

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 799 430**

51 Int. Cl.:

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/IB2014/000284**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.09.2014 WO14140719**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2014 E 14720218 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2020 EP 2973512**

54 Título: **Sistemas y métodos que proporcionan una experiencia de usuario mejorada en un entorno de soldadura de realidad virtual simulado en tiempo real**

30 Prioridad:

11.03.2013 US 201313792280

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

17.12.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**PETERS, CARL;
POSTLETHWAITE, DEANNA y
WALLACE, MATTHEW WAYNE**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 799 430 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

Sistemas y métodos que proporcionan una experiencia de usuario mejorada en un entorno de soldadura de realidad virtual simulado en tiempo real

5 Esta solicitud de patente estadounidense reivindica prioridad de y es una solicitud de patente de continuación en parte (CIP) de la solicitud de patente estadounidense pendiente con número de serie 12/501.257 presentada el 10 de julio, 2009 y que reivindica prioridad de y el beneficio de la solicitud de patente estadounidense provisional con número de serie 61/090.794 presentada el 21 de agosto, 2008.

Campo de la invención

10 La invención se refiere a un sistema de soldadura de realidad virtual según la reivindicación 1 y a un método de soldadura de realidad virtual según las reivindicaciones 3, 8 y 14. Determinadas realizaciones se refieren a simulación de realidad virtual. Más particularmente, determinadas realizaciones se refieren a sistemas y métodos para proporcionar formación en soldadura con arco en un entorno de realidad virtual simulado o entorno de realidad aumentada usando retroalimentación de baño de fusión de soldadura en tiempo real.

Antecedentes de la técnica

15 Habitualmente, el aprendizaje de cómo realizar soldadura con arco ocupa muchas horas de instrucción, formación, y práctica. Existen muchos tipos diferentes de soldadura con arco y procedimientos de soldadura con arco que pueden aprenderse. Normalmente, la soldadura se aprende por un estudiante usando un sistema de soldadura real y realizando operaciones de soldadura en piezas de metal reales. Tal formación en el mundo real puede implicar unos escasos recursos de soldadura y el uso de materiales de soldadura limitados. Recientemente, sin embargo, la idea de
20 formación usando simulaciones de soldadura va adquiriendo cada vez más popularidad. Algunas simulaciones de soldadura se implementan por medio de ordenadores personales y/o en línea por medio de Internet. Sin embargo, las simulaciones de soldadura conocidas actuales tienden a encontrarse limitadas en cuanto a su enfoque de formación. Por ejemplo, algunas simulaciones de soldadura se centran solamente en la formación para "memoria de músculo", que simplemente forma a un estudiante de soldadura en cómo sostener y colocar una herramienta de soldadura. Otras
25 simulaciones de soldadura se centran en mostrar efectos visuales y auditivos del procedimiento de soldadura, pero solo de una manera limitada y a menudo poco realista que no proporciona al estudiante la retroalimentación deseada que es lo realmente representativo de la soldadura en el mundo real. Es esta retroalimentación real la que hace que el estudiante realice los ajustes necesarios para realizar una buena soldadura. La soldadura se aprende observando el arco y/o baño de metal fundido, no mediante memoria de músculo. (véase la solicitud internacional WO-A-
30 2009137379).

Limitaciones y desventajas adicionales de enfoques convencionales, tradicionales, y propuestos resultará evidente para un experto en la técnica, a través de la 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 de la invención

35 Un objeto es superar las limitaciones y desventajas mencionadas en el presente documento. Este problema se resuelve mediante un sistema de soldadura de realidad virtual según la reivindicación 1 y mediante un método de soldadura de realidad virtual según la reivindicación 2.

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

40 Breve descripción de los dibujos

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

la figura 2 ilustra una realización a modo de ejemplo de un cuadro de control de soldadura simulado y un dispositivo de visualización de observación (ODD) combinados del sistema de la figura 1;

45 la figura 3 ilustra una realización a modo de ejemplo del dispositivo de visualización de observación (ODD) de la figura 2;

la figura 4 ilustra una realización a modo de ejemplo de una parte frontal del cuadro de control de soldadura simulado de la figura 2 que muestra una interfaz de usuario de soldadura física (WUI);

50 la figura 5 ilustra una realización a modo de ejemplo de una herramienta de soldadura falsa (MWT) del sistema de la figura 1;

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

- la figura 7A ilustra una realización a modo de ejemplo de una muestra de soldadura de tubería (WC) del sistema de la figura 1;
- la figura 7B ilustra la tubería WC de la figura 7A montada en un brazo de la mesa/estación (TS) de la figura 6;
- 5 la figura 8 ilustra diversos elementos de una realización a modo de ejemplo del rastreador espacial (ST) de la figura 1;
- la figura 9A ilustra una realización a modo de ejemplo de un dispositivo de visualización montado en la cara (FMDD) del sistema de la figura 1;
- la figura 9B es una ilustración de cómo el FMDD de la figura 9A se fija en la cabeza de un usuario;
- 10 la figura 9C ilustra una realización a modo de ejemplo del FMDD de la figura 9A montado dentro de un casco de soldadura;
- la figura 10 ilustra una realización a modo de ejemplo de un diagrama de bloques de subsistema de un subsistema basado en procesador programable (PPS) del sistema de la figura 1;
- la figura 11 ilustra una realización a modo de ejemplo de un diagrama de bloques de una unidad de procesamiento gráfica (GPU) del PPS de la figura 10;
- 15 la figura 12 ilustra una realización a modo de ejemplo de un diagrama de bloques funcional del sistema de la figura 1;
- la figura 13 es un diagrama de flujo de una realización de un método de formación que usa el sistema de formación de realidad virtual de la figura 1;
- las figuras 14A-14B ilustran el concepto de un mapa de desplazamiento de pixel de soldadura (wexel), según una realización de la presente invención;
- 20 la figura 15 ilustra una realización a modo de ejemplo de un espacio de muestra y un espacio de soldadura de una muestra de soldadura plana (WC) simulada en el sistema de la figura 1;
- la figura 16 ilustra una realización a modo de ejemplo de un espacio de muestra y un espacio de soldadura de una muestra de soldadura (WC) de esquina (derivación en T) simulada en el sistema de la figura 1;
- 25 la figura 17 ilustra una realización a modo de ejemplo de un espacio de muestra y un espacio de soldadura de una muestra de soldadura de tubería (WC) simulada en el sistema de la figura 1;
- la figura 18 ilustra una realización a modo de ejemplo de la muestra de soldadura de tubería (WC) de la figura 17;
- las figuras 19A-19C ilustran una realización a modo de ejemplo del concepto de un modelo de baño de metal fundido de desplazamiento doble del sistema de la figura 1;
- 30 la figura 20 ilustra una segunda realización a modo de ejemplo de un diagrama de bloques de sistema de un sistema que proporciona formación en soldadura con arco en un entorno de realidad virtual en tiempo real;
- la figura 21 ilustra una imagen visualizada de una junta de soldadura virtual que tiene un aspecto de cordón de soldadura que puede visualizarse en un dispositivo de visualización de un sistema de soldadura de realidad virtual;
- la figura 22 ilustra la imagen visualizada de la junta de soldadura virtual de la figura 21 que tiene un aspecto de cordón de soldadura, que puede visualizarse en un dispositivo de visualización de un sistema de soldadura de realidad virtual;
- 35 la figura 23 ilustra un sistema de soldadura de realidad virtual en comunicación operativa con un sistema de impresión en 3D;
- la figura 24 ilustra un diagrama de bloques de sistema de una realización a modo de ejemplo de un sistema de soldadura de realidad virtual; y
- 40 la figura 25 ilustra una realización a modo de ejemplo que muestra el sistema de soldadura de realidad virtual de la figura 24 en comunicación operativa con un ordenador de servidor por medio de una infraestructura de comunicación externa.

Descripción detallada

- Una realización de la presente invención comprende un sistema de soldadura con arco de realidad virtual (VRAW) que comprende un subsistema basado en procesador programable, un rastreador espacial conectado de manera operativa al subsistema basado en procesador programable, pudiendo rastrearse espacialmente al menos una herramienta de soldadura falsa mediante el rastreador espacial, y al menos un dispositivo de visualización conectado de manera operativa al subsistema basado en procesador programable. El sistema puede simular, en un espacio de realidad
- 45

virtual, un baño de fusión de soldadura que tiene características de fluidez de metal fundido en tiempo real y de disipación de calor. El sistema también puede visualizar el baño de fusión de soldadura simulado en el dispositivo de visualización en tiempo real. Las características de fluidez de metal fundido en tiempo real y de disipación de calor del baño de fusión de soldadura simulado proporcionan retroalimentación visual en tiempo real a un usuario de la herramienta de soldadura falsa cuando se visualiza, lo que permite al usuario ajustar o mantener una técnica de soldadura en tiempo real en respuesta a la retroalimentación visual en tiempo real (es decir, ayuda al usuario a aprender como soldar de manera correcta). El baño de fusión de soldadura visualizado representa un baño de fusión de soldadura que se formaría en el mundo real basándose en la técnica de soldadura del usuario y el procedimiento y los parámetros de soldadura seleccionados. Al observar un baño de metal fundido (por ejemplo, forma, color, escoria, tamaño, monedas apiladas), un usuario puede modificar su técnica para realizar una buena soldadura y determinar el tipo de soldadura que se realiza. La forma del baño de metal fundido es sensible al movimiento de la pistola o varilla. Tal como se usa en el presente documento, el término "tiempo real" significa percibir y experimentar en el momento en un entorno simulado de la misma maneja que percibiría y experimentaría un usuario en una situación de soldadura en el mundo real. Además, el baño de fusión de soldadura es sensible a los efectos del entorno físico, incluida la gravedad, lo que permite que un usuario practique de manera realista una soldadura en diversas posiciones incluyendo soldadura bajo techo y diversos ángulos de soldadura de tubería (por ejemplo, 1G, 2G, 5G, 6G).

La figura 1 ilustra una realización a modo de ejemplo de un diagrama de bloques de sistema de un sistema 100 que proporciona formación en soldadura con 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 rastreador 120 espacial (ST) conectado de manera operativa al PPS 110. El sistema 100 también incluye una interfaz 130 de usuario de soldadura física (WUI) conectada de manera operativa al PPS 110 y un dispositivo 140 de visualización montado en la cara (FMDD) conectado de manera operativa al PPS 110 y al ST 120. El sistema 100 incluye, además, un dispositivo 150 de visualización de observación (ODD) conectado de manera operativa al PPS 110. El sistema 100 también incluye al menos una herramienta 160 de soldadura falsa (MWT) conectada de manera operativa al ST 120 y al PPS 110. El sistema 100 incluye, además, una mesa/estación (T/S) 170 y al menos una muestra 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 falsa (no se muestra) que simula una fuente de gas de protección y que tiene un regulador de flujo ajustable.

La figura 2 ilustra una realización a modo de ejemplo de un cuadro 135 de control de soldadura simulado (que simula una interfaz de usuario de fuente de alimentación de soldadura) y un dispositivo 150 de visualización de observación (ODD) combinados del sistema 100 de la figura 1. La WUI 130 física se encuentra en una parte frontal del cuadro 135 de control y proporciona botones giratorios, botones, y una palanca de mando para la selección del usuario de diversos modos y funciones. El ODD 150 se une a una parte superior del cuadro 135 de control. La MWT 160 descansa sobre un elemento de sujeción unido a una parte lateral del cuadro 135 de control. Internamente, el cuadro 135 de control sostiene el PPS 110 y una parte del ST 120.

La figura 3 ilustra una realización a modo de ejemplo del dispositivo 150 de visualización de observación (ODD) de la figura 2. Según una realización de la presente invención, el ODD 150 es un dispositivo de visualización de cristal líquido (LCD). También son posibles otros dispositivos de visualización. Por ejemplo, el ODD 150 puede ser una pantalla táctil, según otra realización de la presente invención. El ODD 150 recibe video (por ejemplo, formato SVGA) e información de visualización del 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 que incluyen posición, punta con respecto a pieza de trabajo, ángulo de soldadura, ángulo de desplazamiento, y velocidad de desplazamiento. Estos parámetros pueden seleccionarse y visualizarse en tiempo real en forma gráfica y se usan para enseñar la técnica de soldadura apropiada. Además, tal como se muestra en la figura 3, el ODD 150 puede visualizar estados 152 de discontinuidad de soldadura simulados que incluyen, por ejemplo, tamaño de soldadura inapropiado, mala colocación de cordón, cordón cóncavo, exceso de convexidad, mordedura, porosidad, fusión incompleta, inclusión de escoria, exceso de salpicaduras, sobrellenado, y perforación (penetración de fusión). La mordedura es una ranura que se funde en el metal de base adyacente a la soldadura o raíz de soldadura y que se deja sin llenar con metal de soldadura. A menudo, la mordedura se debe a un ángulo de soldadura incorrecto. La porosidad son discontinuidades de tipo cavidad formadas por inclusiones de gas durante la solidificación, provocada, a menudo, debido al movimiento del arco demasiado lejos de la muestra.

Asimismo, tal como se muestra en la figura 3, el ODD 50 puede visualizar selecciones 153 de usuario que incluyen menú, acciones, indicios visuales, nueva muestra, y paso final. Estas selecciones de usuario están ligadas a botones de usuario en el cuadro 135 de control. A medida que un usuario realiza diversas selecciones por medio de, por ejemplo, una pantalla táctil del ODD 150 o por medio de 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 observada por un soldador que porta el FMDD 140 en la misma vista angular del soldador o en diversos ángulos diferentes, por ejemplo, elegidos por un instructor. El ODD 150 puede observarse por un instructor y/o estudiantes con diversos fines de formación. Por ejemplo, la vista puede rotarse alrededor de la soldadura acabada, lo que permite la inspección visual por un instructor. Según una realización alternativa de la presente invención, puede enviarse un video del sistema 100 a una ubicación remota por medio de, por ejemplo, Internet para su visionado y/o

evaluación remotos. Además, puede proporcionarse audio, lo que permite una comunicación de audio en tiempo real entre un estudiante y un instructor remoto.

