en procesador programable, al menos una herramienta (160) de soldadura de simulacro que puede someterse a seguimiento espacial por el seguidor (120) espacial, y al menos un dispositivo (140) de visualización operativamente conectado al subsistema (110) basado en procesador programable, en el que el sistema (100) puede simular, en espacio de realidad virtual, un charco de soldadura que tiene características de disipación de calor y fluidez de metal fundido en tiempo real, y en el que el sistema (100) está ejecutando un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.
- 25



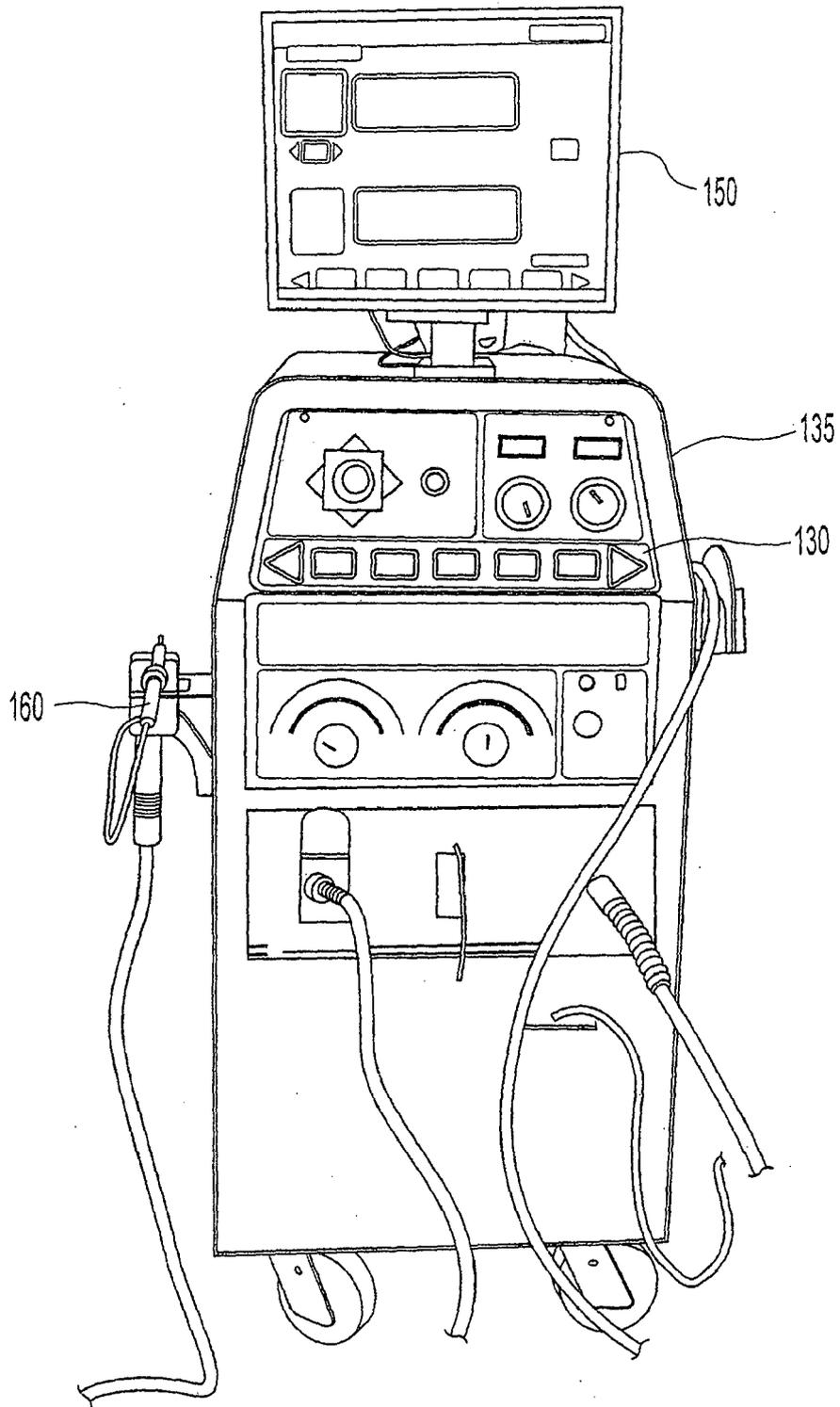


Fig. 2

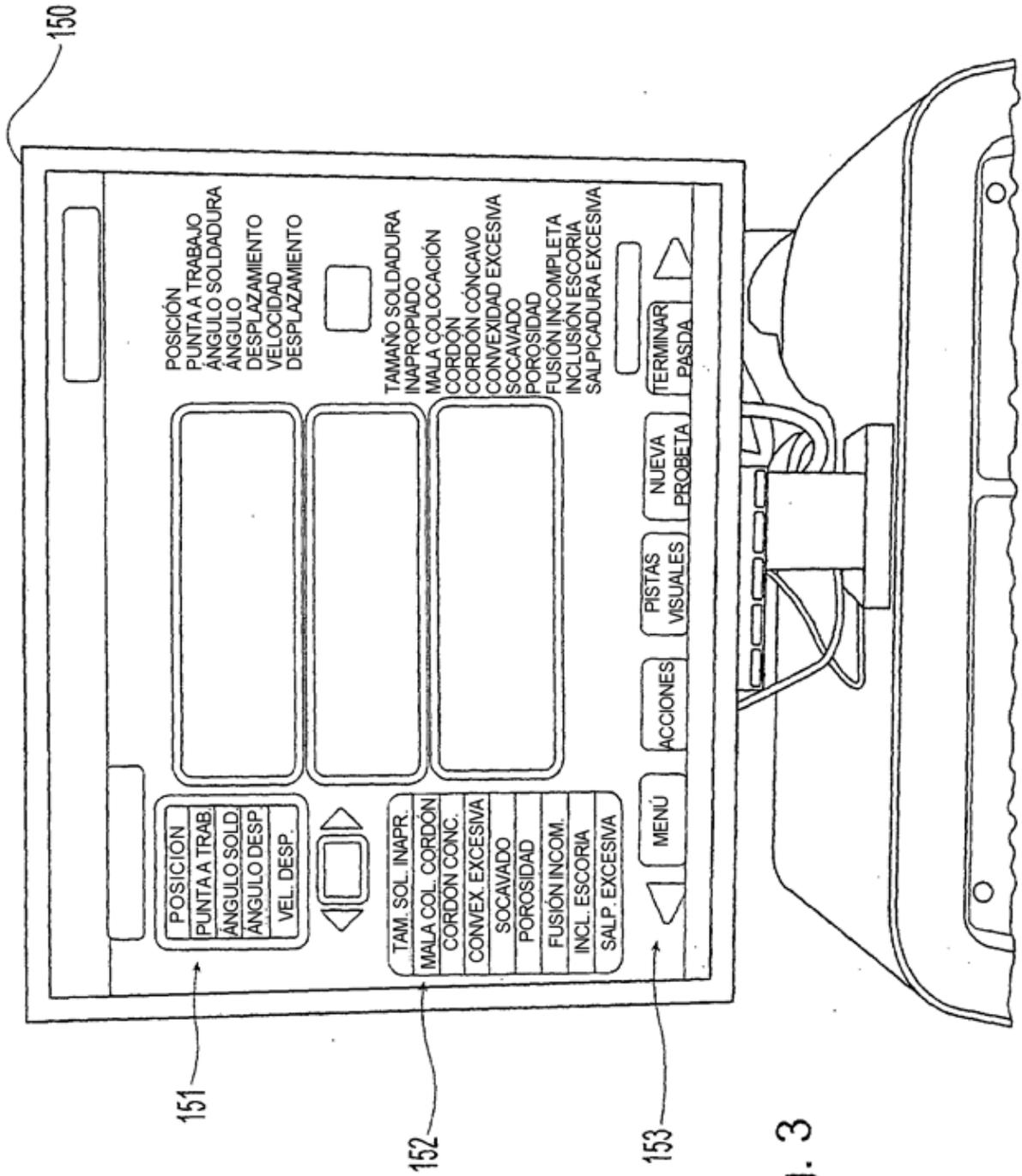


Fig. 3

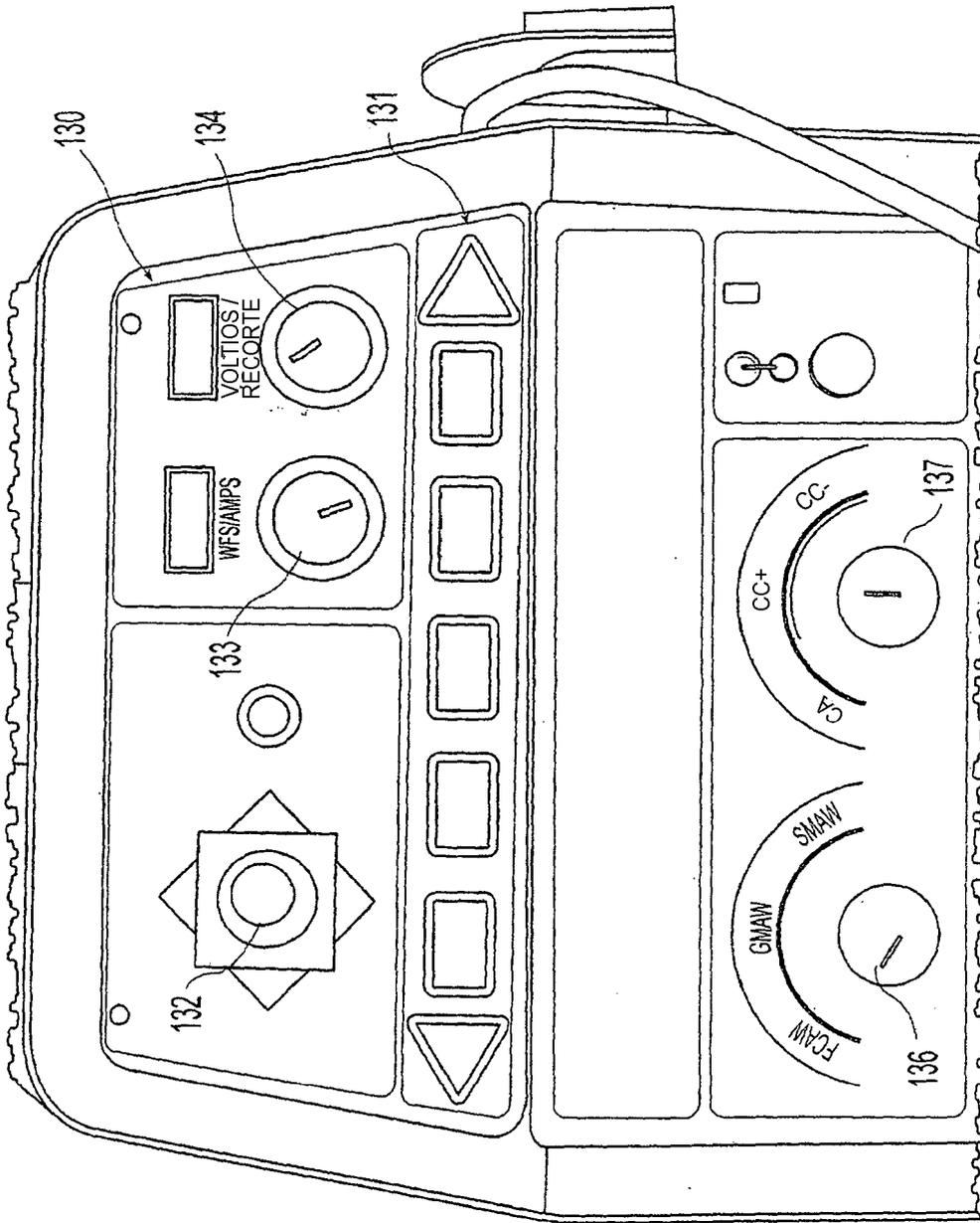


Fig. 4

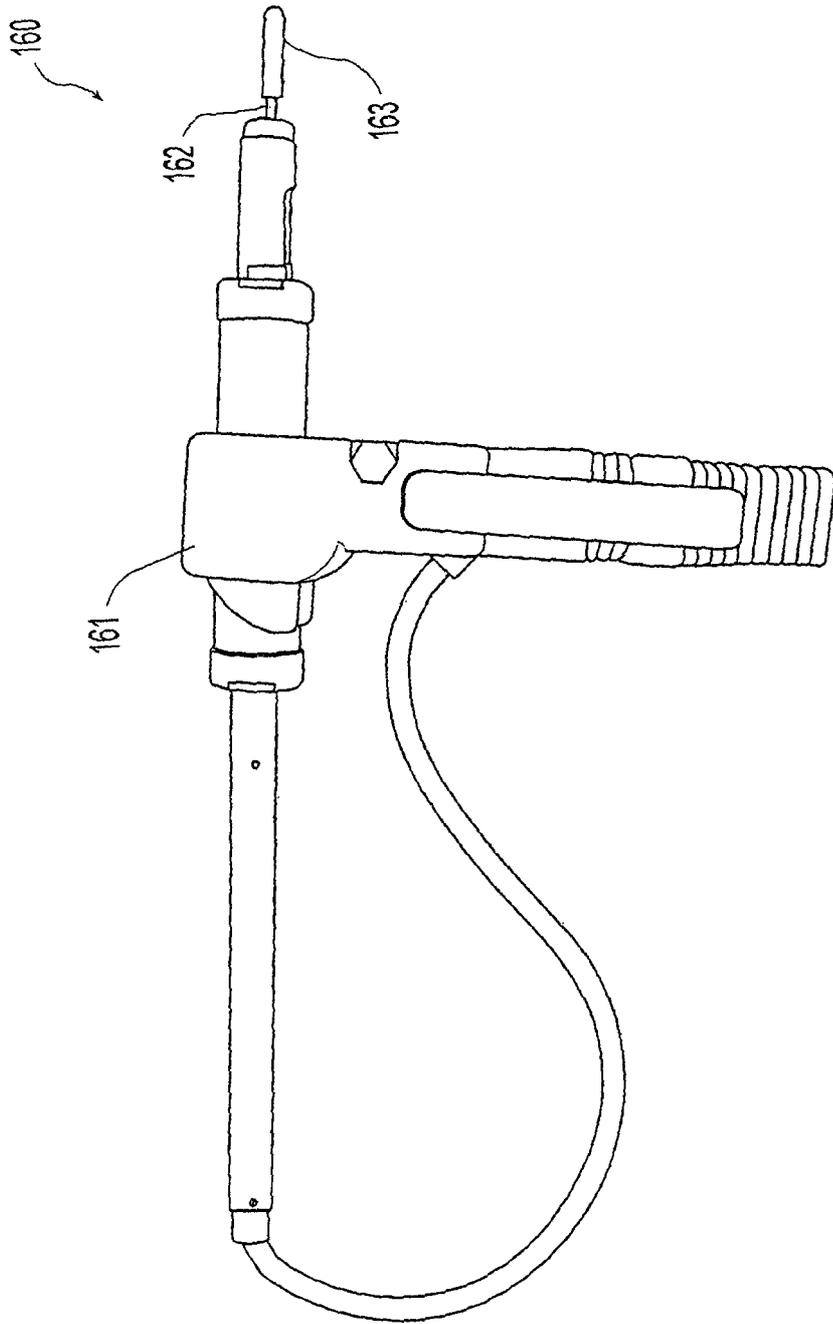


Fig. 5

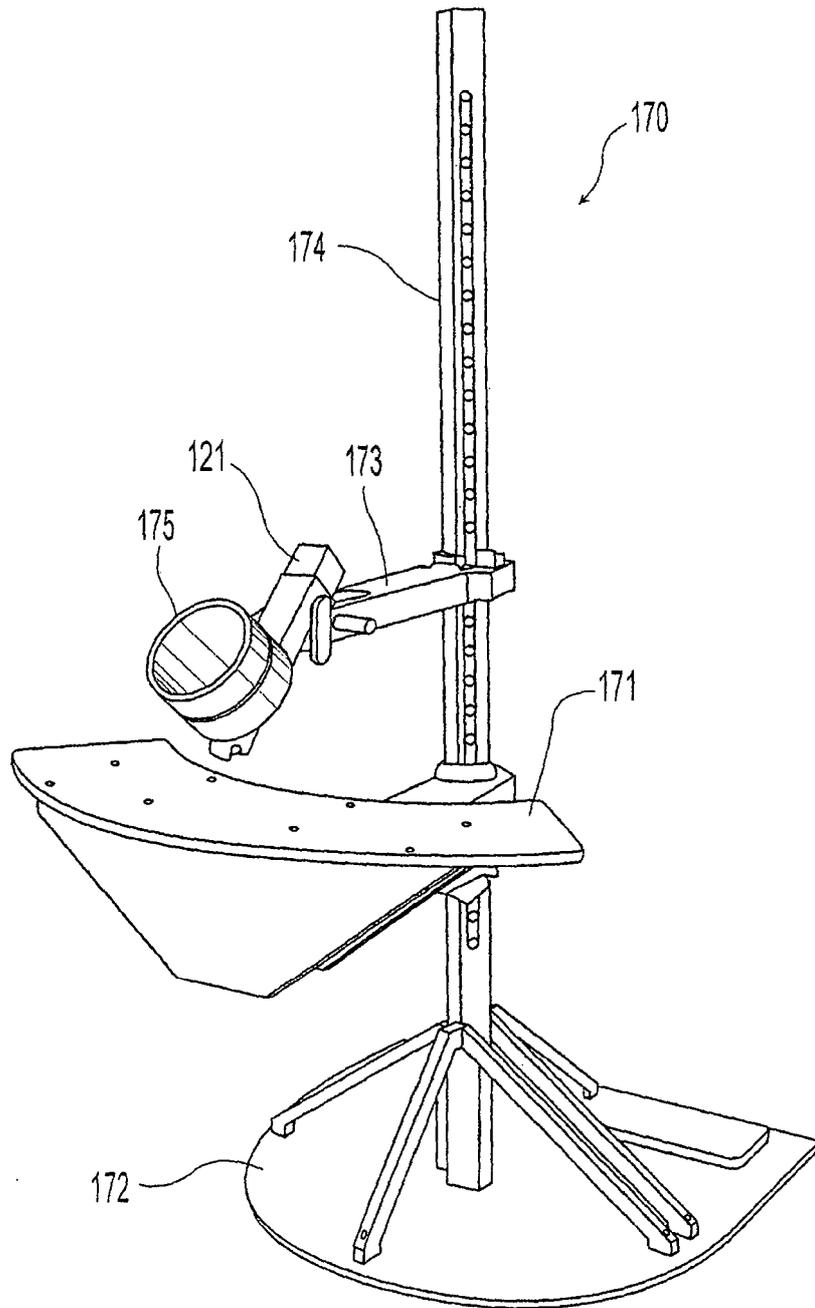