La figura 4 ilustra una realización a modo de ejemplo de una parte frontal del cuadro 135 de control de soldadura simulado 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 corresponderse con los colores de las selecciones 153 de usuario visualizadas en el ODD 150. Cuando se presiona 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 usarse por un usuario para seleccionar diversos parámetros y selecciones visualizados en el ODD 150. La WUI 130 incluye, además, un dial o botón 133 giratorio para ajustar velocidades de alimentación de alambre/amperios, y otro dial o botón 134 giratorio para ajustar voltios/desbarbado. La WUI 130 también incluye un dial o botón 136 giratorio para seleccionar un procedimiento de soldadura con arco. Según una realización de la presente invención, pueden seleccionarse tres procedimientos de soldadura con arco que incluyen soldadura con arco con relleno de fundente (FCAW) que incluye procedimientos con protección gaseosa y de autoprotección; soldadura con arco con gas activo (GMAW) que incluye arco corto, pulverización axial, STT, y pulsado; soldadura con arco con electrodo de tungsteno (GTAW); y soldadura con arco con electrodo revestido (SMAW) que incluye electrodos E6010 y E7010. La WUI 130 incluye, además, un dial o botón 137 giratorio para seleccionar una polaridad de soldadura. Según una realización de la presente invención, pueden seleccionarse tres polaridades de soldadura con arco que incluyen corriente alterna (CA), corriente continua positiva (CC+), y corriente continua negativa (CC-).

La figura 5 ilustra una realización a modo de ejemplo de una herramienta 160 de soldadura falsa (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 placa y tubería e incluye un elemento 161 de sujeción y un electrodo 162 revestido simulado. Un elemento de activación en el MWT 160 se usa para comunicar una señal al PPS 110 para activar un procedimiento de soldadura simulado seleccionado. El electrodo 162 revestido simulado incluye una punta 163 resistiva de manera táctil para simular retroalimentación resistiva que se produce durante, por ejemplo, un procedimiento de soldadura de pasada de raíz en soldadura de tubería en el mundo real o cuando se suelda una placa. Si el usuario mueve el electrodo 162 revestido simulado demasiado hacia atrás fuera de la raíz, el usuario podrá sentir o detectar la resistencia más baja, derivando de ese modo en retroalimentación 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 se muestra, que retira el electrodo 162 revestido simulado durante el procedimiento de soldadura virtual. Es decir, que a medida que un usuario comienza una actividad de soldadura virtual, la distancia entre elemento 161 de sujeción y la punta del electrodo 162 revestido simulado se reduce para simular el consumo del electrodo. La tasa de consumo, es decir, la retirada del electrodo 162 revestido, puede controlarse por 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. Cabe mencionar en este caso que cuando el sistema 100 facilita la soldadura virtual con diferentes tipos de electrodos, la tasa de consumo o reducción del electrodo 162 revestido puede cambiar con el procedimiento de soldadura usado y/o configuración del sistema 100.

También son posibles otras herramientas de soldadura falsas, según otras realizaciones de la presente invención, que incluyen un MWT que simula una pistola de soldadura semiautomática que se sostiene con la mano que tiene un alambre electrodo alimentado a través de la pistola, por ejemplo. Además, según determinadas realizaciones adicionales de la presente invención, puede usarse una herramienta de soldadura real como la MWT 160 para simular mejor la alimentación real de la herramienta en las manos del usuario, aunque, en el sistema 100, la herramienta no se usaría para crear, en realidad, un arco real. Asimismo, puede proporcionarse una herramienta de amolado simulada, para usarse en un modo de amolado simulado del simulador 100. De manera similar, puede proporcionarse una herramienta de corte simulada, para usarse en un modo de corte simulado del simulador 100. Además, puede proporcionarse un material de relleno o soplete de soldadura con arco con electrodo de tungsteno (GTAW) simulado para usarse en el simulador 100.

La figura 6 ilustra una realización a modo de ejemplo de una mesa/estación (T/S) 170 del sistema 100 de la figura 1. La T/S 170 incluye una mesa 171 ajustable, una estación 172 o base, un brazo 173 ajustable, y un poste 174 vertical. Cada uno de la mesa 171, la estación 172, y el brazo 173 está unido al poste 174 vertical. Cada uno de la mesa 171 y el brazo 173 pueden ajustarse manualmente hacia arriba, hacia abajo, y de manera rotatoria con respecto al poste 174 vertical. El brazo 173 se usa para sostener diversas muestras de soldadura (por ejemplo, muestra 175 de soldadura) y un usuario puede descansar su brazo sobre la mesa 171 cuando se encuentra en formación. El poste 174 vertical se categoriza con información de posición de manera que un usuario puede conocer exactamente el momento en el que el brazo 173 y la mesa 171 están colocados verticalmente 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.

Según una realización alternativa de la presente invención, las posiciones de la mesa 171 y el brazo 173 pueden configurarse automáticamente por el PSS 110 por medio de ajustes programados previamente, o por medio de la WUI 130 y/o el ODD 150 según se ordene 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 PPS 110 activan los motores y/o servomecanismos. Según una realización alternativa adicional de la presente invención, las posiciones de la mesa

171 y el brazo 173 y el tipo de muestra se detectan por el sistema 100. De esta forma, un usuario no tiene que introducir manualmente la información de posición por medio de 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 PPS 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 observar una representación del ajuste de T/S 170 en el ODD 150 a medida que cambian los parámetros de ajuste, según una realización de la presente invención.

La figura 7A ilustra una realización a modo de ejemplo de una muestra 175 de soldadura de tubería (WC) del sistema 100 de la figura 1. La WC 175 simula dos tuberías 175' y 175" de seis pulgadas de diámetro colocadas en conjunto para formar una raíz 176 que va a soldarse. La WC 175 incluye una parte 177 de conexión en un extremo de la WC 175, lo que permite que la WC 175 se una de una manera precisa y repetible al brazo 173. La figura 7B ilustra la tubería 175 WC de la figura 7A montada en el brazo 173 de la mesa/estación (TS) 170 de la figura 6. La manera precisa y repetible en la que puede unirse la WC 175 al brazo 173 permite una calibración espacial de la WC 175 que va a realizarse solo una vez en la fábrica. A continuación, en el campo, siempre y cuando se informe al sistema 100 sobre la posición del brazo 173, el sistema 100 puede rastrear la MWT 160 y el FMDD 140 con respecto a la WC 175 en un entorno virtual. Una primera parte del brazo 173, a la que se une la WC 175, puede inclinarse con respecto a una segunda parte del brazo 173, tal como se muestra en la figura 6. Esto permite que el usuario practique soldadura de tubería con la tubería en cualquiera de diversas orientaciones y ángulos diferentes.

La figura 8 ilustra diversos elementos de una realización a modo de ejemplo del rastreador espacial (ST) 120 de la figura 1. El ST 120 es un rastreador magnético que puede comunicarse de manera operativa con el PPS 110 del sistema 100. El ST 120 incluye una fuente 121 magnética y cable fuente, al menos un sensor 122 y cable asociado, software 123 anfitrión en disco, una fuente 124 de alimentación y cable asociado, cables 125 de USB y RS-232, y una unidad 126 de rastreo de procesador. La fuente 121 magnética puede conectarse de manera operativa a la unidad 126 de rastreo de procesador por medio de un cable. El sensor 122 puede conectarse de manera operativa a la unidad 126 de rastreo de procesador por medio de un cable. La fuente 124 de alimentación puede conectarse de manera operativa a la unidad 126 de rastreo de procesador por medio de un cable. La unidad 126 de rastreo de procesador puede conectarse de manera operativa al PPS 110 por medio de un cable 125 de USB o RS-232. El software 123 anfitrión en disco puede cargarse en el PPS 110 y permitir una comunicación funcional entre el ST 120 y el PPS 110.

Haciendo referencia a la figura 6, la fuente 121 magnética del ST 120 está montada en la primera parte del brazo 173. La fuente 121 magnética crea un campo magnético alrededor de la fuente 121, que incluye el espacio que alberga la WC 175 unida al brazo 173, lo que establece una trama espacial en 3D de referencia. La T/S 170 es, en gran medida, no metálica (no férrica y no conductora) para no distorsionar el campo magnético creado por la fuente 121 magnética. El sensor 122 incluye tres bobinas de inducción alineadas ortogonalmente a lo largo de tres direcciones espaciales. Cada una de las bobinas de inducción del sensor 122 mide la fuerza del campo magnético en cada una de las tres direcciones y proporciona esa información a la unidad 126 de rastreo de procesador. Como resultado, el sistema 100 puede conocer el momento en que cualquier parte de la WC 175 se establece con respecto a la trama espacial en 3D de referencia por el campo magnético cuando la WC 175 está montada en el brazo 173. El sensor 122 puede unirse a la MWT 160 o al FMDD 140, lo que permite el rastreo de la MWT 160 o el FMDD 140 por el ST 120 con respecto a la trama espacial en 3D de referencia tanto en espacio como en orientación. Cuando se proporcionan dos sensores 122 y se conectan de manera operativa a la unidad 126 de rastreo de procesador, pueden rastrearse tanto la MWT 160 como el FMDD 140. De esta manera, el sistema 100 puede crear una WC virtual, una MWT virtual, y un T/S virtual en un espacio de realidad virtual y visualizar la WC virtual, la MWT virtual, y el T/S virtual en el FMDD 140 y/o el ODD 150 a medida que se rastrean la MWT 160 y el FMDD 140 con respecto a la trama espacial en 3D de referencia.

Según una realización alternativa de la presente invención, el/los sensor(es) 122 pueden comunicarse de manera inalámbrica con la unidad 126 de rastreo de procesador, y la unidad 126 de rastreo de procesador puede comunicarse de manera inalámbrica con el PPS 110. Según otras realizaciones alternativas de la presente invención, pueden usarse otros tipos de rastreadores 120 espaciales en el sistema 100 que incluyen, por ejemplo, un rastreador basado en acelerómetro/giroscopio, un rastreador óptico (activo o pasivo), un rastreador de infrarrojos, un rastreador acústico, un rastreador láser, un rastreador de frecuencia de radio, un rastreador inercial, y sistemas de rastreo basados en realidad aumentada. También pueden ser posibles otros tipos de rastreadores.

La figura 9A ilustra una realización a modo de ejemplo del dispositivo 140 de visualización montado en la cara (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 en la cabeza de un usuario. La figura 9C ilustra una realización a modo de ejemplo del FMDD 140 de la figura 9A integrado en un casco 900 de soldadura. El FMDD 140 se conecta de manera operativa al PPS 110 y al ST 120 o bien por medio de alambres o de manera inalámbrica. Un sensor 122 del ST 120 puede unirse al FMDD 140 o al casco 900 de soldadura, según diversas realizaciones de la presente invención, lo que permite el rastreo del FMDD 140 y/o el casco 900 de soldadura con respecto a la trama espacial en 3D de referencia creada por el ST 120.

Según una realización de la presente invención, el FMDD 140 incluye dos micropantallas OLED en 3D SVGA de alto contraste que pueden suministrar video en movimiento total fluido en los modos de video secuencial de trama y 2D. El video del entorno de realidad virtual se proporciona y visualiza en el FMDD 140. Puede proporcionarse un modo de zoom (por ejemplo, 2X), que permite que un usuario simule una lente falsa, por ejemplo.

El FMDD 140 incluye, además, dos altavoces 910 de auricular, lo que permite al usuario escuchar sonidos relacionados con soldadura y del entorno simulados producidos por el sistema 100. El FMDD 140 puede entrar en contacto, de manera operativa, con el PPS 110 por medio de medios por cable o inalámbricos, según diversas realizaciones de la presente invención. Según una realización de la presente invención, el PPS 110 proporciona video estereoscópico al FMDD 140, lo que proporciona una percepción de profundidad mejorada 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 hacer aparecer y seleccionar menús y opciones de visualización en el FMDD 140. Esto puede permitir que el usuario resetee fácilmente una soldadura si comete un error, cambie determinados parámetros, o retroceda un poco para rehacer una parte de una trayectoria de cordón de soldadura, por ejemplo.

La figura 10 ilustra una realización a modo 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 de procesamiento central (CPU) y dos unidades 115 de procesamiento gráficas (GPU), según una realización de la presente invención. Las dos GPU 115 se programan para proporcionar una simulación de realidad virtual de un baño de fusión de soldadura (es decir, un baño de soldadura) que tiene características de fluidez de metal fundido en tiempo real y absorción y disipación de calor, según una realización de la presente invención.

La figura 11 ilustra una realización a modo de ejemplo de un diagrama de bloques de una unidad 115 de procesamiento gráfica (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 video que pueden proporcionar dos vistas de realidad virtual. Dos de las salidas de video pueden enrutarse hacia el FMDD 140, conformando el punto de vista del soldador, y una tercera salida de video puede enrutarse hacia el ODD 150, por ejemplo, conformando o bien el punto de vista del soldador o algún otro punto de vista. La cuarta salida de video restante puede enrutarse hacia un proyector, por ejemplo. Ambas GPU 115 realizan los mismos cálculos físicos de soldadura, pero pueden conformar el entorno de realidad virtual desde el mismo punto de vista o diferentes. La GPU 115 incluye una arquitectura 116 de dispositivo unificada de computación (CUDA) y un operador 117 de control de visión. La CUDA 116 es el motor de computación de la GPU 115 al que puede accederse mediante desarrolladores de software a través de lenguajes de programación estacional de la industria. La CUDA 116 incluye núcleos paralelos y se usa para ejecutar el modelo físico de la simulación de baño de fusión 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 operador 117 de control de visión es el responsable de establecer y aplicar todos los visuales de la simulación. Los visuales del cordón y el baño de metal fundido se accionan mediante el estado de un mapa de desplazamiento de wexel que se describe a continuación en el presente documento. Según una realización de la presente invención, el modelo físico se ejecuta y actualiza a una tasa de aproximadamente 30 veces por segundo.

La figura 12 ilustra una realización a modo de ejemplo de un diagrama de bloques funcional 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 por medio de instrucciones y módulos de software 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 estación/mesa, funcionalidad 1207 de arquitectura interna, funcionalidad 1208 de calibración, modelos 1210 de muestra, física 1211 de soldadura, herramienta 1212 de ajuste de física interna (elemento de ajuste de precisión), funcionalidad 1213 de interfaz de usuario gráfica, funcionalidad 1214 de representación gráfica, funcionalidad 1215 de informes de estudiante, elemento 1216 de representación, representación 1217 de cordón, texturas 1218 en 3D, funcionalidad 1219 de indicios 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 mayor nivel de los procedimientos del sistema 100 que incluyen, por ejemplo, descargar archivos, contener información, gestionar hilos, activar el modelo físico, 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 al PPS 110 incluyen ubicación de arco, posición de pistola, posición de FMDD o casco, estado encendido/apagado de la pistola, y estado realizado de contacto (sí/no).

La funcionalidad 1213 de interfaz de usuario gráfica permite que un usuario, a través del ODD 150 use la palanca 132 de mando de la interfaz 130 de usuario física, para configurar una situación de soldadura. Según una realización de la presente invención, la configuración de una situación de soldadura incluye seleccionar una lengua, introducir un nombre de usuario, seleccionar una placa de práctica (es decir, una muestra de soldadura), seleccionar un procedimiento de soldadura (por ejemplo, FCAW, GMAW, SMAW) y pulverización axial, impulso, o métodos de arco corto asociados, seleccionar un tipo de gas y caudal de flujo, seleccionar un tipo de electrodo revestido (por ejemplo, 6010 o 7018), y seleccionar un tipo de alambre relleno de fundente (por ejemplo, de autoprotección, de protección mediante gas). La configuración 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. La configuración de una situación de soldadura incluye, además, seleccionar un entorno (por ejemplo, un entorno de fondo en el espacio de realidad virtual), configurar velocidades de alimentación de alambre, configurar un nivel de tensión, configurar un amperaje, seleccionar una polaridad, y activar/desactivar indicios visuales particulares.

5 Durante una situación de soldadura simulada, la funcionalidad 1214 de representación gráfica recopila parámetros de rendimiento de usuario y proporciona los parámetros de rendimiento de usuario a la funcionalidad 1213 de interfaz de usuario gráfica para visualizarse de una forma gráfica (por ejemplo, en el ODD 150). La información de rastreo del ST 120 se alimenta a la funcionalidad 1214 de representación gráfica. La funcionalidad 1214 de representación gráfica incluye un módulo de análisis sencillo (SAM) y un módulo de análisis de vibración/oscilación (WWAM). El SAM analiza parámetros de soldadura de usuario que incluyen ángulo de desplazamiento de soldadura, velocidad de desplazamiento, ángulo de soldadura, posición, y distancia de punta con respecto a pieza de trabajo comparando los parámetros de soldadura con datos almacenados en tablas de cordón. El WWAM analiza parámetros de vibración de usuario que incluyen separación de monedas, tiempo de vibración, y tiempo de baño de metal fundido. El WWAM también analiza parámetros de oscilación de usuario que incluyen anchura de oscilación, separación de oscilación, y tiempo de oscilación. Los SAM y WWAM interpretan datos de entrada brutos (por ejemplo, datos de posición y orientación) para dar datos funcionalmente utilizables para su representación gráfica. Para cada parámetro analizado por el SAM y el WWAM, se define una ventana de tolerancia mediante límites de parámetro alrededor de una entrada de punto establecida óptima o ideal en las tablas de cordón usando el editor 1221 de tolerancia, y la funcionalidad 1220 de puntuación y tolerancia.

20 El editor 1221 de tolerancia incluye un medidor de soldadura que aproxima el uso de material, uso eléctrico, y tiempo de soldadura. Además, cuando determinados parámetros se encuentran fuera de 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 por medio de la funcionalidad 1213 de interfaz de usuario gráfica en una forma gráfica. Tales discontinuidades de soldadura incluyen un tamaño de soldadura inapropiado, mala colocación de cordón, cordón cóncavo, exceso de convexidad, mordedura, porosidad, fusión incompleta, inclusión de escoria, sobrellenado, perforación, y salpicaduras en exceso. Según una realización de la presente invención, el nivel o cantidad de una discontinuidad depende de cómo de lejos se encuentra un parámetro de usuario particular del punto configurado óptimo o ideal.

25 Pueden predefinirse diferentes límites de parámetro para diferentes tipos de usuarios tales como, por ejemplo, novatos en soldadura, expertos en soldadura, y personas en un espectáculo de ventas. La funcionalidad 1220 de puntuación y la tolerancia proporcionan varias puntuaciones dependiendo de cómo de próximo a óptimo (ideal) se encuentra un usuario para un parámetro particular y en función del nivel de discontinuidades o defectos presentes en la soldadura. Los valores óptimos se derivan de datos del mundo real. La información procedente de la funcionalidad 1220 de puntuación y tolerancia y a partir de la funcionalidad 1214 de gráfica puede usarse por la funcionalidad 1215 de informes de estudiante para crear un informe de rendimiento para un instructor y/o un estudiante.

35 El sistema 100 puede analizar y visualizar los resultados de actividad de soldadura virtual. Al analizar los resultados, se entiende que el sistema 100 puede determinar cuándo durante la pasada de soldadura y dónde a lo largo de las juntas de soldadura, el usuario se desvía de los límites aceptables del procedimiento de soldadura. Una puntuación puede atribuirse al rendimiento del usuario. En una realización, la puntuación puede ser en función de la desviación de posición, orientación y velocidad de la herramienta 160 de soldadura falsa a través de intervalos de tolerancias, que pueden extenderse entre una pasada de soldadura ideal a una actividad de soldadura marginal o inaceptable. Cualquier gradiente de intervalos puede incorporarse en el sistema 100 tal como se elige para puntuar el rendimiento del usuario. Las puntuaciones pueden visualizarse numéricamente o alfanuméricamente. Adicionalmente, el rendimiento del usuario puede visualizarse gráficamente mostrando, en tiempo y/o posición a lo largo de la junta de soldadura, cómo de cerca la herramienta de soldadura falsa ha atravesado la junta de soldadura. Parámetros tales como el ángulo de desplazamiento, ángulo de trabajo, velocidad, y distancia desde la junta 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 de datos de soldadura del mundo real, proporcionando de este modo una retroalimentación precisa en cuanto a cuál será el rendimiento del usuario en el mundo real. En otra realización, también pueden incorporarse y visualizarse análisis de los defectos correspondientes al rendimiento del usuario en el ODD 150. En esta realización, puede representarse una gráfica que indica qué tipo de discontinuidad resultó de la medición de los diversos parámetros monitorizados durante la actividad de soldadura virtual. Aunque las oclusiones pueden no ser visible en el ODD 150, pueden haberse producido defectos como resultado del rendimiento del usuario, cuyos resultados podrán seguir visualizándose de manera correspondiente, es decir representados gráficamente.

55 La funcionalidad 1219 de indicios visuales proporciona una retroalimentación inmediata al usuario visualizando colores e indicadores superpuestos en el FMDD 140 y/o el ODD 150. Los indicios visuales se proporcionan para cada uno de los parámetros 151 de soldadura que incluyen posición, distancia de punta con respecto a pieza de trabajo, ángulo de soldadura, ángulo de desplazamiento, velocidad de desplazamiento, y longitud de arco (por ejemplo, para soldadura con electrodo revestido) 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 indicios visuales para técnica de vibración/oscilación y separación de "moneda" de cordón de soldadura, por ejemplo. Los indicios visuales pueden configurarse independientemente o en cualquier combinación deseada.

60 La funcionalidad 1208 de calibración proporciona la capacidad de hacer coincidir componentes físicos en el espacio del mundo real (trama de referencia en 3D) con componentes visuales en espacio de realidad virtual. Cada tipo de muestra de soldadura (WC) diferente 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, por ejemplo, tres huecos en la WC) con un puntero de calibración

conectado de manera operativa 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 translación del espacio de mundo real al espacio de realidad virtual).

5 Cualquier tipo de WC particular se ajusta en el brazo 173 de la T/S 170 en la misma manera repetible dentro de tolerancias muy ajustadas. Por tanto, una vez se calibra un tipo de WC particular, ese tipo de WC no tiene que volver a calibrarse (es decir, la calibración de un tipo de WC particular es una situación que se produce una vez). Las WC del mismo tipo pueden intercambiarse. La calibración garantiza que la retroalimentación física percibida por el usuario durante un procedimiento de soldadura coincide con la que se visualiza por el usuario en el espacio de realidad virtual, lo que hace que la simulación parezca más real. Por ejemplo, si el usuario desliza la punta de una MWT 160 alrededor de la esquina de un WC 180 real, el usuario verá deslizarse la punta 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 una plantilla colocada previamente y también se calibra, basándose en la posición de la plantilla conocida.

15 Según una realización alternativa de la presente invención, se proporcionan muestras “inteligentes”, que tienen sensores, por ejemplo, en las esquinas de las muestras. El ST 120 puede rastrear las esquinas de una muestra “inteligente” de manera que el sistema 100 conoce de manera continua dónde se encuentra la muestra “inteligente” en espacio en 3D del mundo real. Según una realización alternativa adicional de la presente invención, se proporcionan claves de licencia para “desbloquear” muestras de soldadura. Cuando se compra una WC particular, se proporciona una clave de licencia, lo que permite al usuario introducir la clave de licencia en el sistema 100, lo que desbloquea el software asociado con esa WC. Según otra realización de la presente invención, pueden proporcionarse muestras de soldadura no estacionales especiales basándose en dibujos de CAD del mundo real de partes. Usuarios pueden formarse en la soldadura de una parte de CAD incluso antes de que esa parte se haya producido en realidad en el mundo real.

25 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 se encuentran dentro de tolerancia o fuera de tolerancia. Los sonidos se personalizan a los diversos procedimientos y parámetros de soldadura. Por ejemplo, en un procedimiento de soldadura con arco de pulverización MIG, se proporciona un sonido de crujido cuando el usuario no tiene la MWT 160 colocada correctamente, y se proporciona un sonido de siseo cuando la MWT 160 está colocada correctamente. En un procedimiento de soldadura con arco corto, se proporciona un sonido de crujido o de freír constante para una técnica de soldadura apropiada, y puede proporcionarse un sonido de siseo cuando se produce mordedura. Estos sonidos imitan los sonidos del mundo real correspondientes a técnica de soldadura correctas e incorrectas.

35 Puede tomarse un contenido de sonido de alta fidelidad de grabaciones del mundo real de soldaduras reales 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 direccionalidad de sonido percibidos se modifican dependiendo de la posición, orientación, y distancia de la cabeza del usuario (suponiendo que el usuario porta un FMDD 140 que está rastreado por el ST 120) con respecto al arco simulado entre la MWT 160 y la WC 180. El sonido puede proporcionarse al usuario por medio de altavoces 910 de auricular en el FMDD 140 o por medio de altavoces configurados en el cuadro 135 de control o T/S 170, por ejemplo.

40 Se proporcionan modelos 1203 de entorno para proporcionar diversas escenas de fondo (quietas y en movimiento) en el espacio de realidad virtual. Tales entornos de fondo pueden incluir, por ejemplo, una tienda de soldadura de interior, una pista de carreras de exterior, un garaje, etc. y pueden incluir coches en movimiento, personas, pájaros, nubes, y diversos sonidos de fondo. El entorno de fondo puede ser interactivo, según una realización de la presente invención. Por ejemplo, un usuario puede tener que evaluar una zona de fondo, antes de comenzar la soldadura, para garantizar que el entorno es el apropiado (por ejemplo, seguro) para la soldadura. Se proporcionan los modelos 1202 de soplete y pinza, que modelan diversas MWT 160 que incluyen, por ejemplo, pistolas, elementos de sujeción con electrodos revestidos, etc. en el espacio de realidad virtual.

50 Se proporcionan modelos 120 de muestra, que modelan diversas WC 180 que incluyen, por ejemplo, muestras de placa plana, muestras de juntas en T, muestras de juntas de tope, muestras de soldadura de ranura, y muestras de tubería (por ejemplo, una tubería de 2 pulgadas de diámetro y tubería de 6 pulgadas de diámetro) en el espacio de realidad virtual. Se proporciona un modelo 1206 de estación/mesa, que modela las diversas partes de la T/S 170 incluyendo una mesa 171 ajustable, una estación 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 modela las diversas partes de la interfaz 130 de usuario de soldadura, el cuadro 135 de control, y el ODD 150 en el espacio de realidad virtual.

55 Según una realización de la presente invención, se logra una simulación de un baño o acumulación de fusión de soldadura en el espacio de realidad virtual cuando el baño de fusión de soldadura simulado tiene características de fluidez de metal fundido en tiempo real y de disipación de calor. En la parte central de la simulación de baño de fusión de soldadura se encuentra la funcionalidad 1211 de física de soldadura (es decir, el modelo físico) que se ejecuta en las GPU 115, según una realización de la presente invención. La funcionalidad de física de soldadura emplea una técnica de capa de doble desplazamiento para modelar de manera precisa fluidez/viscosidad, solidez, gradiente de

calor (absorción y disipación del calor), estela de baño de metal fundido, y forma de cordón dinámicas, y se describe en más detalle en el presente documento con respecto a las figuras 14A-14C.

La funcionalidad 1211 de física de soldadura se comunica con la funcionalidad 1217 de representación de cordón para representar un cordón de soldadura en todos los estados desde el estado fundido calentado al estado solidificado enfriado. La funcionalidad 1217 de representación de cordón usa información procedente de la funcionalidad 1211 de física de soldadura (por ejemplo, calor, fluidez, desplazamiento, separación de monedas) para representar 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 de cordón para superponer texturas adicionales (por ejemplo, quemaduras, escoria, grano) sobre el cordón de soldadura simulado. Por ejemplo, la escoria puede mostrarse representada sobre un cordón de soldadura durante y justo después de un procedimiento de soldadura, y entonces retirarse para mostrar el cordón de soldadura subyacente. La funcionalidad 1216 de elemento de representación se usa para representar diversas características específicas no relacionadas con baño de metal fundido usando información procedente del módulo 1222 de efectos especiales que incluyen chispas, salpicaduras, humo, chisporroteo de arco, humos y gases, y determinadas discontinuidades tales como, por ejemplo, mordedura y porosidad.

La herramienta 1212 de ajuste de física interna es una herramienta de ajuste de precisión que permite definir, actualizar y modificar diversas físicas de parámetros 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 por medio de la herramienta 1212 de ajuste de física interna incluyen parámetros relacionados con muestras de soldadura, parámetros de procedimiento que permiten cambiar un procedimiento sin tener que reiniciar una muestra de soldadura (lo que permite realizar una segunda pasada), diversos parámetros globales que pueden cambiarse sin reiniciar toda la simulación, y otros parámetros adicionales.

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

El método 1300 ilustra cómo un usuario puede ver un baño de fusión de soldadura en espacio de realidad virtual y modificar su técnica de soldadura en respuesta a la observación de diversas características del baño de fusión de soldadura simulado, que incluyen fluidez de metal fundido en tiempo real (por ejemplo, viscosidad) y disipación de calor. El usuario también puede ver y responder a otras características que incluyen estela de baño de metal fundido en tiempo real y separación de monedas. La observación y respuesta a características del baño de fusión de soldadura es la manera en la que la mayoría de las operaciones de soldadura se realizan realmente en el mundo real. El modelado de capa de desplazamiento doble de la funcionalidad 1211 de física de soldadura se ejecuta en las GPU 115, lo que permite que tales características de fluidez de metal fundido en tiempo real y de disipación de calor se modelen y representen de manera precisa al usuario. Por ejemplo, la disipación de calor determina el tiempo de solidificación (es decir, cuánto tiempo le lleva a un wexel solidificarse por completo).