Fig. 6

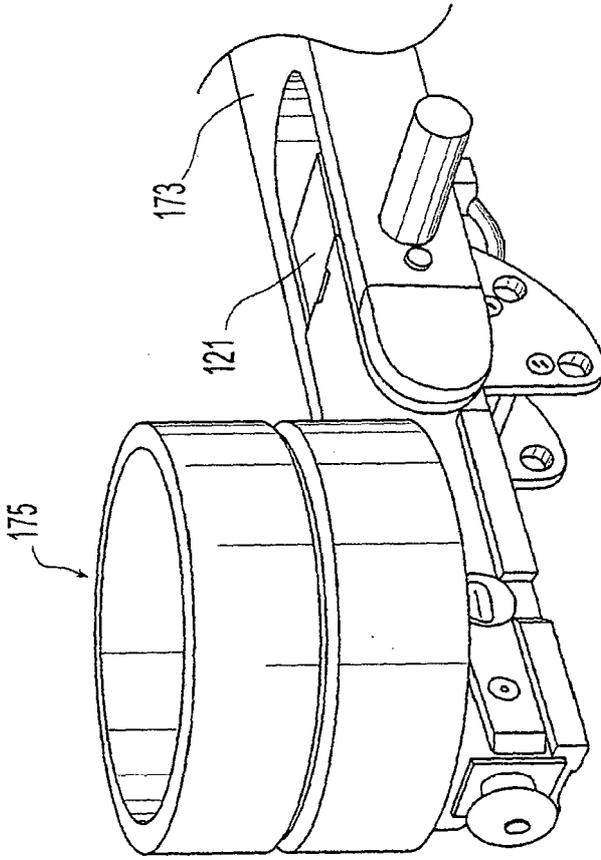


Fig. 7B

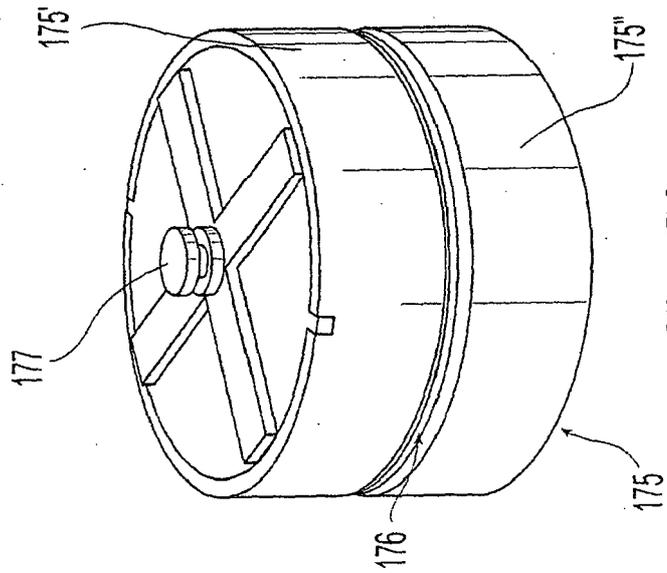


Fig. 7A

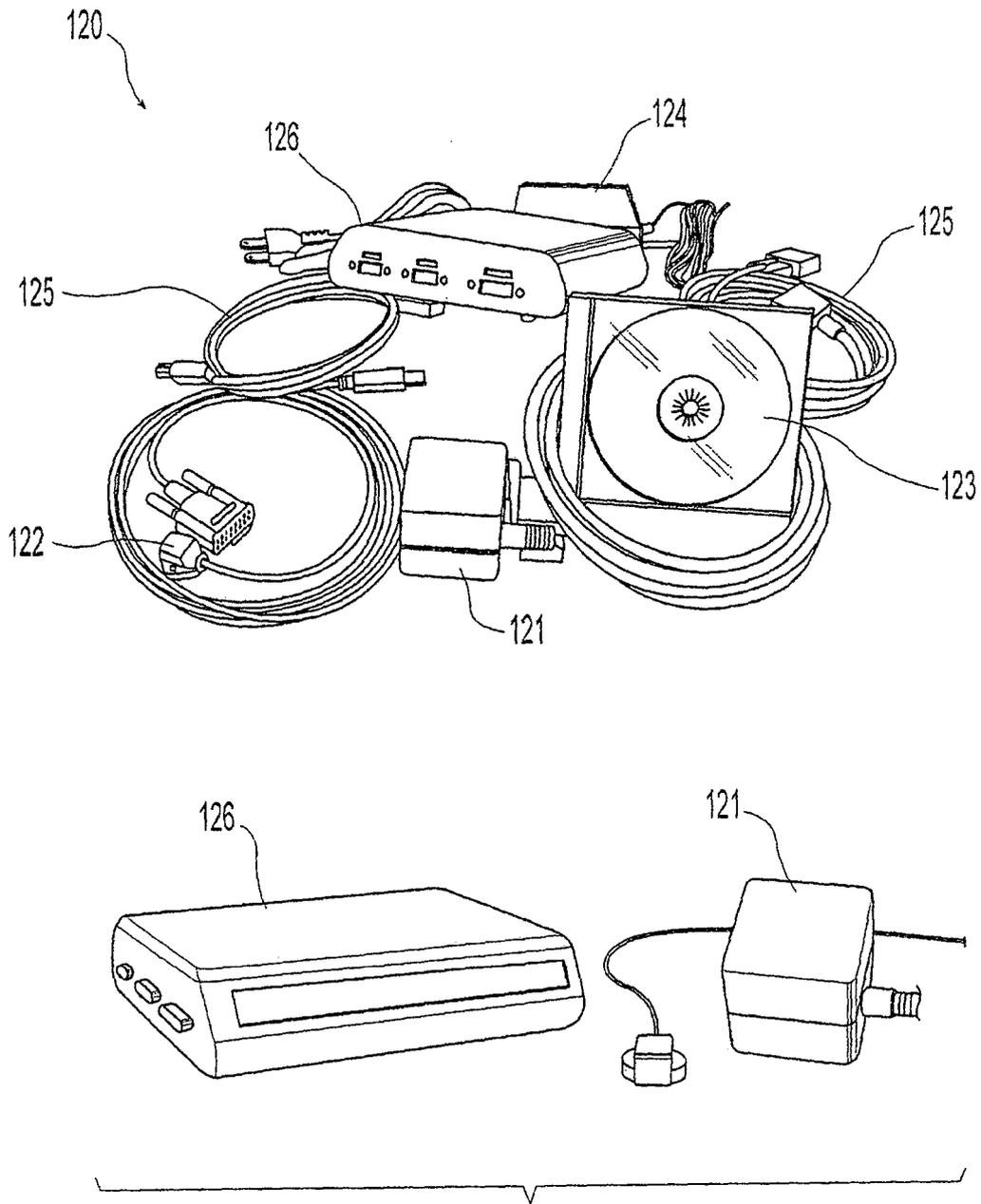


Fig. 8

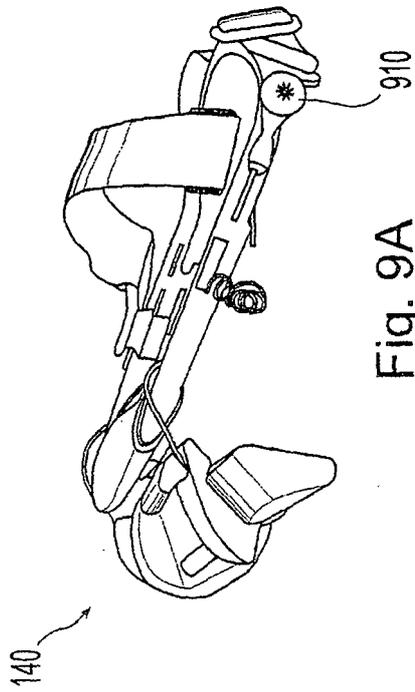


Fig. 9A

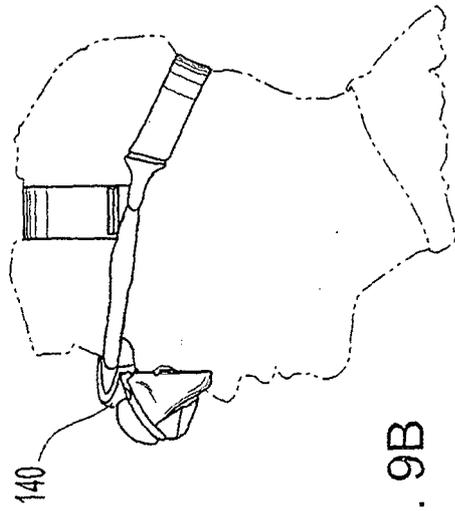


Fig. 9B

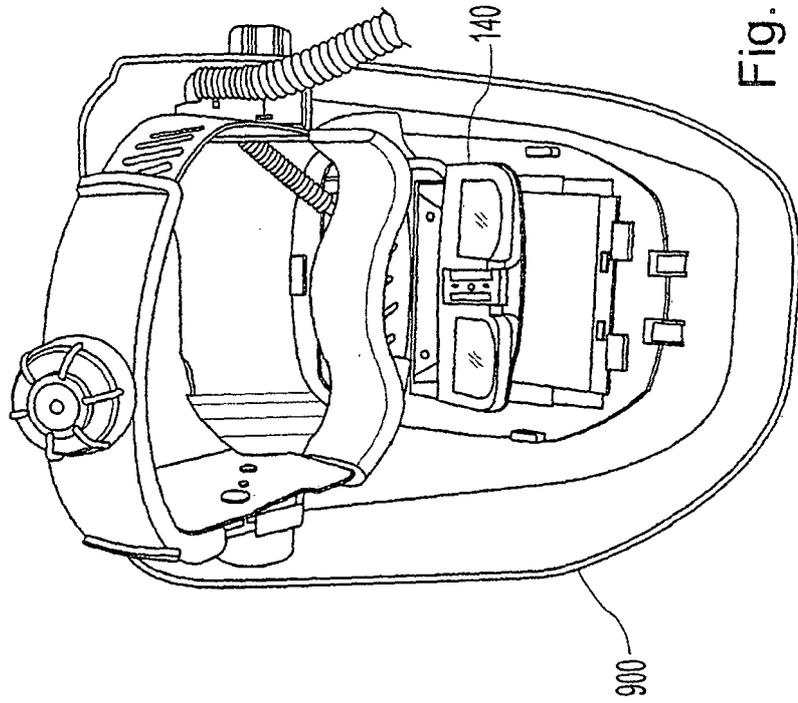


Fig. 9C

FIG. 10

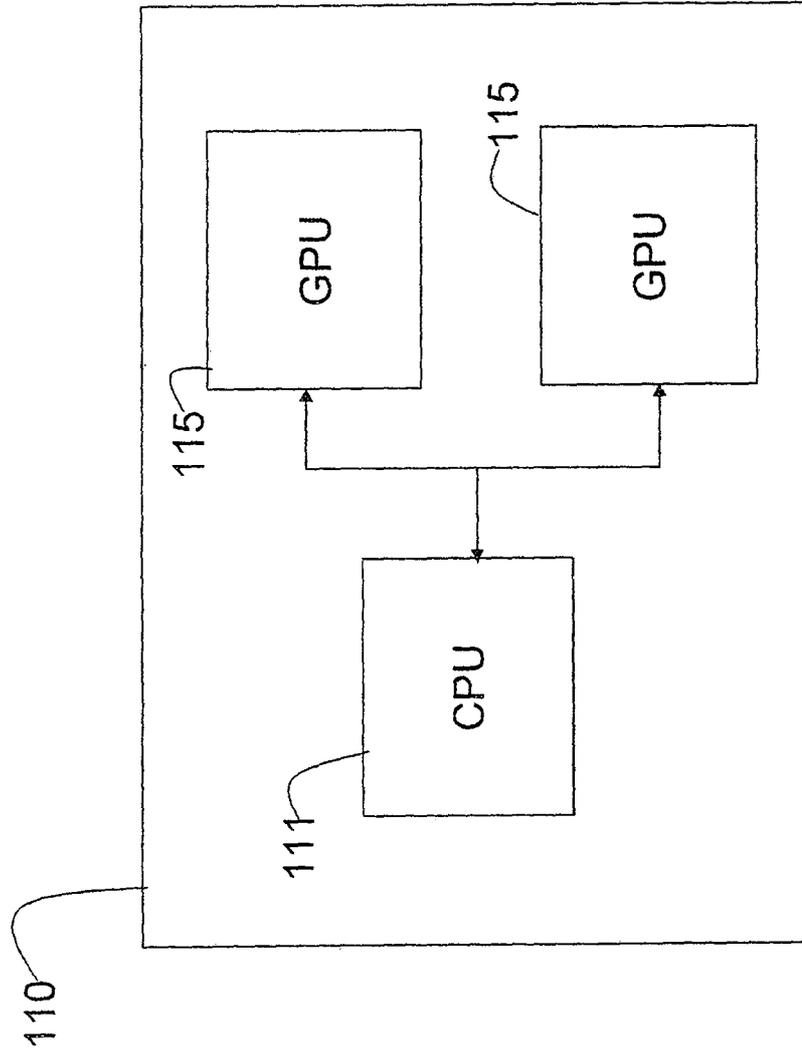
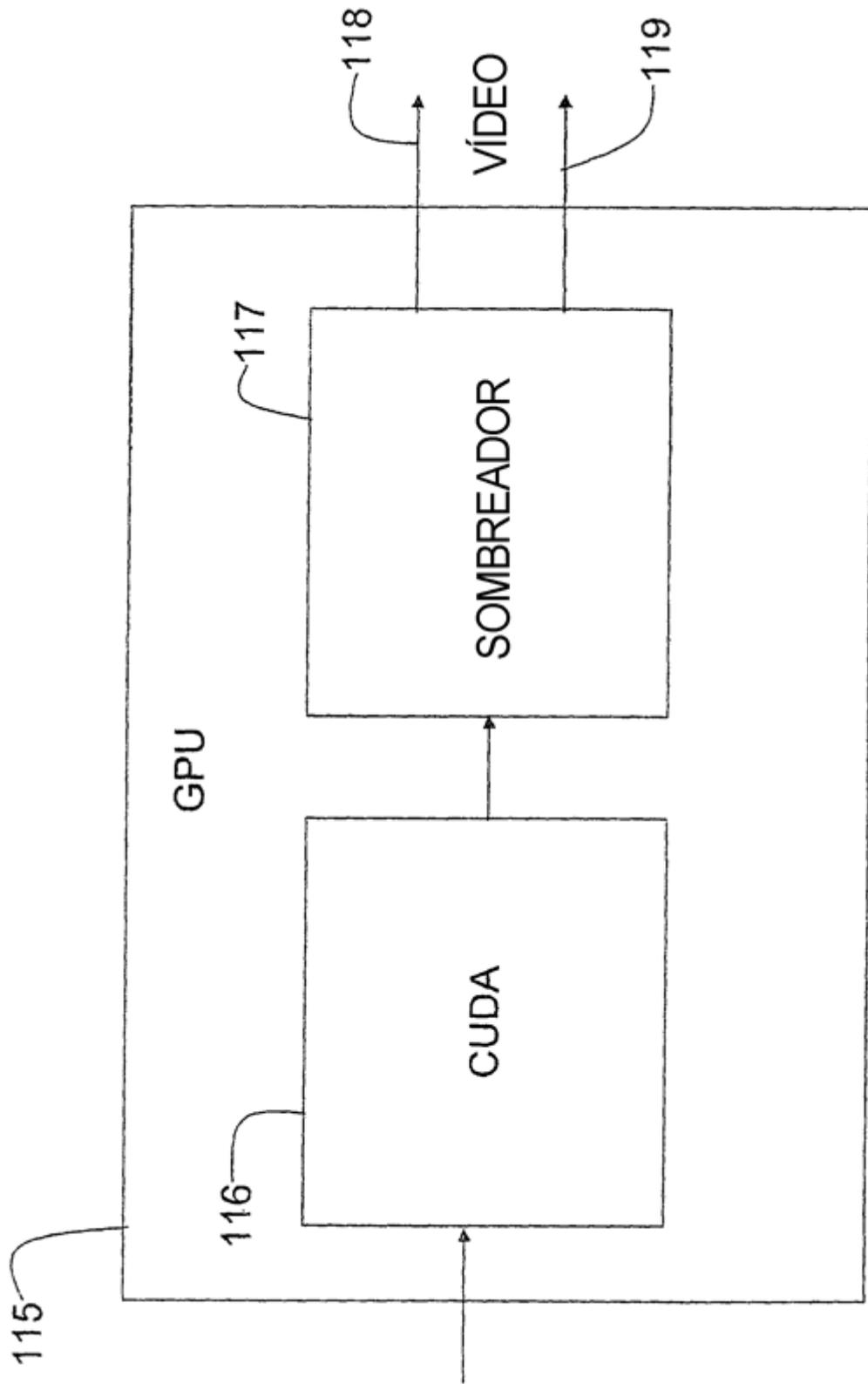