Además, un usuario puede realizar una segunda pasada sobre el material de cordón de soldadura usando la misma herramienta de soldadura falsa y/o procedimiento de soldadura o una diferente (por ejemplo, una segunda). En tal situación de segunda pasada, la simulación muestra la herramienta de soldadura falsa simulada, la muestra de soldadura, y el material de cordón de soldadura simulado original en el espacio de realidad virtual a medida que la herramienta de soldadura falsa simulada deposita un segundo material de cordón de soldadura simulado fusionándose con el primer material de cordón de soldadura simulado formando un segundo baño de fusión de soldadura simulado en las proximidades de un arco simulado que emite desde la herramienta de soldadura falsa simulada. Pasadas posteriores adicionales que usan las mismas herramientas o procedimientos de soldadura o diferentes pueden realizarse de una manera similar. En cualquier segunda pasada o posterior, el material de cordón de soldadura anterior fusionado con el nuevo material de cordón de soldadura que se deposita como un nuevo baño de fusión de soldadura se forma 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 muestra subyacente según determinadas realizaciones de la presente invención. Puede requerirse que tales pasadas posteriores realicen una gran soldadura en ángulo o de ranura, realizada para reparar un cordón de soldadura formado por una pasada anterior, por ejemplo, o puede incluir una pasada caliente y una o más pasadas de relleno y de tapón después de una pasada

de raíz tal como se realiza en soldadura de tubería. Según diversas realizaciones de la presente invención, el material de cordón de soldadura y de base pueden incluir acero suave, 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 elemento de soldadura (wexel), según una realización de la presente invención. La figura 14A muestra una vista lateral de una muestra 1400 de soldadura plana (WC) que tiene una superficie 1410 superior plana. La muestra 1400 de soldadura existe en el mundo real tal como, por ejemplo, una parte de plástico, y también existe en el espacio de realidad virtual como una muestra de soldadura simulada. La figura 14B muestra una representación de la superficie 1410 superior de la WC 1400 simulada rota para dar una red o serie de elementos de soldadura (es decir, wexels) que forman un mapa 1420 de wexels. Cada wexel (por ejemplo, el wexel 1421) define una pequeña parte de la superficie 1410 de la muestra de soldadura. El mapa de wexels define la resolución de superficie. Se asignan valores de parámetro de canal intercambiables a cada wexel, lo que permite que los valores de cada wexel cambien dinámicamente en tiempo real en el espacio de soldadura de realidad virtual durante un procedimiento de soldadura simulado. Los valores de parámetro de canal intercambiables corresponden a los canales: baño de metal fundido (desplazamiento de fluidez/viscosidad de metal fundido), calor (absorción/disipación de calor), desplazamiento (desplazamiento de sólidos), y extra (diversos estados extra, por ejemplo, escoria, grano, quemaduras, metal virgen). Estos canales intercambiables se denominan en el presente documento PHED para baño de metal fundido, calor, extra, y desplazamiento, respectivamente.

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

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

La figura 16 ilustra una realización a modo de ejemplo de un espacio de muestra y un espacio de soldadura de una muestra 1600 de soldadura (WC) de esquina (derivación 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 muestra en 3D que se mapean con respecto a un 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 muestra en 3D local. Las coordenadas de textura del mapa de wexel se muestran como S, T tanto en el espacio de muestra en 3D como el espacio de soldadura en 2D, con el fin de aclarar el mapeo. Un usuario debe soldar del punto B al punto E tal como se muestra en la figura 16. Una línea de trayectoria del punto B al punto E se muestra tanto en el espacio de muestra en 3D como en el espacio de soldadura en 2D en la figura 16. Sin embargo, la dirección de desplazamiento se dirige hacia la línea X'-O' tal como se muestra en el espacio de muestra en 3D, hacia la esquina opuesta tal como se muestra en la figura 16.

La figura 17 ilustra una realización a modo de ejemplo de un espacio de muestra y un espacio de soldadura de una muestra 1700 de soldadura de tubería (WC) simulada en el sistema 100 de la figura 1. La WC 1700 de tubería tiene una superficie 1710 curva en el espacio de muestra en 3D que se mapea con respecto a un 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 muestra en 3D local. Las coordenadas de textura del mapa de wexel se muestran como S, T tanto en el espacio de muestra en 3D como en el espacio de soldadura en 2D, con el fin de aclarar el mapeo. Un usuario debe soldar del punto B al punto E a lo largo de una trayectoria curva tal como se muestra en la figura 17. Una curva y línea de trayectoria del punto B al punto E se muestra en el espacio de muestra en 3D y el espacio de soldadura en 2D, respectivamente, en la figura 17. La dirección de desplazamiento está alejada de la línea Y-O (es decir, alejada del centro de la tubería). La figura 18 ilustra una realización a modo de ejemplo de la muestra 1700 de soldadura de tubería (WC) de la figura 17. La WC 1700 de tubería está realizada de un plástico no férrico, no conductor y simula dos piezas 1701 y 1702 de tubería que se juntan para formar una junta 1703 de raíz. También se muestra una pieza 1704 de unión para unirse al brazo 173 de la T/S 170.

De una manera similar a la que un mapa de textura puede mapearse con respecto a una zona de superficie rectangular de una geometría, un mapa de wexel soldable puede mapearse con respecto a una superficie rectangular de una muestra de soldadura. Cada elemento del mapa que puede soldarse se denomina un wexel en el mismo sentido que cada elemento de una fotografía se denomina un pixel (una contracción del término en inglés *picture element*). Un pixel contiene canales de información que definen un color (por ejemplo, rojo, verde, azul, etc.). Un wexel 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 wexel se resume como canales PHED (baño de metal fundido, calor, extra, desplazamiento) que contienen cuatro números de punto flotantes. El canal extra se trata como un conjunto de bits que almacenan información lógica sobre el wexel tal como, por ejemplo, si existe cualquier escoria en la ubicación de wexel o no. El canal de baño de metal fundido almacena un valor de desplazamiento para cualquier metal licuado en la ubicación de wexel. El canal de desplazamiento almacena un valor de desplazamiento para el metal solidificado en la ubicación de wexel. El canal de calor almacena un valor que proporciona la magnitud de calor en la ubicación de wexel. De esta forma, la parte que puede soldarse de la muestra puede mostrar desplazamiento debido a un cordón soldado, un "baño de metal fundido" de superficie brillante debido al metal líquido, color debido al calor, etc. Todos estos efectos se logran mediante los operadores de control de visión de vértice y pixel aplicados a la superficie que puede soldarse.

Según una realización de la presente invención, se usan un mapa de desplazamiento y un sistema de partícula en donde las partículas pueden interactuar entre sí e impactar con el mapa de desplazamiento. Las partículas son partículas de fluido dinámicas virtuales y proporcionan el comportamiento de líquido del baño de fusión de soldadura, pero no se presentan directamente (es decir, no se observan de manera visual directamente). En su lugar, solo se observa visualmente los efectos de partícula en el mapa de desplazamiento. La entrada de calor a un wexel afecta al movimiento de las partículas próximas. Existen dos tipos de desplazamiento implicados en la simulación de un baño de metal fundido de soldadura que incluyen baño de metal fundido y desplazamiento. El baño de metal fundido es "temporal" y solo dura siempre y cuando haya partículas y calor presentes. El desplazamiento es "permanente". El desplazamiento de baño de metal fundido es el líquido de metal de la soldadura que cambia rápidamente (por ejemplo, elementos brillantes) y puede considerarse que se encuentra "por encima" del desplazamiento. Las partículas solapan una parte de un mapa de desplazamiento de superficie virtual (es decir, un mapa de wexel). El desplazamiento representa el metal sólido permanente que incluye 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 simulado en el espacio de realidad virtual funciona de la siguiente manera: se crea una corriente de partículas procedente del emisor (emisor de la MWT 160 simulada) en un cono delgado. En primer lugar, las partículas entran en contacto con la superficie de la muestra de soldadura simulada en donde la superficie se define mediante un mapa de wexel. Las partículas interactúan entre sí y el mapa de wexel y se acumulan en tiempo real. Se añade más calor cuanto más cerca un wexel esté con respecto al emisor. El calor se modela en función de la distancia desde el punto de arco y la cantidad de tiempo que se introduce el calor desde el arco. Determinados visuales (por ejemplo, color, etc.) se activan mediante el calor. Se crea o presenta un baño de fusión de soldadura en el espacio de realidad virtual para los wexels que tienen suficiente calor. Allá donde haya suficiente calor, el mapa de wexel se licua, provocando que el desplazamiento de baño de metal fundido se "eleve" para esas ubicaciones de wexel. El desplazamiento de baño de metal fundido se determina muestreando las partículas "más elevadas" en cada ubicación de wexel. Dado que el emisor se mueve a lo largo de la trayectoria de soldadura, las ubicaciones de wexel dejadas atrás se enfrían. El calor se elimina de una ubicación de wexel a una velocidad particular. Cuando se alcanza un umbral de enfriamiento, el mapa de wexel se solidifica. Como tal, el desplazamiento de baño de metal fundido se convierte gradualmente en desplazamiento (es decir, un cordón solidificado). El desplazamiento añadido es equivalente al baño de metal fundido retirado de manera que la altura global no cambia. Los ciclos de vida de las partículas se configuran con precisión o se ajustan para persistir hasta que la solidificación se completa. Determinadas propiedades de partícula que se modelan 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 a modo de ejemplo del concepto de un modelo de baño de metal fundido de desplazamiento doble (desplazamiento y partículas) del sistema 100 de la figura 1. Las muestras de soldadura se simulan en el espacio de realidad virtual teniendo al menos una superficie. Las superficies de la muestra de soldadura se simulan en el espacio de realidad virtual como una capa de desplazamiento doble que incluye una capa de desplazamiento sólida y una capa de desplazamiento de baño de metal fundido. La capa de desplazamiento de baño de metal fundido puede modificar la capa de desplazamiento sólida.

Tal como se describe en el presente documento, el "baño de metal fundido" se define por una zona del mapa de wexel en donde el valor de baño de metal fundido se ha elevado por la presencia de partículas. El procedimiento de muestreo se representa en las figuras 19A-19C. Una sección de un mapa de wexel se muestra teniendo siete wexels adyacentes. Los valores de desplazamiento actuales se representan mediante barras 1910 rectangulares sin sombrear de una altura dada (es decir, un desplazamiento dado para cada wexel). En la figura 19A, las partículas 1920 se muestran como puntos sin sombrear redondos que impactan con los niveles de desplazamiento actuales y se apilan. En la figura 19B, las alturas 1930 de partícula "más elevadas" se muestrean en cada ubicación de wexel. En la figura 19C, los rectángulos 1940 sombreados muestran cuánto baño de metal fundido se ha añadido encima del desplazamiento como resultado de las partículas. La altura de baño de fusión de soldadura no se configura de manera instantánea a los valores muestreados dado que el baño de metal fundido se añade a una tasa de licuado particular basándose en el calor. Aunque no se muestra en las figuras 19A-19C, es posible visualizar el procedimiento de solidificación a medida que el baño de metal fundido (rectángulos sombreados) se reduce gradualmente y el desplazamiento (rectángulos sin sombrear) crece gradualmente desde abajo para ocupar el lugar exacto del baño de metal fundido. De esta manera, las características de fluidez de metal fundido en tiempo real se simulan de manera precisa. A medida que un usuario practica un procedimiento de soldadura particular, el usuario puede observar las características de fluidez del metal

fundido y las características de disipación de calor del baño de fusión de soldadura en tiempo real en el espacio de realidad virtual y usar esta información para ajustar o mantener su técnica de soldadura.

5 El número de wexels que representan la superficie de una muestra de soldadura es fijo. Además, las partículas de baño de metal fundido que se generan mediante la simulación para modelar la fluidez son temporales, tal como se describe en el presente documento. Por tanto, una vez se genera un baño de metal fundido inicial en el espacio de realidad virtual durante un procedimiento de soldadura simulado que usa el sistema 100, el número de wexels más las partículas de baño de metal fundido tiende a permanecer relativamente constante. Esto es debido a que el número de wexels que se someten al procedimiento es fijo y el número de partículas de baño de metal fundido que existen y se someten al procedimiento durante el procedimiento de soldadura tienden a permanecer relativamente constantes dado que las partículas de baño de metal fundido se crean y “destruyen” a una velocidad similar (es decir, las partículas de baño de metal fundido son temporales). Por tanto, la carga de procesamiento del PPS 110 permanece relativamente constante durante una sesión de soldadura simulada.

15 Según una realización alternativa de la presente invención, las partículas de baño de metal fundido pueden generarse dentro de o debajo de la superficie de la muestra de soldadura. En una realización de este tipo, el desplazamiento puede modelarse como positivo o negativo con respecto al desplazamiento de superficie original de una muestra virgen (es decir, sin soldar). De esta manera, las partículas de baño de metal fundido pueden no solo acumularse sobre la superficie de una muestra de soldadura, sino que también pueden penetrar en la muestra de soldadura. Sin embargo, el número de wexels sigue siendo fijo y las partículas de baño de metal fundido que se crean y se destruyen siguen siendo relativamente constantes.

20 Según realizaciones alternativas de la presente invención, en lugar de modelar partículas, puede proporcionarse un mapa de wexel de desplazamiento que tiene más canales para modelar la fluidez del baño de metal fundido. O bien, en lugar de modelar partículas, puede modelarse un mapa de vóxel denso. O bien, en lugar de un mapa de wexel, solo pueden modelarse partículas que se muestrean y nunca se van. Sin embargo, tales realizaciones alternativas pueden no proporcionar una carga de procesamiento relativamente constante para el sistema.

25 Además, según una realización de la presente invención, se simula un orificio de soplado o un ojo de cerradura quitando material. Por ejemplo, si un usuario mantiene un arco en la misma ubicación durante demasiado tiempo, en el mundo real, el material se quemaría provocando un orificio. Tal perforación del mundo real se simula en el sistema 100 mediante técnicas de diezmado de wexel. Si la cantidad de calor absorbida por un wexel se determina que es demasiado elevada por el sistema 100, ese wexel puede marcarse o designarse como quemado y presentarse como tal (por ejemplo, presentarse como un orificio). Por consiguiente, sin embargo, puede producirse una reconstitución de wexel para determinados procedimientos de soldadura (por ejemplo, soldadura de tubería) en donde material se vuelve a añadir material tras haberse quemado inicialmente. En general, el sistema 100 simula diezmado de wexel (retirar material) y reconstitución de wexel (es decir, añadir material de nuevo). Además, la retirada de material en soldadura de pasada de raíz se simula de manera apropiada en el sistema 100.

35 Además, la retirada de material en la soldadura de pasada de raíz se simula de manera apropiada en el sistema 100. Por ejemplo, en el mundo real, el amolado de la pasada de raíz puede realizarse antes de las pasadas de soldadura posteriores. De manera similar, el sistema 100 puede simular una pasada de amolado que retira material de la junta de soldadura virtual. Se apreciará que el material retirado puede modelarse como un desplazamiento negativo en el mapa de wexel. Es decir, que la pasada de amolado retira el material que se modela por el sistema 100 dando como resultado un contorno de cordón alterado. La simulación de la pasada de amolado puede ser automática, es decir, que el sistema 100 retira un grosor de material predeterminado, lo cual puede ser con respecto a la superficie del cordón de soldadura de pasada de raíz.

45 En una realización alternativa, puede simularse una herramienta de amolado real, o elemento de amolado, que se enciende y apaga mediante la activación de la herramienta 160 de soldadura falsa u otro dispositivo de entrada. Se observa que puede simularse la herramienta de amolado para ser similar a un elemento de amolado del mundo real. En esta realización, el usuario manipula la herramienta de amolado a lo largo de la raíz pasada para retirar el material en respuesta al movimiento del mismo. Se comprenderá que puede permitirse que el usuario retire demasiado material. De una manera similar a la descrita anteriormente, pueden resultar orificios u otros defectos (descritos anteriormente) si el usuario amola demasiado material. De hecho, pueden implementarse límites duros o retenes, es decir programados para impedir que el usuario retire demasiado material o para indicar cuándo se está retirando demasiado material.

55 Además de las partículas de “baño de metal fundido” no visibles descritas en el presente documento, el sistema 100 también usa tres tipos adicionales 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 solo interactúan con el mapa de desplazamiento. Aunque estas partículas impactan con la superficie de soldadura simulada, no interactúan entre sí. Solo las partículas de baño de metal fundido interactúan entre sí, según una realización de la presente invención. La física de las partículas de chispa se configura de manera que las partículas de chispa rebotan alrededor y se presentan como puntos brillantes en el espacio de realidad virtual.

La física de las partículas de arco se configura de manera que las partículas de arco chocan contra la superficie de la muestra o cordón de soldadura simulados y se quedan durante un tiempo. Las partículas de arco se presentan como puntos blancos-azulados de moneda mayores en el espacio de realidad virtual. La formación de cualquier clase de imagen visual conlleva muchos de estos puntos superpuestos. El resultado final es un halo de brillo blanco con bordes azules.

La física de las partículas de llama se modela para elevarse lentamente hacia arriba. Las partículas de llama se presentan como puntos rojos-amarillos de moneda de tamaño medio. La formación de cualquier clase de imagen visual conlleva muchos de tales puntos superpuestos. El resultado final son masas informes de llamas naranjas-rojas con bordes rojos que se elevan hacia arriba y se desvanecen. Otros tipos de no partículas de baño de metal fundido pueden implementarse en el sistema 100, según otras realizaciones de la presente invención. Por ejemplo, pueden modelarse y simularse partículas de humo de una manera similar a las partículas de llama.

Las etapas finales en la visualización simulada se gestionan por los operadores de control de visión de vértice y pixel proporcionados por los operadores 117 de control de visión de las GPU 115. Los operadores de control de visión de vértice y pixel aplican un baño de metal fundido y desplazamiento, así como colores de superficie y reflectividad alterada debido al calor, etc. el canal extra (E) del formato de wexel PHED, tal como se comentó anteriormente en el presente documento, contiene toda la información extra usada por wexel. Según una realización de la presente invención, la información extra incluye un bit no virgen (verdadero=cordón, falso=acero virgen), un bit de escoria, un valor de mordedura (cantidad de mordedura en ese wexel en donde cero es igual a no mordedura), un valor de porosidad (cantidad de porosidad en ese wexel en donde cero es igual a no porosidad), y un valor de estela de cordón que codifica el tiempo en el que se solidifica el cordón. Existe un conjunto de mapas de imagen asociados con diferentes muestras visuales que incluyen acero virgen, escoria, cordón, y porosidad. Estos mapas de imagen se usan tanto para mapeado de protuberancias como para mapeado de texturas. La cantidad de flexión de estos mapas de imagen se controla por los diversos indicadores y valores descritos en el presente documento.

Un efecto de estela de cordón se logra usando un mapa de imagen en 1D y un valor de estela de cordón por wexel que codifica el tiempo en el que un bit de cordón dado se solidifica. Una vez que una ubicación de wexel de baño de metal fundido caliente ya no está lo suficientemente caliente para denominarse "baño de metal fundido", se guarda un tiempo en esa ubicación y se denomina "estela de cordón". El resultado final es que el código de operador de control de visión puede usar el mapa de textura en 1D para crear las "ondas" que proporcionan 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 espacio de realidad virtual, y visualizar un cordón de soldadura que tiene una característica de estela de cordón de soldadura en tiempo real que resulta de una transición de fluidez a solidificación en tiempo real del baño de fusión de soldadura simulado, a medida que el baño de fusión 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 manejar una máquina de soldadura. Por ejemplo, un modo de manejo del sistema puede formar a un usuario para asegurarse de que configura el sistema correctamente (por ejemplo, caudal de flujo de gas correcto, cable de alimentación correcto conectado, etc.). Según otra realización alternativa de la presente invención, el sistema 100 puede grabar y reproducir de nuevo una sesión de soldadura (o al menos una parte de una sesión de soldadura, por ejemplo, N tramas). Una bola de desplazamiento puede proporcionarse para desplazarse a través de tramas de video, lo que permite a un usuario o instructor evaluar una sesión de soldadura. La reproducción también puede proporcionarse a velocidades seleccionables (por ejemplo, velocidad completa, velocidad media, a un cuarto de velocidad). Según una realización de la presente invención, puede proporcionarse una reproducción de pantalla dividida, lo que permite la visualización de dos sesiones de soldadura una al lado de otra, por ejemplo, en el ODD 150. Por ejemplo, una "buena" sesión de soldadura puede observarse al lado de una "mala" sesión de soldadura con fines comparativos.

En resumen, se da a conocer un sistema de soldadura de realidad virtual en tiempo real que incluye un subsistema basado en procesador programable, un rastreador espacial conectado de manera operativa al subsistema basado en procesador programable, pudiendo rastrearse espacialmente al menos una herramienta de soldadura falsa mediante el rastreador espacial, y al menos un dispositivo de visualización conectado de manera operativa al subsistema basado en procesador programable. El sistema puede simular, en el espacio de realidad virtual, un baño de fusión de soldadura que tiene características de fluidez de metal fundido en tiempo real y de disipación de calor. El sistema también puede, además, visualizar el baño de fusión de soldadura simulado en el dispositivo de visualización en tiempo real.

Experiencia de usuario mejorada

Una realización proporciona un sistema de soldadura con arco de realidad virtual. El sistema incluye un subsistema basado en procesador programable, un rastreador espacial conectado de manera operativa al subsistema basado en procesador programable, al menos una herramienta de soldadura falsa inalámbrica configurada para comunicarse de manera inalámbrica con el subsistema basado en procesador programable y el rastreador espacial, y al menos un dispositivo de visualización montado en la cara inalámbrica configurado para comunicarse de manera inalámbrica con el subsistema basado en procesador programable y el rastreador espacial. Una herramienta de soldadura falsa inalámbrica y un elemento de visualización montado en la cara inalámbrica pueden dotar al usuario del sistema de más movilidad y flexibilidad durante un procedimiento de soldadura simulado. El sistema está configurado para simular,

en un entorno de realidad virtual, un baño de fusión de soldadura que tiene características de fluidez de metal fundido en tiempo real y de disipación de calor, y visualizar el baño de fusión de soldadura simulado en el al menos un dispositivo de visualización montado en la cara inalámbrica en tiempo real. El sistema también puede incluir un dispositivo central inalámbrico unido mediante cables al subsistema basado en procesador programable y el rastreador espacial, en el que cada uno de la al menos una herramienta de soldadura falsa inalámbrica y el al menos un dispositivo de visualización montado en la cara inalámbrica se comunican de manera inalámbrica con el subsistema basado en procesador programable y el rastreador espacial a través del dispositivo central inalámbrico. El sistema puede incluir, además, un cable de soldadura falso unido a la al menos una herramienta de soldadura falsa y configurado para simular al menos un peso y una rigidez de un cable de soldadura real.

La figura 20 ilustra una segunda realización a modo de ejemplo de un diagrama de bloques de sistema de un sistema 2000 que proporciona formación en soldadura con arco en un entorno de realidad virtual en tiempo real. El sistema 2000 es similar al sistema 100 de la figura 1. Sin embargo, según una realización, el sistema 2000 incluye un dispositivo 2010 central inalámbrico que está conectado por cable de manera operativa al PPS 110 y al ST 120 para comunicarse con cada uno, respectivamente. El dispositivo 2010 central inalámbrico permite que cualquier componente inalámbrico real del sistema 2000 se comunique con el PPS 110 y/o el ST 120.

Según una realización, en el sistema 2000 de la figura 20, la herramienta 160 de soldadura falsa (MWT) es inalámbrica y el dispositivo 140 de visualización montado en la cara (FMDD) es inalámbrico y cada uno se comunica con el PPS 110 y el ST 120 por medio del dispositivo 2010 central inalámbrico. Otros elementos opcionales del sistema también pueden ser inalámbricos tal como, por ejemplo, un dispositivo de pedal de pie para controlar la corriente de soldadura simulada para una simulación de soldadura con arco con gas tungsteno. Según una realización alternativa, el dispositivo 2010 central inalámbrico no está presente y, en su lugar, cada uno del PPS 110 y el ST 120 está configurado para comunicarse de manera inalámbrica directamente con el FMDD 140 inalámbrico y/o la MWT 160 inalámbrica. La comunicación inalámbrica, tal como se ha comentado en el presente documento, puede lograrse a través de cualquiera de los diversos tipos de tecnologías inalámbricas que incluyen tecnologías de frecuencia de radio tales como, por ejemplo, WiFi o Bluetooth®. También pueden emplearse otras tecnologías inalámbricas tales como, por ejemplo, tecnologías de infrarrojos o tecnologías acústicas, según diversas realizaciones adicionales.

Según una realización, aunque la herramienta de soldadura falsa es inalámbrica y, por tanto, no necesita presentar una conexión por cable a ninguna otra parte del sistema 2000, un cable 2020 de soldadura falso puede unirse a la herramienta de soldadura falsa inalámbrica para simular un peso y una rigidez de un cable de soldadura real. De esta manera, un estudiante de soldadura no se sentirá confuso por la facilidad de uso de una herramienta de soldadura falsa inalámbrica sin un cable de soldadura falso de este tipo.

Otra realización proporciona un método de uso de un sistema de soldadura de realidad virtual. El método incluye visualizar una imagen de una junta de soldadura virtual que tiene un cordón de soldadura, en un dispositivo de visualización de un sistema de soldadura de realidad virtual, que se generó usando el sistema de soldadura de realidad virtual. El método incluye, además, desplazarse a través de una dimensión de longitud de la imagen de la junta de soldadura virtual usando una interfaz de usuario del sistema de soldadura de realidad virtual, y visualizar una imagen de una zona en sección transversal a través de la junta de soldadura virtual en ubicaciones sucesivas a lo largo de la dimensión de longitud de la imagen de la junta de soldadura virtual en el dispositivo de visualización del sistema de soldadura de realidad virtual en respuesta al desplazamiento. El método también puede incluir visualizar un indicador de sección transversal en el dispositivo de visualización del sistema de soldadura de realidad virtual que indica una ubicación a lo largo de la dimensión de longitud de la imagen de la junta de soldadura virtual correspondiente a la imagen de la zona en sección transversal visualizada. El método puede incluir, además, detener el desplazamiento en una ubicación a lo largo de la dimensión de longitud de la imagen de la junta de soldadura virtual y observar una imagen visualizada de una zona en sección transversal a través de la junta de soldadura virtual en la ubicación. Una imagen visualizada de la zona en sección transversal a través de la junta de soldadura virtual en una ubicación a lo largo de la dimensión de longitud de la imagen de la junta de soldadura virtual puede mostrar características de soldadura de la junta de soldadura virtual en la ubicación tal como se simula por el sistema de soldadura de realidad virtual. Las características de soldadura pueden incluir, por ejemplo, penetración virtual en una muestra de soldadura virtual y defectos y discontinuidades internos, tal como se simula por el sistema de soldadura de realidad virtual. El método también puede incluir entrar en bucle automático en el tiempo a través de una dimensión de longitud de la imagen de la junta de soldadura virtual entre una primera ubicación y una segunda ubicación, visualizar sucesivamente en el tiempo durante la entrada en bucle una imagen de la zona en sección transversal a través de la junta de soldadura virtual en cada una de una pluralidad de ubicaciones definidas que abarcan de la primera ubicación a la segunda ubicación.

La figura 21 ilustra una imagen visualizada de una junta 2100 de soldadura virtual que tiene un aspecto de cordón de soldadura que puede visualizarse en un dispositivo de visualización de un sistema de soldadura de realidad virtual (por ejemplo, el sistema 100). Según una realización, la junta 2100 de soldadura virtual se genera usando el sistema de soldadura de realidad virtual y se representa dentro del sistema de soldadura de realidad virtual como datos almacenados representativos de la junta 2100 de soldadura virtual en tres dimensiones. Por tanto, la junta 2100 de soldadura virtual se representa dentro del sistema de soldadura de realidad virtual como teniendo características tanto externas como internas.

Las características externas pueden incluir, por ejemplo, forma, color, escoria, tamaño, y aspecto de monedas apiladas. Las características internas pueden incluir, por ejemplo, una cantidad de penetración en una muestra de soldadura virtual y defectos y discontinuidades internos, representados de manera apropiada en tres dimensiones. Las características externas e internas de la junta 2100 de soldadura virtual son el resultado del procedimiento de soldadura virtual que creó la junta 2100 de soldadura virtual, que incluyen técnica de usuario y las propiedades metalúrgicas y físicas modeladas simuladas en tiempo real en el sistema de soldadura de realidad virtual.

Según una realización, un usuario puede usar una parte de la interfaz 130 o 150 de usuario (por ejemplo, una bola de desplazamiento, un botón giratorio, un botón, una palanca de mando, o un dedo de usuario arrastrado a través de un dispositivo de visualización de pantalla táctil) para desplazar un indicador 2110 de sección transversal a través de una dimensión 2120 de longitud de la imagen visualizada de la junta de soldadura virtual en una dirección o la otra. En la figura 21, el indicador 2110 de sección transversal se muestra como una línea de puntos visualizada que corta la junta 2100 de soldadura virtual visualizada en una ubicación particular.