FIG. 11



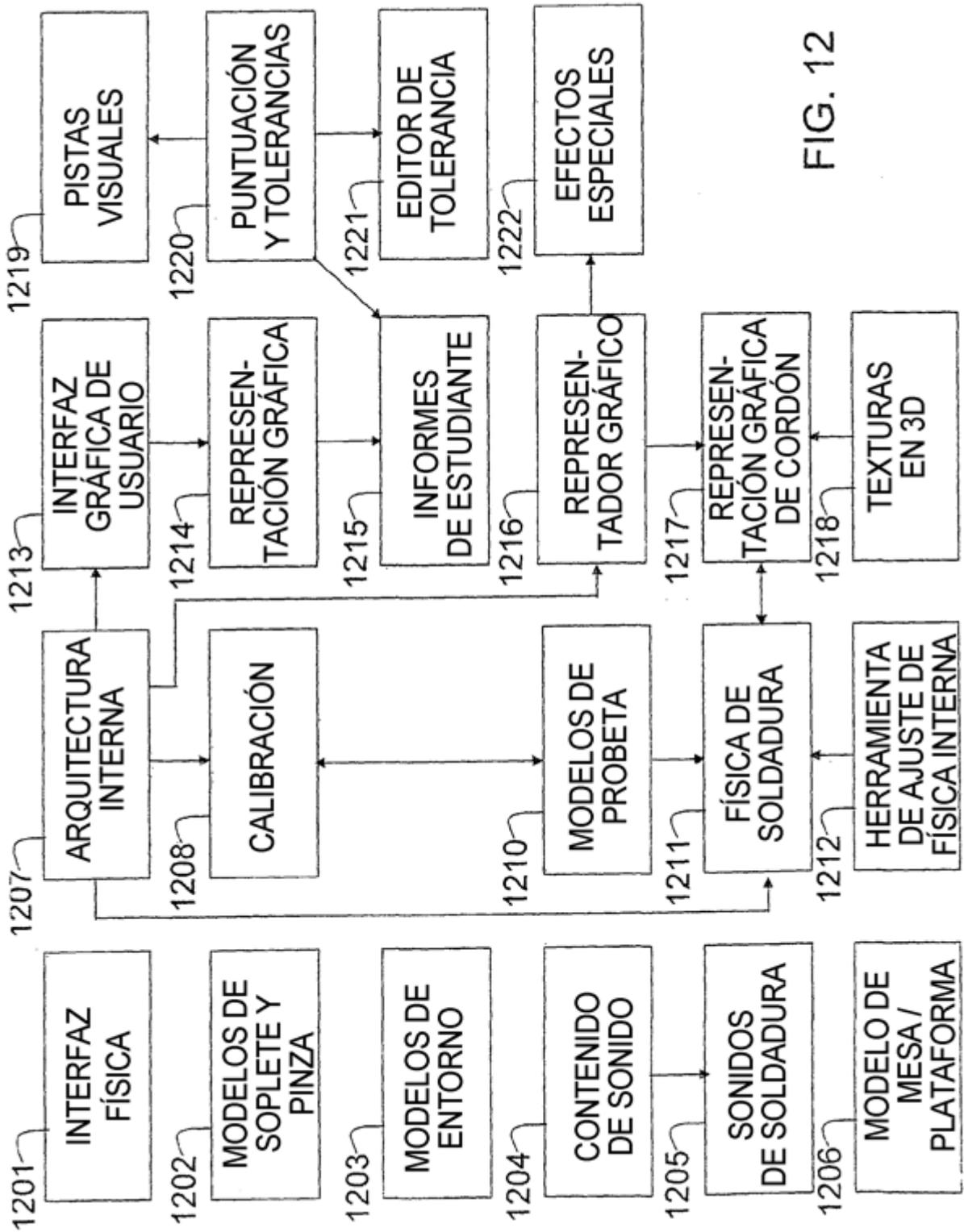
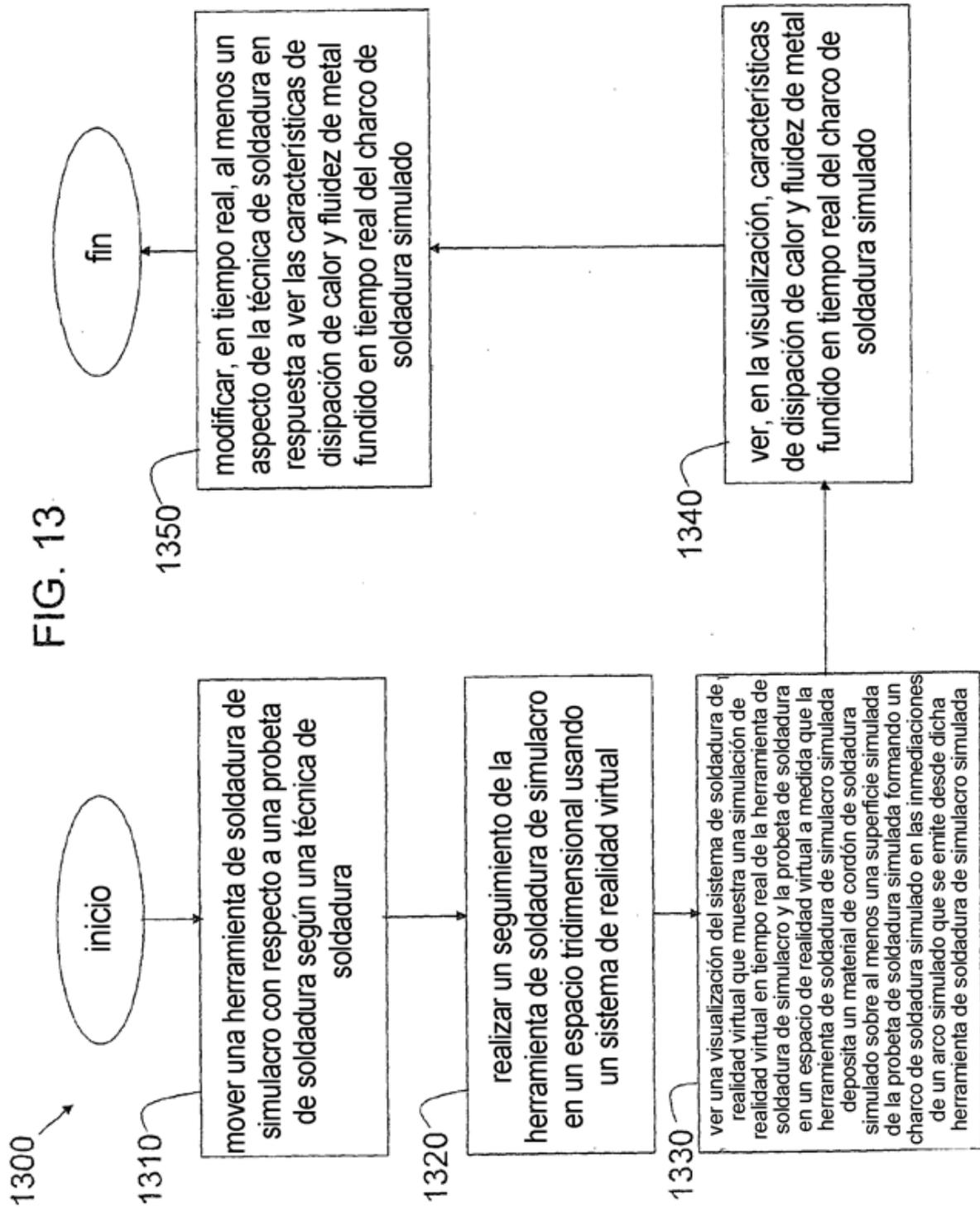