Basándose en la ubicación del indicador 2110 de sección transversal a lo largo de la longitud de la imagen de la junta 2100 de soldadura virtual, el sistema de soldadura de realidad virtual visualiza una imagen de la zona 2130 en sección transversal de la junta 2100 de soldadura virtual en esa ubicación que muestra las características internas de la junta de soldadura virtual. A medida que el usuario mueve la ubicación del indicador 2110 de sección transversal a lo largo de la longitud de la imagen de la junta 2100 de soldadura virtual, se visualiza una imagen diferente de una zona en sección transversal diferente correspondientes a la nueva ubicación. Según una realización, un número definido de imágenes separadas por la misma distancia de las zonas en sección transversal se genera por el sistema de soldadura de realidad virtual a través de la dimensión 2120 de longitud de la junta 2100 de soldadura virtual. Las imágenes en sección transversal pueden generarse automáticamente a medida que se forma la junta 2100 de soldadura virtual, o después de haberse formado la junta 2100 de soldadura virtual, por ejemplo, tras una orden del usuario.

De esta manera, un usuario puede desplazarse a través de la longitud de la imagen de la junta de soldadura virtual para visualizar y observar selectivamente las características internas de la junta de soldadura virtual en diferentes ubicaciones. Como ejemplo, un usuario puede encontrar que las características internas a lo largo de una parte de la junta de soldadura virtual son mucho mejores que las características internas a lo largo de otra parte de la junta de soldadura virtual, aunque las características externas puedan parecer buenas a lo largo de ambas partes. Entonces, el usuario puede explorar cómo cambiar uno o más aspectos de su técnica de soldadura para mejorar las características internas a través de toda la junta de soldadura.

La figura 22 ilustra la imagen visualizada de la junta 2100 de soldadura virtual de la figura 21 que tiene un aspecto de cordón de soldadura, que puede visualizarse en un dispositivo de visualización de un sistema de soldadura de realidad virtual. Según una realización, un usuario puede emplear una interfaz de usuario del sistema de soldadura de realidad virtual para designar una primera ubicación "A" y una segunda ubicación "B" a lo largo de la dimensión 2120 de longitud de la imagen de la junta 2100 de soldadura virtual sobre las que puede entrar en bucle el indicador 2110 de sección transversal. Además, puede ordenarse al sistema de soldadura de realidad virtual que entre en bucle automáticamente en el tiempo a través de la dimensión 2120 de longitud de la imagen de la junta 2100 de soldadura de realidad virtual entre la primera ubicación "A" y la segunda ubicación "B", visualizando sucesivamente en el tiempo durante la entrada en bucle una imagen de una zona 2130 en sección transversal a través de la junta 2100 de soldadura virtual en cada una de una pluralidad de ubicaciones definidas que abarcan de la primera ubicación "A" a la segunda ubicación "B".

El número de ubicaciones definidas e imágenes de zona en sección transversal correspondientes entre la ubicación "A" y la ubicación "B" depende de la capacidad de procesamiento de resolución y datos del sistema de soldadura de realidad virtual. Por ejemplo, según una realización, pueden existir sesenta y cuatro (64) ubicaciones definidas separadas por la misma distancia de la primera ubicación "A" a la segunda ubicación "B". Como resultado, el sistema de soldadura de realidad virtual puede entrar en bucle a través de sesenta y cuatro (64) imágenes únicas de zonas en sección transversal correspondientes de la junta 2100 de soldadura virtual. Según una realización, un usuario debe poder desplazarse y entrar en bucle a lo largo de la dimensión de circunferencia de una junta de soldadura virtual de una tubería de una manera similar para ver zonas en sección transversal. De nuevo, las imágenes en sección transversal pueden generarse automáticamente a medida que se forma la junta 2100 de soldadura virtual, o después de haberse formado la junta 2100 de soldadura virtual, por ejemplo, tras una orden del usuario.

Una realización adicional proporciona un método de uso de un sistema de soldadura de realidad virtual. El método incluye generar una junta de soldadura virtual que tiene un cordón de soldadura virtual que usa un sistema de soldadura de realidad virtual. La junta de soldadura virtual se representa dentro del sistema de soldadura de realidad virtual como un primer conjunto de datos digital. El método incluye, además, generar un modelo digital tridimensional (3D) representativo de al menos una parte de la junta de soldadura virtual usando el primer conjunto de datos digital en el sistema de soldadura de realidad virtual, en el que el modelo digital en 3D es compatible de manera operativa con un sistema de impresión en 3D. El método también puede incluir transferir el modelo digital en 3D al sistema de impresión en 3D, e imprimir un modelo físico en 3D representativo de al menos una parte de la junta de soldadura virtual usando el modelo digital en 3D en el sistema de impresión en 3D. El modelo físico en 3D puede realizarse de al menos uno de un material de plástico, un material de metal, o un material de cerámica. La junta de soldadura virtual puede incluir una muestra de soldadura virtual tal como se modifica por el cordón de soldadura virtual. El sistema de impresión en 3D puede estar en comunicación operativa con el sistema de soldadura de realidad virtual y la

transferencia del modelo digital en 3D puede lograrse por medio de la comunicación operativa. La comunicación operativa entre el sistema de soldadura de realidad virtual y el sistema de impresión en 3D puede realizarse por medio de medios por cable o por medio de, al menos en parte, medios inalámbricos.

5 La figura 23 ilustra un sistema 2300 de soldadura de realidad virtual en comunicación operativa con un sistema 2350 de impresión en 3D. El sistema 2300 de soldadura de realidad virtual es similar al sistema 100 de la figura 1. Sin embargo, el sistema 2300 está configurado, además, para generar un modelo 2310 digital en 3D representativo de al menos una parte de una junta de soldadura virtual y comunicarse el modelo 2310 digital en 3D (por ejemplo, en forma de un archivo digital) a un sistema de impresión en 3D. La junta de soldadura virtual se genera, inicialmente, usando el sistema 2300 de soldadura de realidad virtual y se representa dentro del sistema de soldadura de realidad virtual (por ejemplo, almacenado en la memoria) como un primer conjunto de datos digital. El primer conjunto de datos digital incluye el mismo tipo de datos generado por el sistema 100 de la figura 1 cuando genera una junta de soldadura virtual. Sin embargo, a diferencia del sistema 100, el sistema 2300 de soldadura de realidad virtual está configurado, además, para procesar el primer conjunto de datos digital para generar el modelo 2310 digital en 3D.

15 Según una realización, el modelo 2310 digital en 3D es un modelo de diseño asistido por ordenador (CAD), por ejemplo. También pueden ser posibles otros tipos de modelo digital en 3D, según diversas realizaciones adicionales. Según una realización, el PPS 110 del sistema 2300 de soldadura de realidad virtual emplea un módulo de software de conversión programado específicamente para leer el primer conjunto de datos digital y convertir el primer conjunto de datos digital al modelo 2310 digital en 3D. El término "modelo digital en 3D" tal como se usa en el presente documento se refiere a datos y/o instrucciones que se encuentran en formato digital (por ejemplo, un formato electrónico digital almacenado en un medio legible por ordenador) que puede leerse por un aparato basado en ordenador o basado en procesador tal como el sistema 2300 de impresión en 3D. Una vez se genera el modelo 2310 digital en 3D, el modelo 2310 puede transferirse al sistema 2350 de impresión en 3D para su impresión en 3D siempre y cuando el modelo 2310 sea compatible con el sistema 2350 de impresión en 3D.

25 Según una realización, el sistema 2300 de soldadura de realidad virtual incluye un dispositivo 2320 de comunicación. El dispositivo 2320 de comunicación está conectado de manera operativa al subsistema 110 basado en procesador programable del sistema 2300 de soldadura de realidad virtual y proporciona toda la circuitería y/o software para transmitir datos de una manera comunicada de forma digital. Por ejemplo, el dispositivo 2320 de comunicación puede incluir un puerto de Ethernet y circuitería de transmisión compatible con Ethernet. Como otro ejemplo, el dispositivo 2320 de comunicación puede proporcionar una conexión de comunicación de Bluetooth™ inalámbrico. Alternativamente, el dispositivo 2320 de comunicación puede ser un dispositivo que acepta y escribe en un medio legible por ordenador no transitorio tal como un disco de ordenador o un dispositivo de almacenamiento de datos de disco duro, por ejemplo. Como realización alternativa adicional, el dispositivo 2320 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. Según una realización, el sistema 2350 de impresión en 3D es compatible de manera operativa con el dispositivo 2320 de comunicación.

40 Haciendo referencia a la figura 23, el sistema 2350 de impresión en 3D puede ser un sistema comercialmente disponible en el que el sistema 2300 de soldadura de realidad virtual está configurado para ser compatible con el sistema 2350 de impresión en 3D, según una realización. El sistema de impresión en 3D imprime un modelo 2355 físico mediante pulverización o de otro modo transfiere una sustancia de material en múltiples capas sobre una superficie de construcción, comenzando con una capa inferior. El sistema 2350 de impresión en 3D procesa el modelo 2310 digital en 3D para dividir de manera eficaz el modelo para dar una pluralidad de capas horizontales. Las capas horizontales se imprimen una sobre otra mediante el sistema de impresión en 3D hasta que surge el modelo 2355 físico completo. Tal como se muestra en la figura 23, el modelo 2355 físico corresponde con una junta de soldadura virtual que incluye dos piezas de tubería virtuales que se unieron en conjunto virtualmente usando el sistema 2300 de soldadura de realidad virtual.

45 El modelo 2355 físico en 3D puede realizarse a partir de cualquiera de un número de tipos de materiales diferentes, dependiendo del sistema 2350 de impresión en 3D, incluyendo un material de plástico, un material de metal, o un material de cerámica, por ejemplo. Un tipo de procedimiento de impresión en 3D incluye calentar una sustancia granular con un láser para cada capa del modelo físico y permitir que la sustancia granular se solidifique. Otros procedimientos de impresión en 3D depositan capas de una sustancia de una manera no diferente a la de una pistola de pegamento automática y pueden usar luz ultravioleta como medio para curar las capas.

50 Según una realización, el sistema 2300 de soldadura de realidad virtual está configurado para modelar de manera precisa tanto el exterior como el interior de la junta de soldadura virtual en el modelo digital en 3D. Como tal, tras imprimir un modelo físico en 3D correspondiente, un usuario puede abrir de manera destructiva el modelo físico (o una imagen no destructiva del interior del modelo físico) para ver las características interiores de la junta de soldadura. Según una realización alternativa, solo el exterior de la junta de soldadura virtual se modela de manera precisa en el modelo digital en 3D. Tal modelado de solo el exterior puede reducir la cantidad de información que conforma el modelo digital en 3D y da como resultado un tiempo de procesamiento reducido tanto del sistema de soldadura de realidad virtual (para generar el modelo digital en 3D) como del sistema de impresión en 3D (para imprimir el modelo físico en 3D).

De esta manera, un usuario de un sistema de soldadura de realidad virtual puede generar una junta de soldadura física que representa una junta de soldadura virtual generada por el usuario en el sistema de soldadura de realidad virtual. El usuario puede llevarse a casa la junta de soldadura física como recuerdo de su experiencia de realidad virtual soldadura.

5 Otra realización proporciona un método de relación de un sistema de soldadura de realidad virtual a un juego de soldadura en línea. El método incluye rastrear un progreso de soldadura de realidad virtual de usuario en un sistema de soldadura de realidad virtual y generar unas estadísticas de archivo electrónico de usuario representativas del progreso de soldadura de realidad virtual del usuario en el sistema de soldadura de realidad virtual. El método incluye, además, transferir el archivo electrónico, por medio de una infraestructura de comunicación externa, del sistema de soldadura de realidad virtual a un ordenador de servidor que proporciona un juego de soldadura en línea. El método también incluye el juego de soldadura en línea que lee el archivo electrónico y actualiza un perfil de jugador del usuario con respecto al juego de soldadura en línea basándose en las estadísticas de usuario en el archivo electrónico. Las estadísticas de usuario pueden incluir al menos uno de datos representativo de tipos de procedimientos de soldadura que el usuario ha realizado de manera satisfactoria en el sistema de soldadura de realidad virtual, datos representativo de tipos de habilidades de soldadura que el usuario ha dominado de manera satisfactoria en el sistema de soldadura de realidad virtual, y datos representativo de puntos de recompensa ganados por el usuario en el sistema de soldadura de realidad virtual que pueden canjearse por medio del juego de soldadura en línea. El perfil de jugador del usuario incluye al menos uno de tipos de proyectos de soldadura en los que se permite que el usuario participe en el juego de soldadura en línea y tipos de procedimientos de soldadura específicos en los que se permite que el usuario tome parte en el juego de soldadura en línea. El método puede incluir, además, comparar las estadísticas de usuario del usuario con una pluralidad de usuarios adicionales y clasificar al usuario y a la pluralidad de usuarios adicionales uno con respecto a otro basándose en la comparación.

La figura 24 ilustra una realización de un sistema 2400 de soldadura de realidad virtual. El sistema 2400 de soldadura de realidad virtual es similar al sistema 100 de la figura 1. Sin embargo, el sistema 2400 está configurado, además, para rastrear un progreso de soldadura de realidad virtual del usuario en el sistema 2400 de soldadura de realidad virtual y generar un archivo 2420 electrónico (véase la figura 25) de estadísticas de usuario representativas del progreso del usuario. Según una realización, el PPS 110 rastrea el progreso de soldadura de realidad virtual del usuario en el sistema 2400 de soldadura de realidad virtual y genera el archivo 2420 electrónico de estadísticas de usuario representativas del progreso del usuario.

30 Según una realización, el sistema 2400 de soldadura de realidad virtual incluye un dispositivo 2410 de comunicación. El dispositivo 2410 de comunicación está conectado de manera operativa al subsistema 110 basado en procesador programable del sistema 2400 de soldadura de realidad virtual y proporciona toda la circuitería y/o software para transmitir datos externamente de una manera comunicada de forma digital. Por ejemplo, el dispositivo 2410 de comunicación puede ser un dispositivo de módem que proporciona conexión a internet.

35 La figura 25 ilustra una realización que muestra el sistema 2400 de soldadura de realidad virtual en comunicación operativa con un ordenador 2510 de servidor por medio de una infraestructura 2500 de comunicación externa. La infraestructura 2500 de comunicación externa puede incluir, por ejemplo, uno o más de internet, una red de teléfono celular, o una red de comunicación por satélite. El ordenador 2510 de servidor proporciona un juego 2520 de soldadura en línea. Según una realización, el juego 2520 de soldadura en línea es un juego basado en ordenador al que un usuario puede jugar en línea usando, por ejemplo, un ordenador personal (por ejemplo, un ordenador de escritorio) o un dispositivo informático móvil (por ejemplo, un teléfono inteligente). El juego 2520 de soldadura en línea puede proporcionar, por ejemplo, diversos proyectos de soldadura que requieren diversas habilidades de soldadura de usuario, adquiridas en el sistema 2400 de soldadura de realidad virtual, para jugar al juego. Un usuario del juego 2520 de soldadura en línea puede ganar puntos y/o recompensas como parte de completar de manera satisfactoria un proyecto de soldadura del juego.