FIG. 12



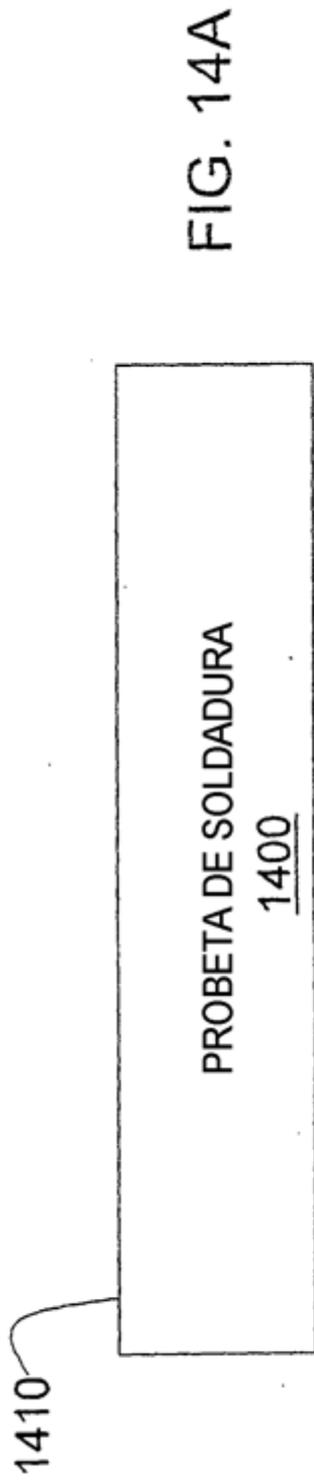


FIG. 14A

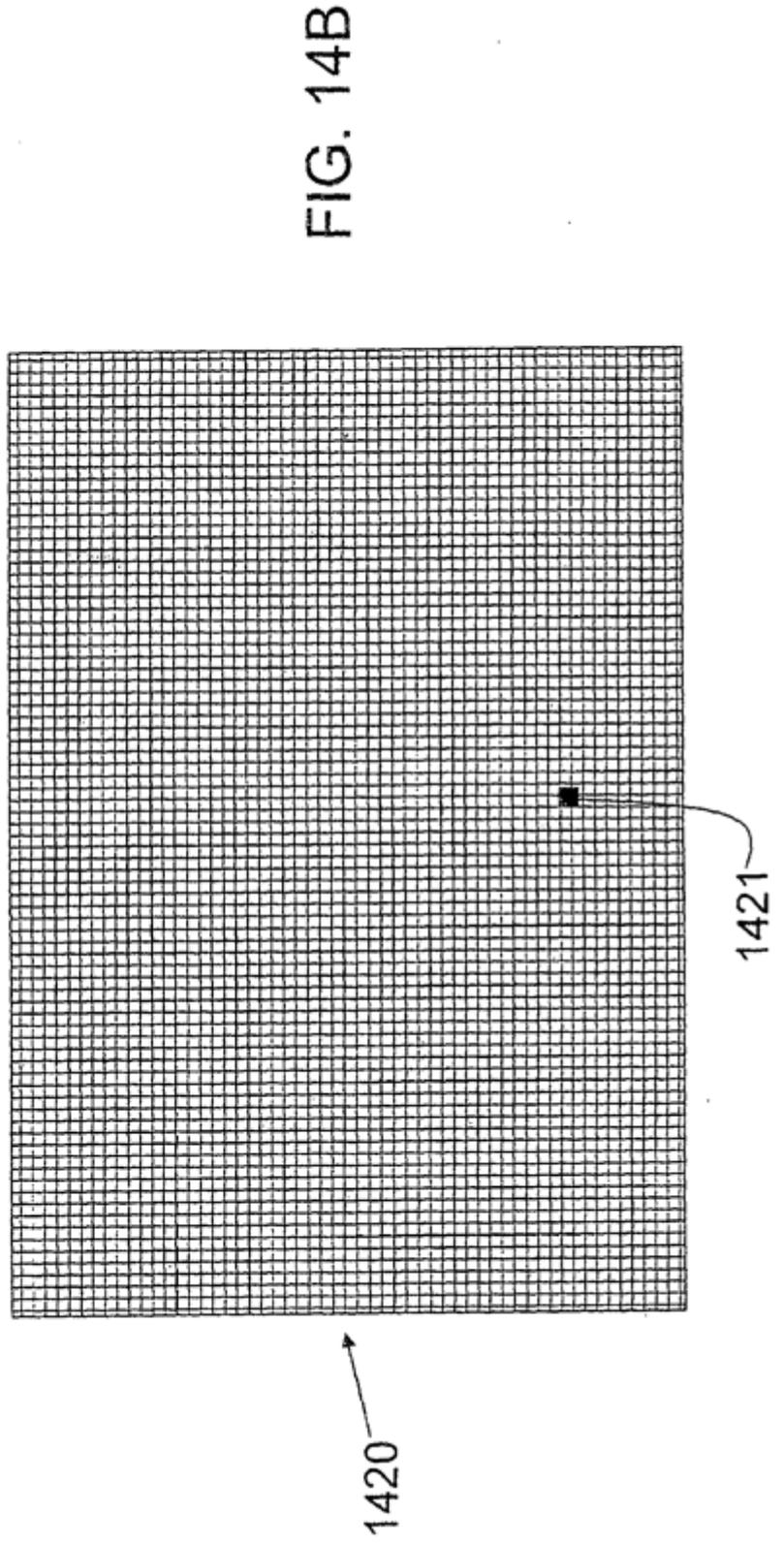
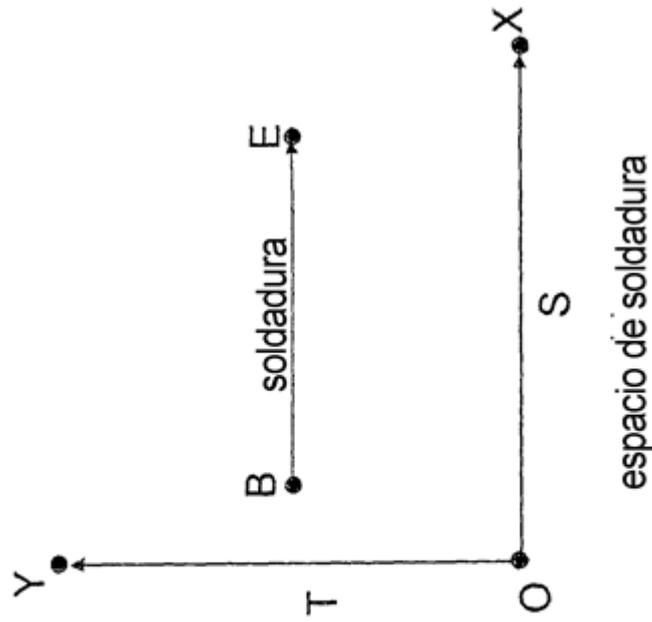
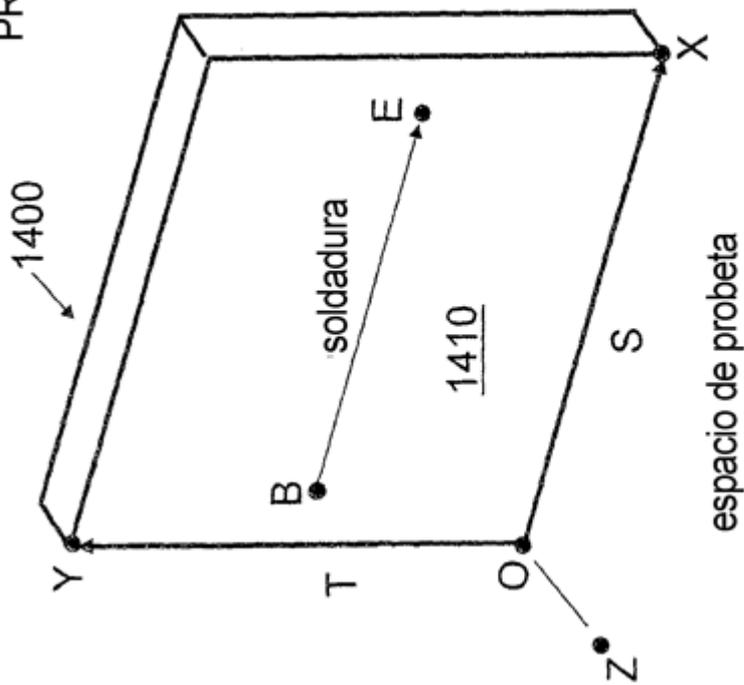


FIG. 14B

FIG. 15

PROBETA PLANA



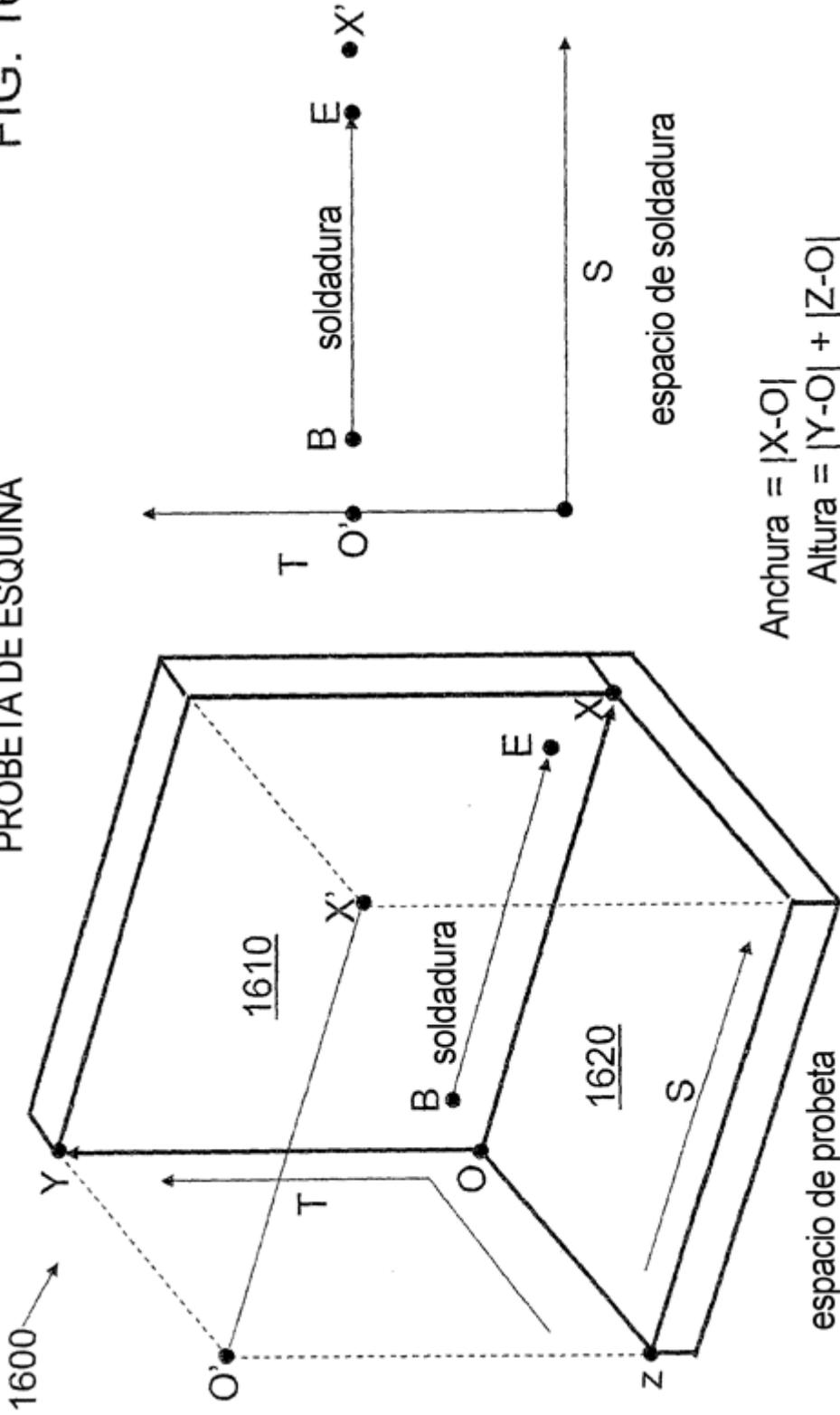
$$\text{Anchura} = |X-O|$$

$$\text{Altura} = |Y-O|$$

$$\text{Desplazamiento} = |Z-O|$$

FIG. 16

PROBETA DE ESQUINA



Anchura = $|X-O|$

Altura = $|Y-O| + |Z-O|$

$O' = Z + Y - O$

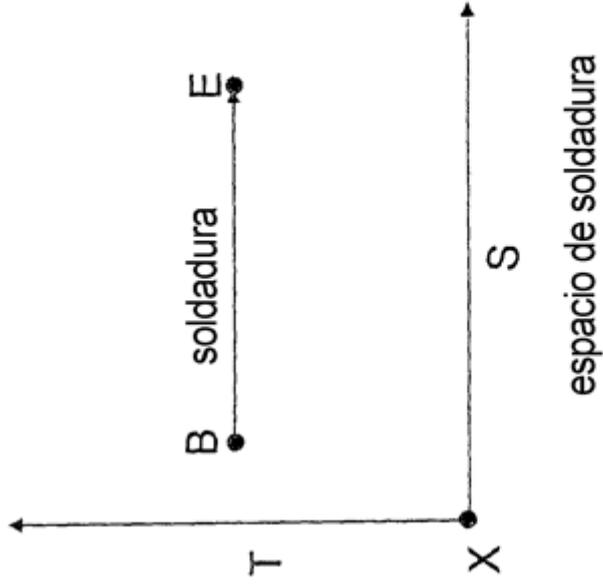
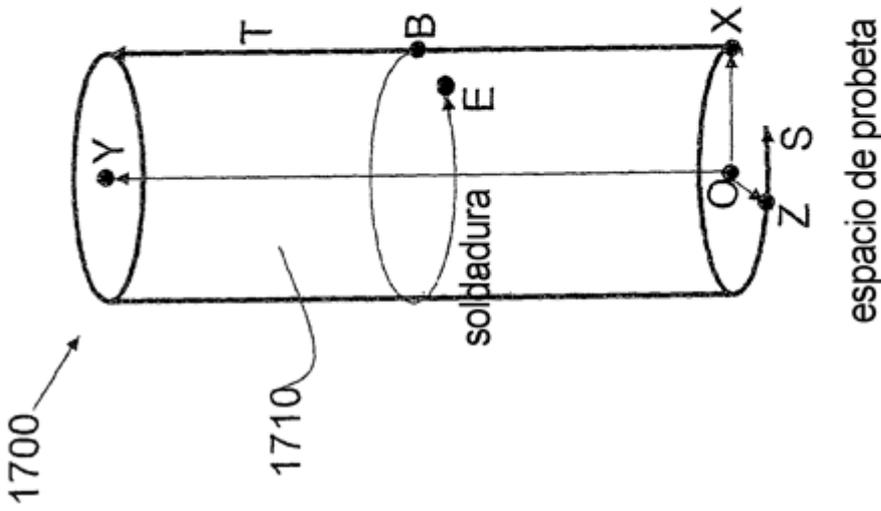
$X' = O' + X - O$

El desplazamiento es hacia la línea

$\overline{X' - O'}$

FIG. 17

PROBETA DE TUBO



Radio = $|X-O|$

Longitud = $|Y-O|$

Anchura = $2 \pi(\text{radio})$

Altura = longitud

El desplazamiento es alejándose de la línea

$\overline{Y-O}$

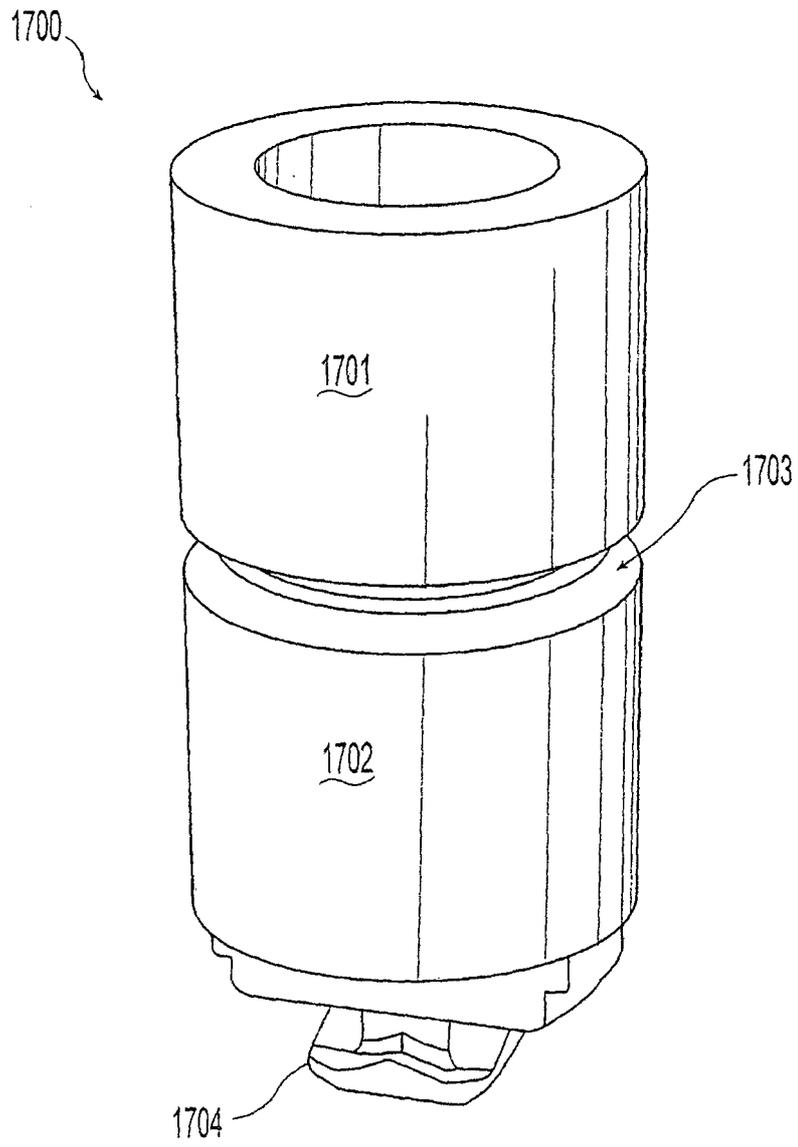


Fig. 18

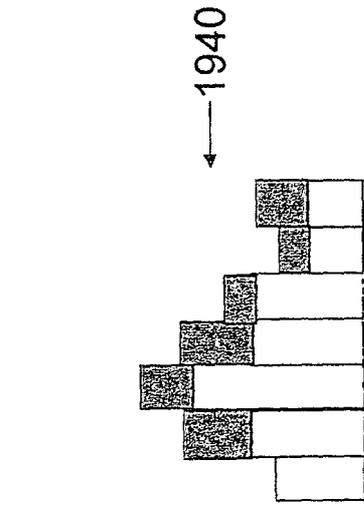


FIG. 19A

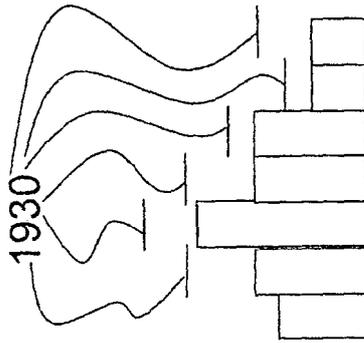


FIG. 19B

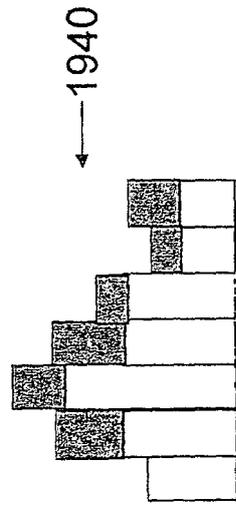


FIG. 19C

FIG. 20

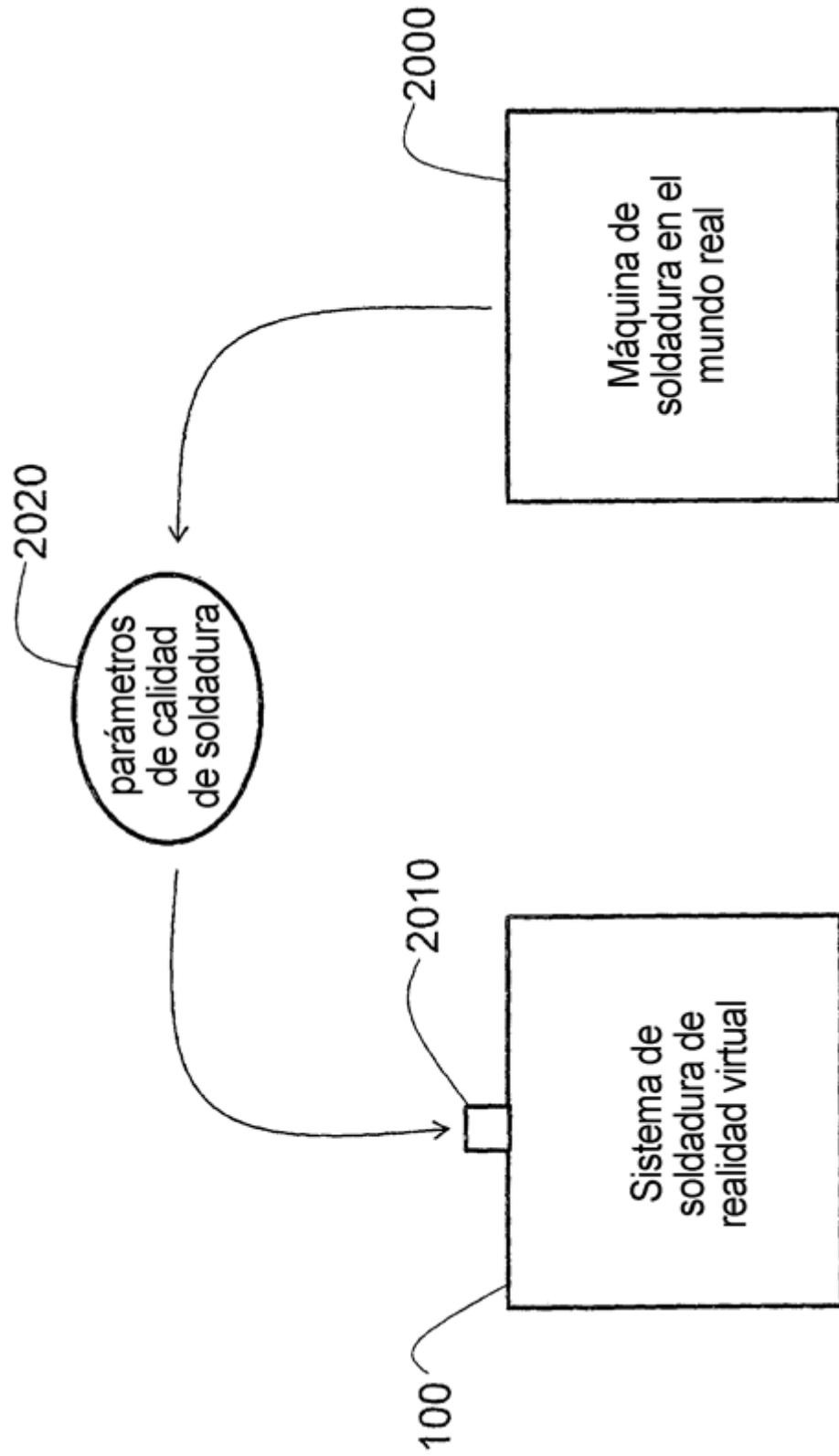


FIG. 21

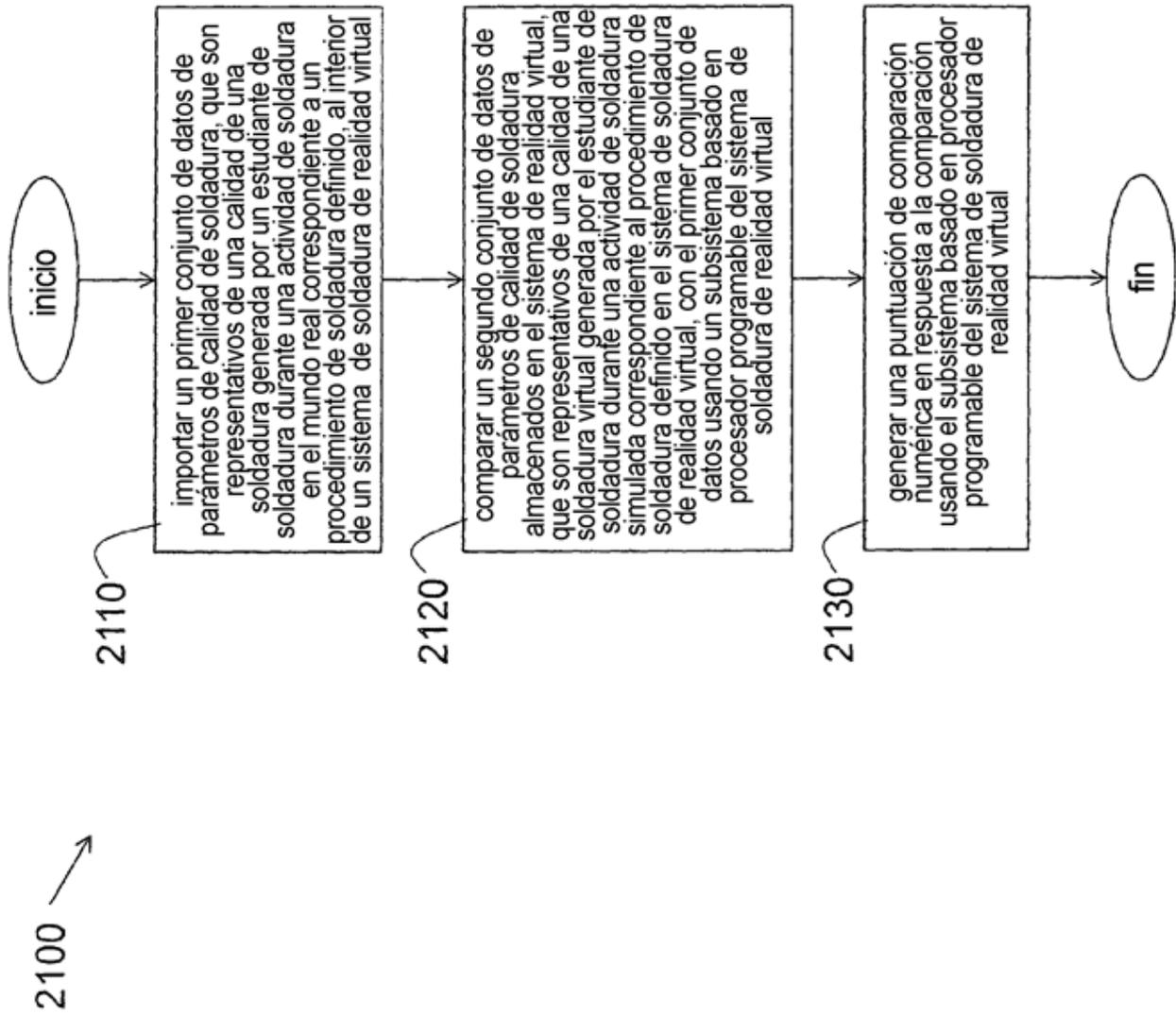


FIG. 22

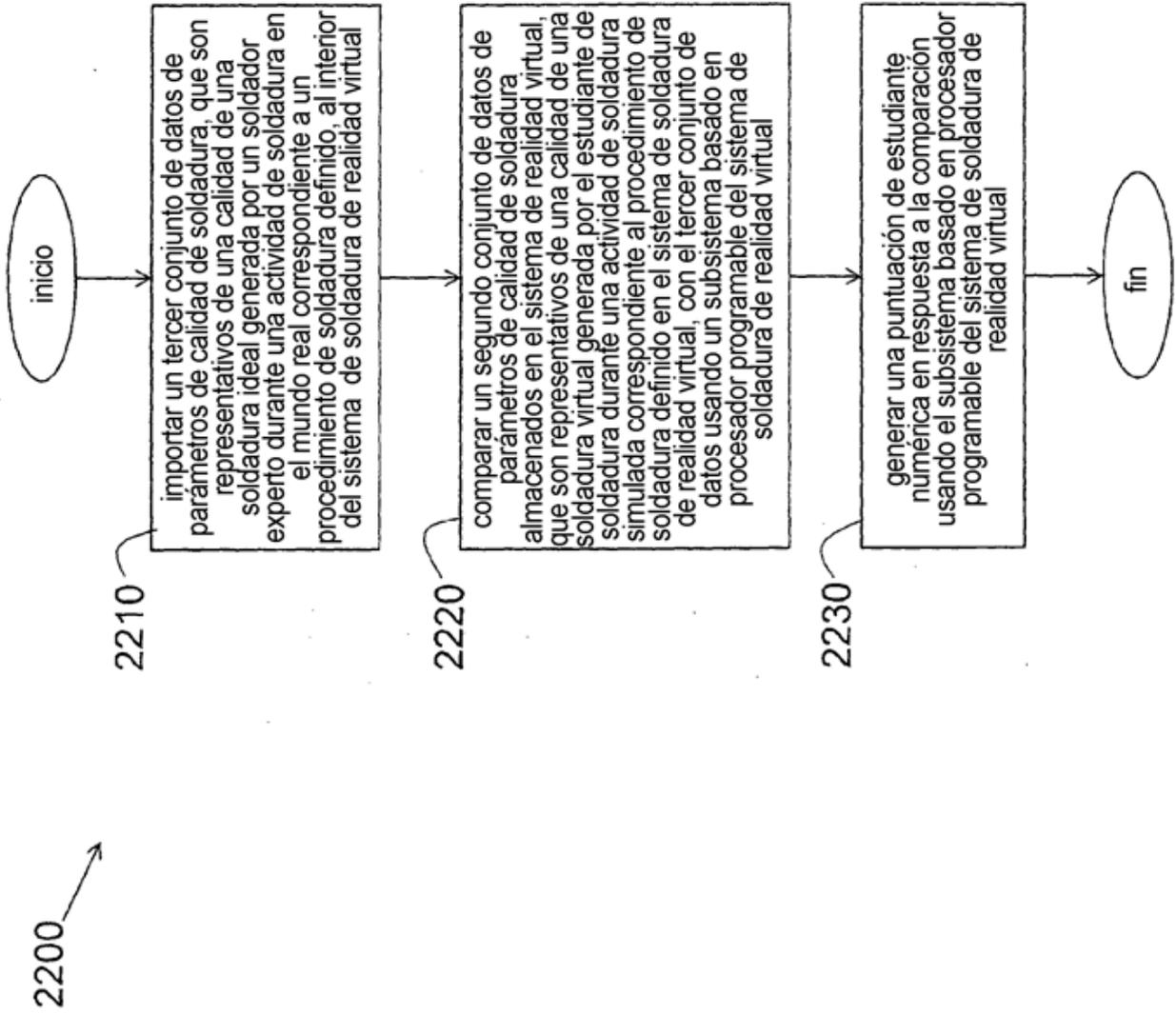


FIG. 23

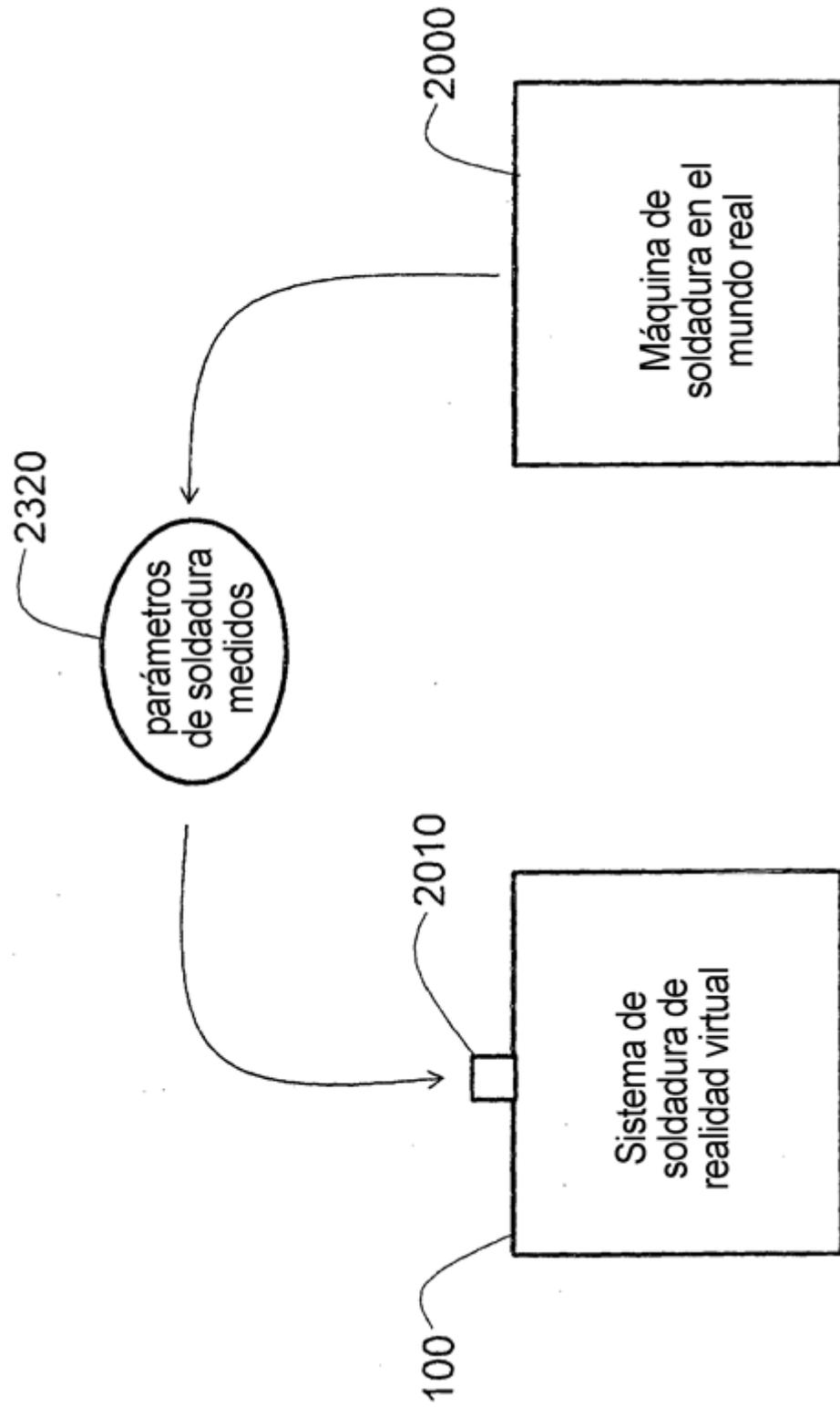


FIG. 24

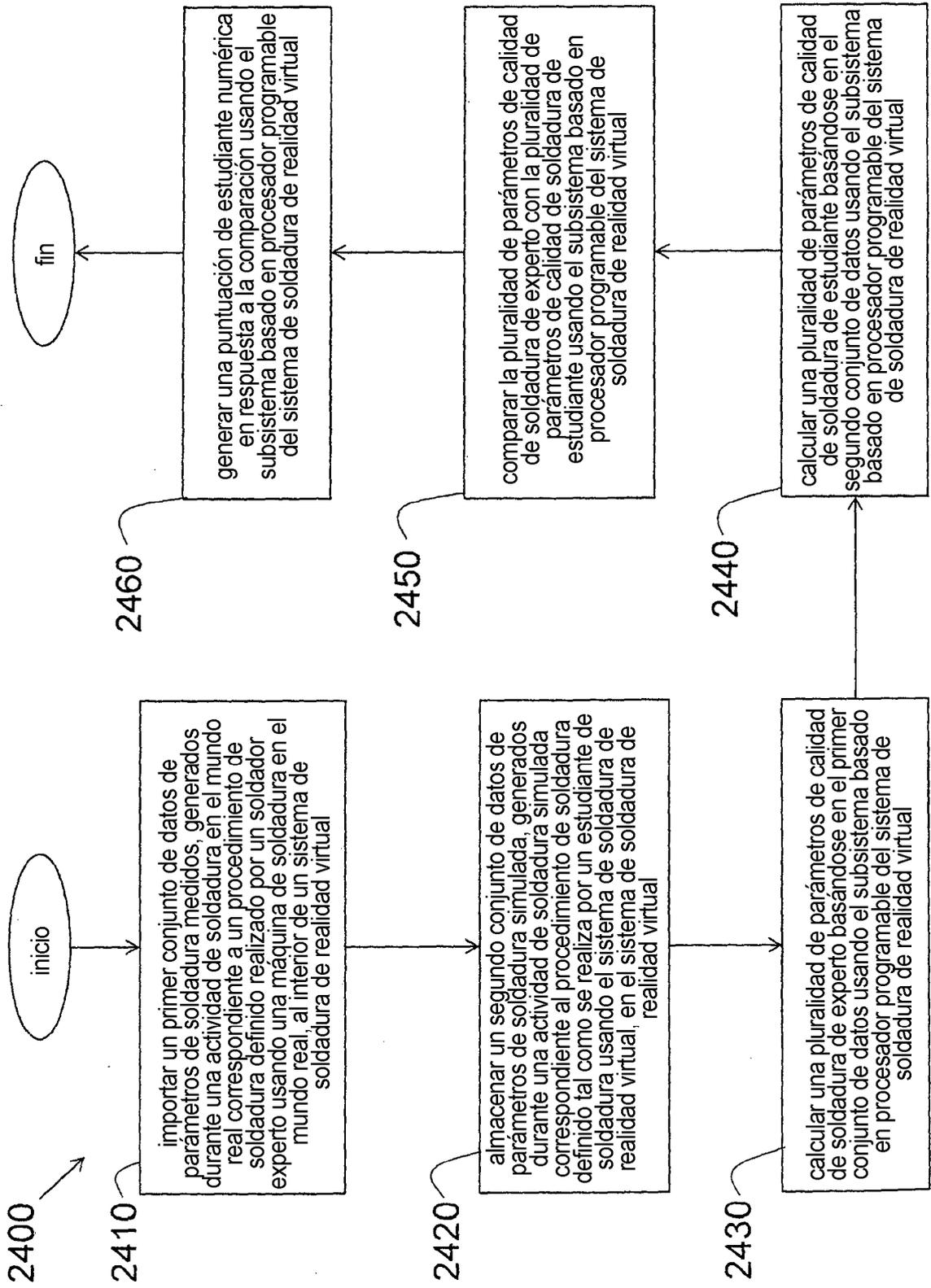


FIG. 25

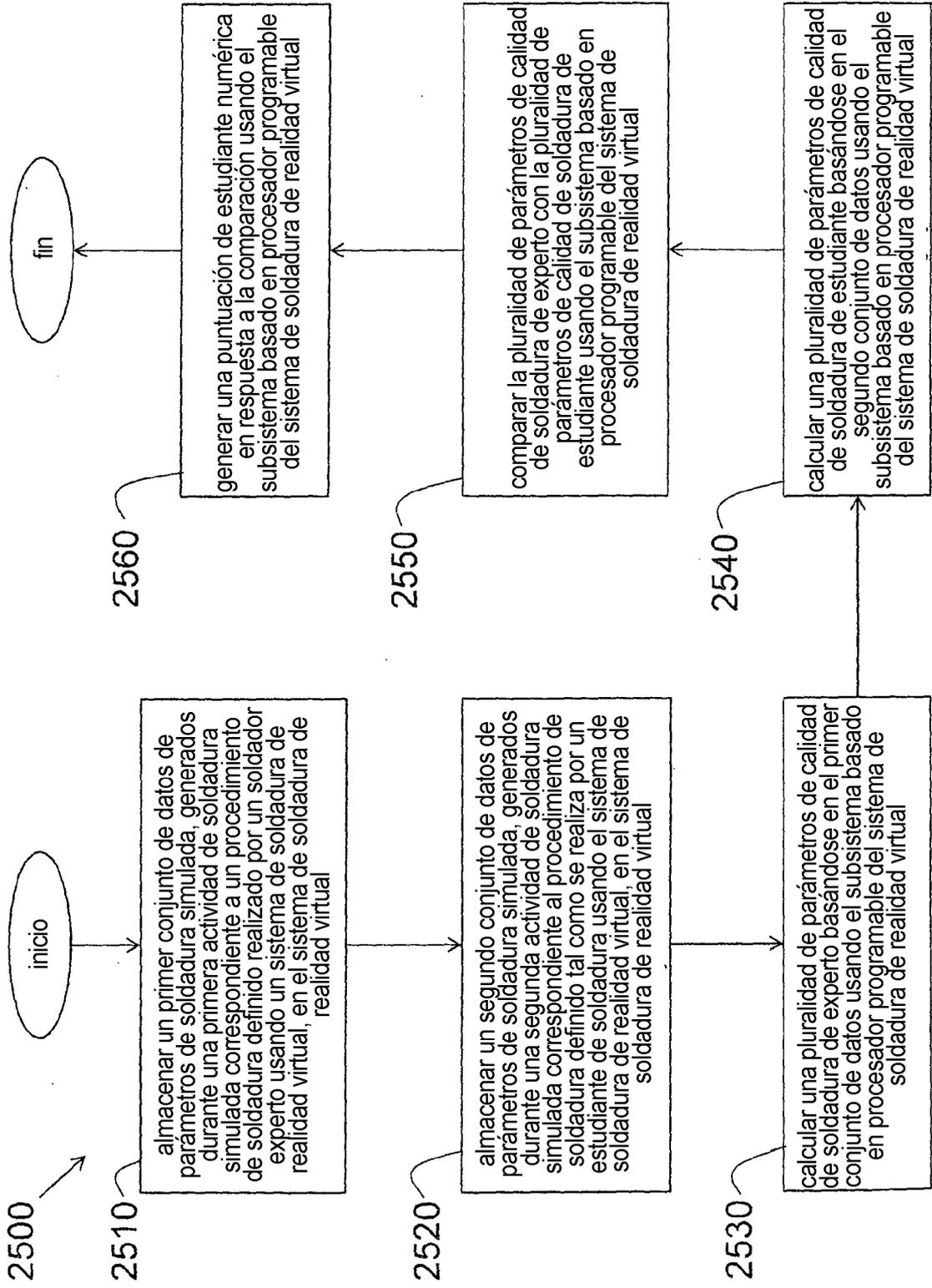
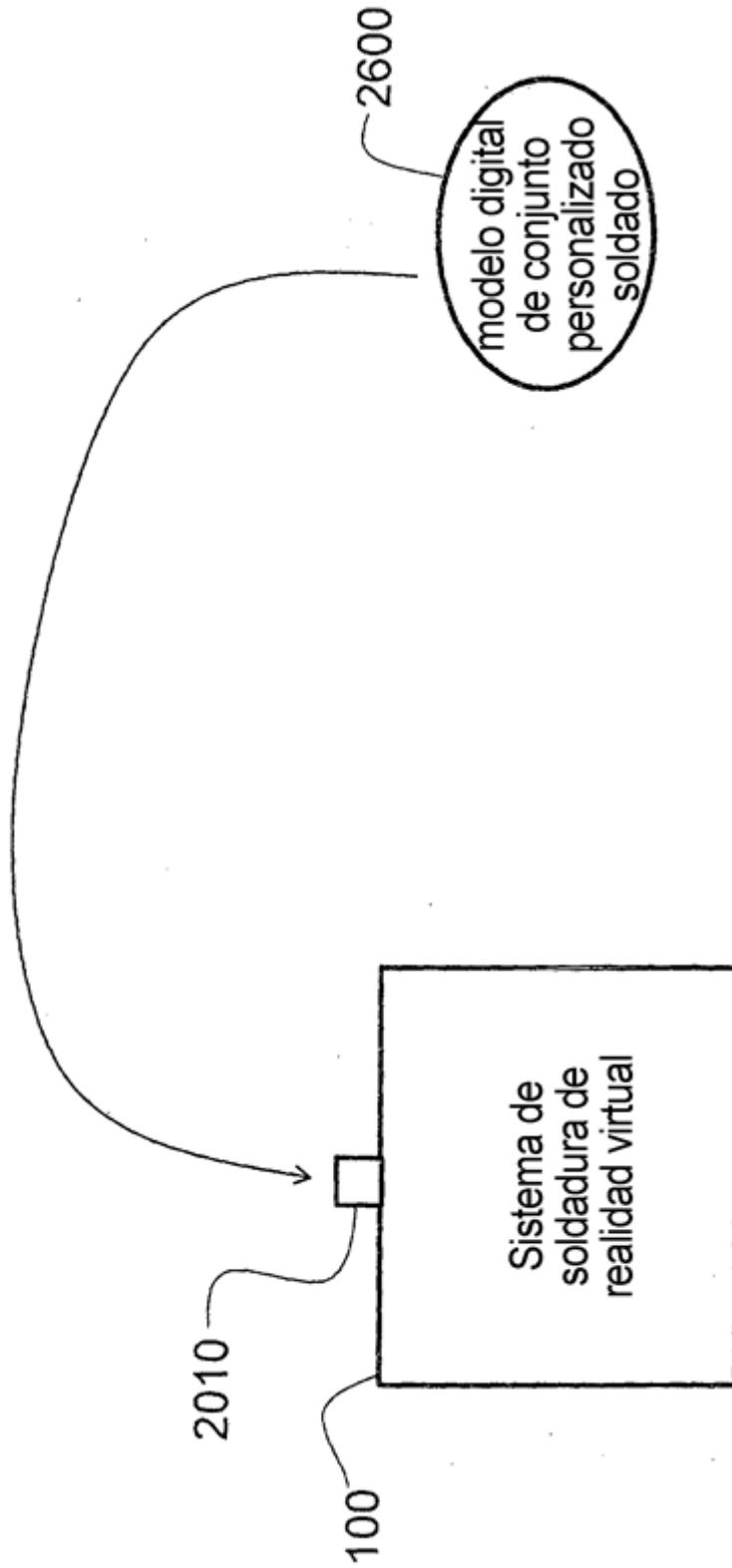


FIG. 26



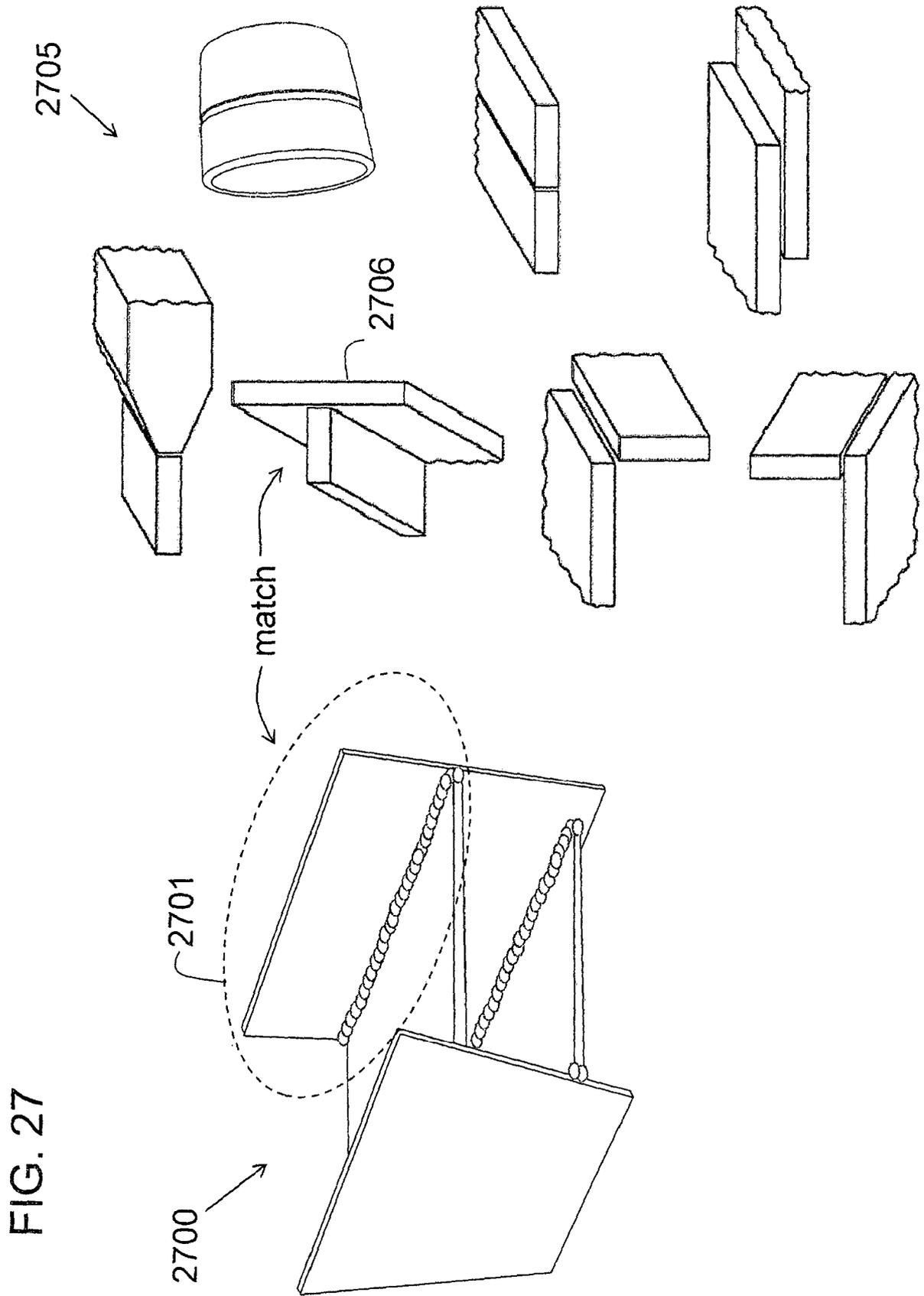


FIG. 28