Tipos de procedimientos de soldadura que puede realizar un usuario en el sistema 2400 de soldadura de realidad virtual pueden incluir, por ejemplo, un procedimiento de soldadura con arco con metal de protección, un procedimiento de soldadura con arco con protección gaseosa, un procedimiento de soldadura con arco con revestimiento de fundente, y un procedimiento de soldadura con arco de gas tungsteno. Tipos de habilidades de soldadura que puede adquirir un usuario usando el sistema 2400 de soldadura de realidad virtual pueden incluir, por ejemplo, cómo configurar un sistema para un procedimiento de soldadura particular, cómo preparar metal para la soldadura, cómo sostener apropiadamente una pistola de soldadura/soplete durante un procedimiento de soldadura particular, cómo agitar un arco al comienzo de una soldadura particular, cómo mover el electrodo de soldadura durante un procedimiento de soldadura particular, diversas habilidades de soldadura de placa, y diversas habilidades de soldadura de tubería. También son posibles otros tipos de procedimientos de soldadura y habilidades, según diversas realizaciones adicionales. Tales procedimientos de soldadura y habilidades pueden incluirse en el archivo de las estadísticas 2420 de soldadura de realidad virtual del usuario una vez que el usuario ha demostrado un control suficiente con respecto a esos procedimientos y habilidades.

60 El juego 2520 de soldadura en línea puede proporcionar diversos proyectos de soldadura como parte del juego tal como, por ejemplo, un proyecto de puente, un proyecto de automóvil, y un proyecto de edificio de rascacielos. En general, un usuario no puede trabajar en un proyecto de soldadura que forma parte del juego 2520 de soldadura en

5 línea hasta que las estadísticas (es decir, los datos) en el archivo electrónico del usuario del sistema 2400 de soldadura de realidad virtual indiquen que el usuario está preparado para trabajar en ese proyecto de soldadura. Según una realización, el juego 2520 de soldadura en línea del ordenador 2510 de servidor lee el archivo 2420 electrónico que tiene las estadísticas de soldadura de realidad virtual del usuario y actualiza un perfil de jugador del usuario basándose en las estadísticas de usuario. Por ejemplo, las estadísticas en el archivo electrónico para un usuario pueden interpretarse por el juego 2520 de soldadura en línea para actualizar el perfil de jugador del usuario para permitir que el usuario trabaje en un proyecto de edificio de rascacielos usando un procedimiento de soldadura con arco (electrodo revestido) con metal de protección.

10 Además, a medida que un usuario progresa en el sistema 2400 de soldadura de realidad virtual, el usuario puede ganar puntos de recompensa que pueden transferirse al juego 2520 de soldadura en línea por medio del archivo electrónico. Según una realización, el usuario puede canjear los puntos de recompensa usando el juego 2520 de soldadura en línea. Por ejemplo, el usuario puede usar los puntos de recompensa para comprar productos en línea (por ejemplo, una camiseta que promociona el juego de soldadura en línea). Alternativamente, el usuario puede usar los puntos de recompensa para obtener acceso a algunas características avanzadas del juego de soldadura en línea.

15 Según una realización, las estadísticas de un usuario pueden compararse con las estadísticas de otros usuarios en el ordenador 2510 de servidor para clasificar a todos los usuarios uno con respecto a otro. Las clasificaciones pueden presentarse a los usuarios como parte del juego de soldadura en línea, por ejemplo. Las clasificaciones pueden ser mediante diferentes niveles de localidad que incluyen, por ejemplo, una clasificación a nivel estatal, una clasificación a nivel nacional, y una clasificación a nivel internacional.

20 Aunque la invención se ha descrito con referencia a determinadas realizaciones, se comprenderá por los expertos en la técnica que pueden realizarse diversos cambios y 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 prevé 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	135 cuadro de control
110 subsistema basado en procesador	136 botón giratorio
111 unidad de procesamiento central	137 botón giratorio
115 unidad de procesamiento gráfica	140 dispositivo de visualización montado en la cara
116 arquitectura de dispositivo unificada de computación	150 dispositivo de visualización de observación
	151 parámetros de soldadura
117 operador de control de visión	152 estado de discontinuidad de soldadura
118 salida de video	153 selección de usuario
119 salida de video	160 herramienta de soldadura falsa
120 rastreador espacial	161 elemento de sujeción
121 fuente magnética	162 electrodo
122 sensor	163 punta resistiva de manera táctil
123 disco	170 mesa/estación
124 fuente de alimentación	171 mesa
125 cable	172 estación/base
126 unidad de rastreo	173 brazo

ES 2 799 430 T3

130	interfaz de usuario de soldadura	174	poste vertical
131	conjunto de botones	175	muestra de soldadura
132	palanca de mando	175'	tubería
133	botón giratorio	175"	tubería
134	botón giratorio	180	muestra de soldadura
900	casco de soldadura	1220	funcionalidad de puntuación y tolerancia
910	altavoz de audífono	1221	editor de tolerancia
1201	interfaz física	1222	efectos especiales
1202	modelo de pinza	1300	método
1203	modelo de entorno	1310	etapa
1204	funcionalidad de contenido de sonido	1320	etapa
1205	sonido de soldadura	1330	etapa
1206	modelo de estación/mesa	1340	etapa
1207	funcionalidad de arquitectura interna	1350	etapa
1208	funcionalidad de calibración	1400	muestra de soldadura
1210	modelo de muestra	1410	superficie
1211	física de soldadura	1420	mapa de desplazamiento
1212	herramienta de ajuste de física interna/elemento de ajuste de precisión	1421	wexel
		1600	muestra de soldadura
1213	funcionalidad de interfaz de usuario gráfica	1610	superficie
1214	funcionalidad de representación gráfica	1620	superficie
1215	funcionalidad de informes de estudiante	1700	muestra de soldadura
1216	elemento de representación	1701	pieza de tubería
1217	representación de cordón	1702	pieza de tubería
1218	textura en 3D	1703	junta de raíz
1219	funcionalidad de indicios visuales	1704	pieza de unión
		1710	superficie
1910	barra	2510	ordenador de servidor
1920	partícula	2520	juego de soldadura
1930	altura	A	ubicación
1940	rectángulos	B	ubicación

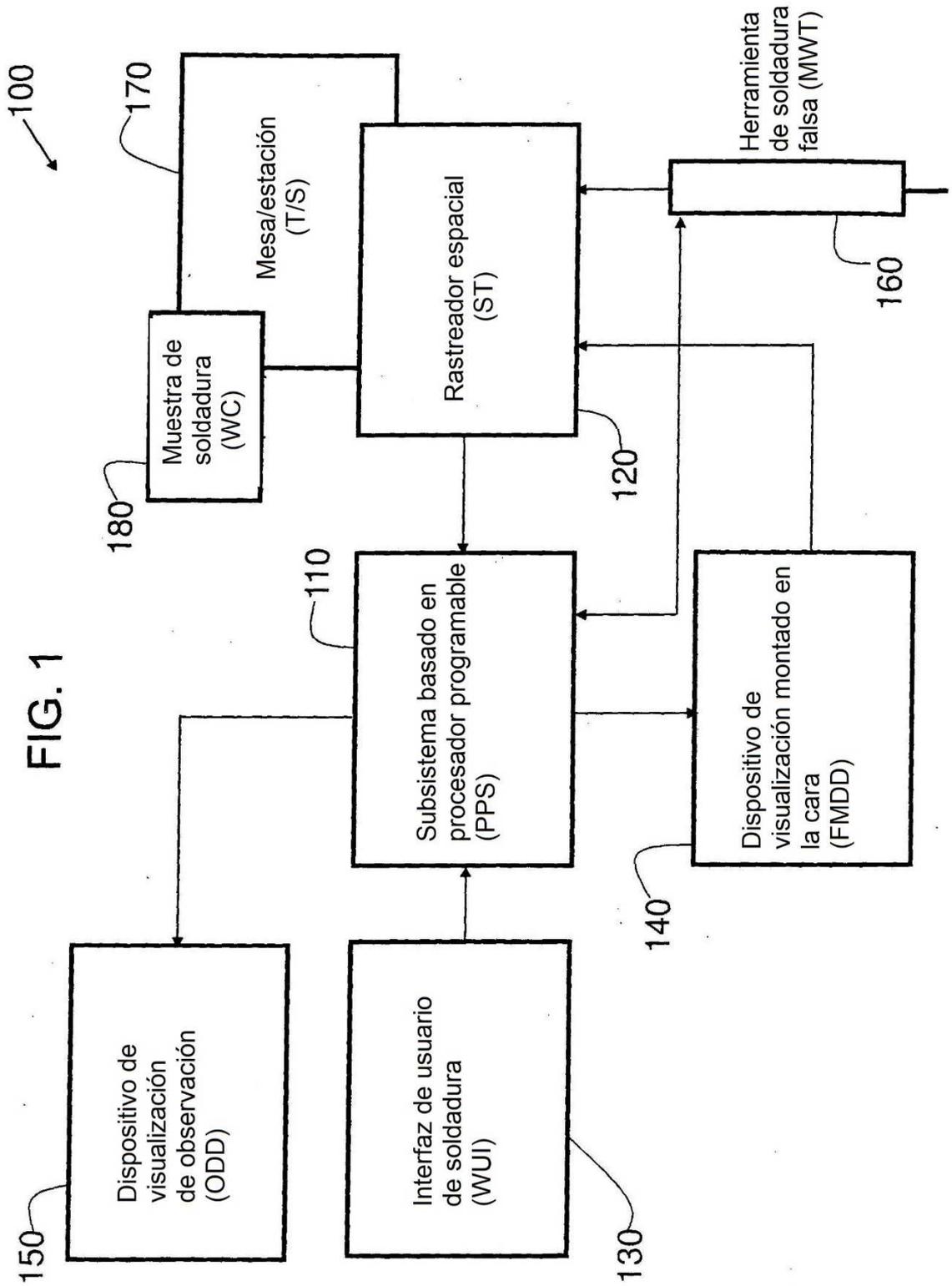
ES 2 799 430 T3

2000 sistema	E	punto
2010 dispositivo central inalámbrico	O	punto
2020 cable de soldadura falso	S	coordenada de textura
2100 junta de soldadura	T	coordenada de textura
2110 indicador de sección transversal	X	punto
2120 dimensión de longitud	Y	punto
2130 zona en sección transversal	Z	punto
2300 sistema de soldadura		
2310 modelo digital		
2320 dispositivo de comunicación		
2350 sistema de impresión		
2355 modelo físico		
2400 sistema de soldadura		
2410 dispositivo de comunicación		
2420 archivo electrónico		
2500 infraestructura de comunicación		

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (100, 2000, 2400) de soldadura de realidad virtual que comprende:
un subsistema (110) basado en procesador programable;
un rastreador (120) espacial conectado de manera operativa al subsistema (110) basado en procesador programable;
- 5 al menos un dispositivo de visualización montado en la cara inalámbrico configurado para comunicarse de manera inalámbrica con el subsistema (110) basado en procesador programable y el rastreador (120) espacial, caracterizado
- por al menos una herramienta (160) de soldadura falsa inalámbrica configurada para comunicarse de manera inalámbrica con el subsistema (110) basado en procesador programable y el rastreador (120) espacial,
- 10 en el que dicho sistema (100, 2000, 2400) está configurado para simular, en un entorno de realidad virtual, un baño de fusión de soldadura que tiene características de fluidez de metal fundido en tiempo real y de disipación de calor, y visualizar el baño de fusión de soldadura simulado en el al menos un dispositivo de visualización montado en la cara inalámbrico en tiempo real,
- 15 por un dispositivo central inalámbrico unido mediante cables al subsistema (110) basado en procesador programable y el rastreador (120) espacial, en el que cada uno de la al menos una herramienta (160) de soldadura falsa inalámbrica y el al menos un dispositivo de visualización montado en la cara inalámbrico se comunican de manera inalámbrica con el subsistema (110) basado en procesador programable y el rastreador (120) espacial a través del dispositivo central inalámbrico, y
- 20 por un cable de soldadura falso unido a la al menos una herramienta de soldadura falsa y configurado para simular al menos un peso y una rigidez de un cable de soldadura real.
2. Un método que comprende:
- visualizar una imagen de una junta de soldadura virtual que tiene un cordón de soldadura virtual, en un dispositivo de visualización montado en la cara de un sistema de soldadura de realidad virtual, que se generó usando el sistema de soldadura de realidad virtual según la reivindicación 1;
- 25 desplazarse a través de una dimensión de longitud de la imagen de la junta de soldadura virtual usando una interfaz de usuario del sistema de soldadura de realidad virtual; y
- visualizar una imagen de una zona en sección transversal a través de la junta de soldadura virtual en ubicaciones sucesivas a lo largo de la dimensión de longitud de la imagen de la junta de soldadura virtual en el dispositivo de visualización del sistema de soldadura de realidad virtual en respuesta al desplazamiento.
- 30 3. El método según la reivindicación 2, que comprende, además, visualizar un indicador de sección transversal en el dispositivo de visualización del sistema de soldadura de realidad virtual que indica una ubicación a lo largo de la dimensión de longitud de la imagen de la junta de soldadura virtual correspondiente a la imagen visualizada de la zona en sección transversal, y/o
- 35 que comprende, además, detener el desplazamiento en una ubicación a lo largo de la dimensión de longitud de la imagen de la junta de soldadura virtual y observar la imagen visualizada de la zona en sección transversal a través de la junta de soldadura virtual en la ubicación.
- 40 4. El método según la reivindicación 2 o 3, en el que una imagen visualizada de una zona en sección transversal a través de la junta de soldadura virtual en una ubicación a lo largo de la dimensión de longitud de la imagen de la junta de soldadura virtual muestra características de soldadura de la junta de soldadura virtual en la ubicación tal como se simula por el sistema de soldadura de realidad virtual.
5. El método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en el que las características de soldadura incluyen la penetración del cordón de soldadura virtual en una muestra de soldadura virtual y defectos y discontinuidades internos, tal como se simula por el sistema de soldadura de realidad virtual.
- 45 6. El método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, que comprende, además, entrar en bucle automático en el tiempo a través de una dimensión de longitud de la imagen de la junta de soldadura virtual entre una primera ubicación y una segunda ubicación, visualizar sucesivamente en el tiempo durante la entrada en bucle una imagen de una zona en sección transversal a través de la junta de soldadura virtual en cada una de una pluralidad de ubicaciones definidas que abarcan de la primera ubicación a la segunda ubicación.
7. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, que comprende, además:

- generar una junta de soldadura virtual que tiene un cordón de soldadura virtual que usa un sistema de soldadura de realidad virtual según la reivindicación 1, en el que la junta de soldadura virtual se representa dentro del sistema de soldadura de realidad virtual como un primer conjunto de datos digital; y
- 5 generar un modelo digital tridimensional (3D) representativo de al menos una parte de la junta de soldadura virtual usando el primer conjunto de datos digital en el sistema de soldadura de realidad virtual, en el que el modelo digital en 3D es compatible de manera operativa con un sistema de impresión en 3D.
8. El método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, que comprende, además:
- transferir el modelo digital en 3D al sistema de impresión en 3D; e
- 10 imprimir un modelo físico en 3D representativo de al menos una parte de la junta de soldadura virtual usando el modelo digital en 3D en el sistema de impresión en 3D.
9. El método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 8, en el que la junta de soldadura virtual incluye una muestra de soldadura virtual tal como se modifica por el cordón de soldadura virtual.
10. El método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 9, en el que el sistema de impresión en 3D está en comunicación operativa con el sistema de soldadura de realidad virtual y la transferencia se logra por medio de la comunicación operativa.
- 15 11. El método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 10, en el que la comunicación operativa se realiza por medio de al menos uno de medios por cable y medios inalámbricos.
12. El método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 11, en el que el modelo físico en 3D se realiza de al menos uno de un material de plástico, un material de metal, y un material de cerámica.
- 20 13. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 12, que comprende, además:
- rastrear un progreso de soldadura de realidad virtual del usuario en un sistema de soldadura de realidad virtual según la reivindicación 1;
- generar un archivo electrónico de estadísticas de usuario representativo del progreso de soldadura de realidad virtual del usuario en el sistema de soldadura de realidad virtual;
- 25 transferir el archivo electrónico, por medio de una infraestructura de comunicación externa, del sistema de soldadura de realidad virtual a un ordenador de servidor que proporciona un juego de soldadura en línea; y
- el juego de soldadura en línea lee el archivo electrónico y actualiza un perfil de jugador del usuario con respecto al juego de soldadura en línea basándose en las estadísticas de usuario en el archivo electrónico.
- 30 14. El método según la reivindicación 13, en el que las estadísticas de usuario incluyen al menos uno de datos representativos de tipos de procedimientos de soldadura que el usuario ha realizado de manera satisfactoria en el sistema de soldadura de realidad virtual, datos representativo de tipos de habilidades de soldadura que el usuario ha dominado de manera satisfactoria en el sistema de soldadura de realidad virtual, y datos representativo de puntos de recompensa ganados por el usuario en el sistema de soldadura de realidad virtual que pueden canjearse por medio del juego de soldadura en línea, y/o
- 35 en el que el perfil de jugador del usuario incluye al menos uno de tipos de proyectos de soldadura en los que se permite que el usuario participe en el juego de soldadura en línea y tipos de procedimientos de soldadura específicos en los que se permite que el usuario tome parte en el juego de soldadura en línea.



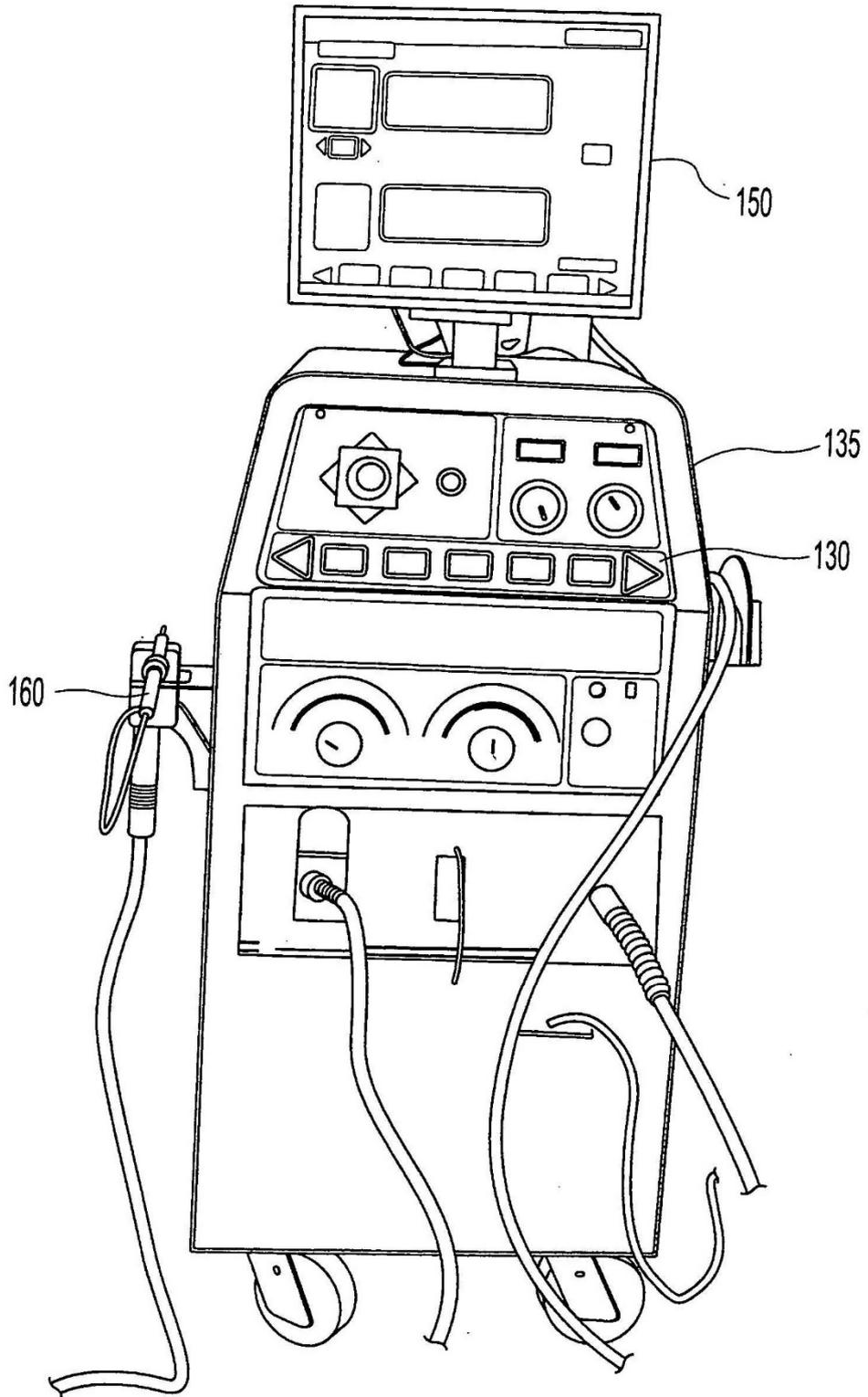


Fig. 2

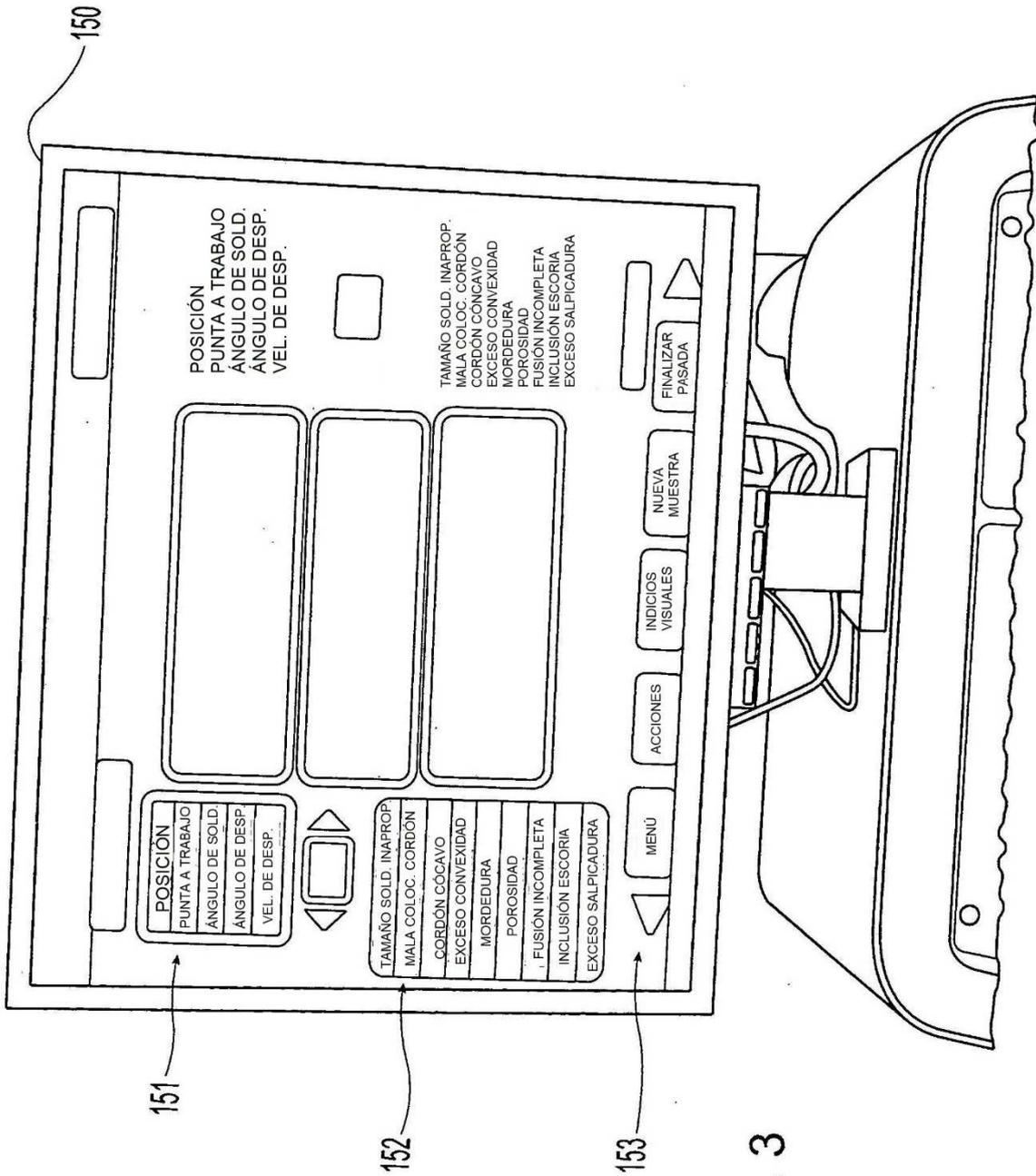


Fig. 3

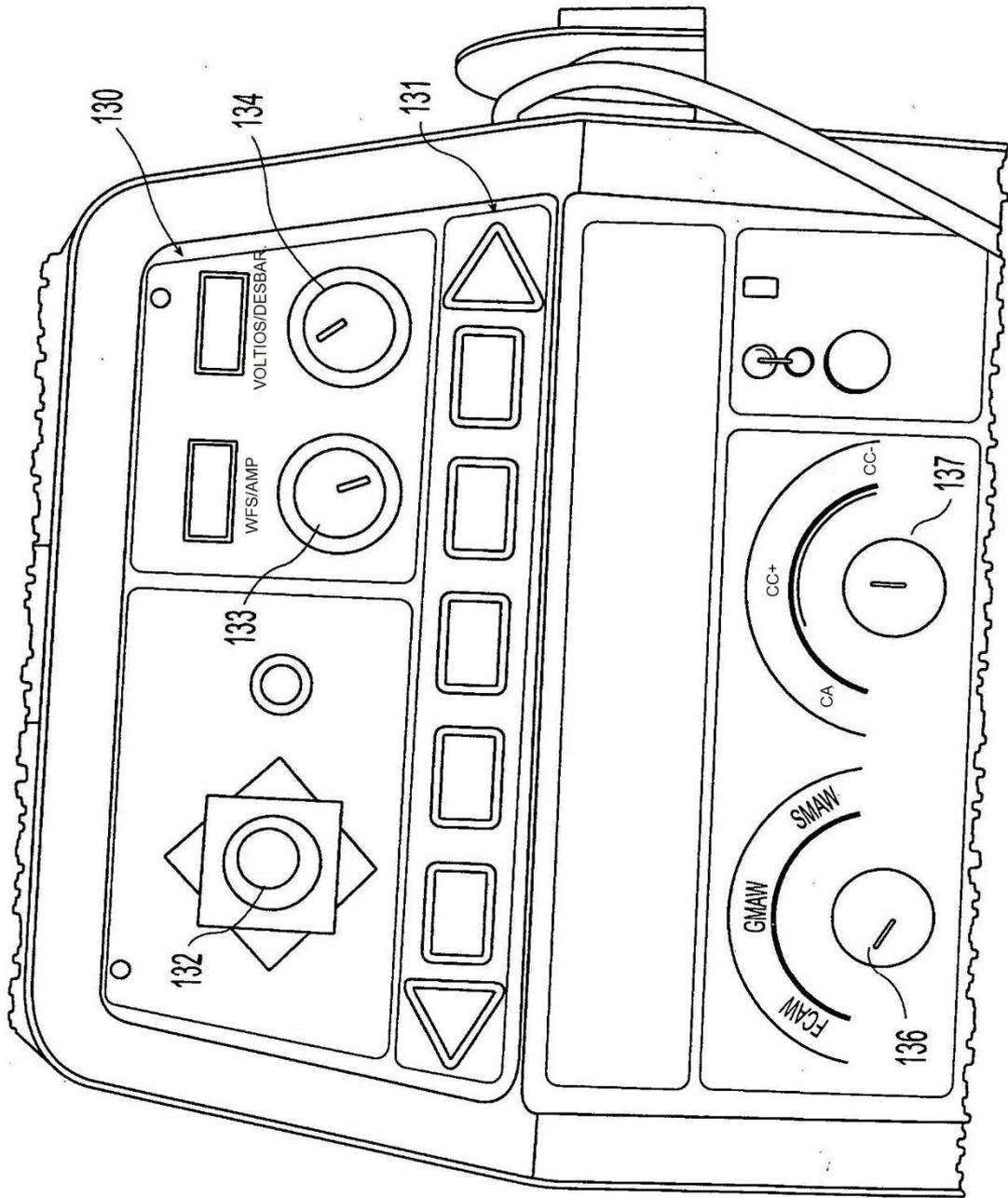


Fig. 4

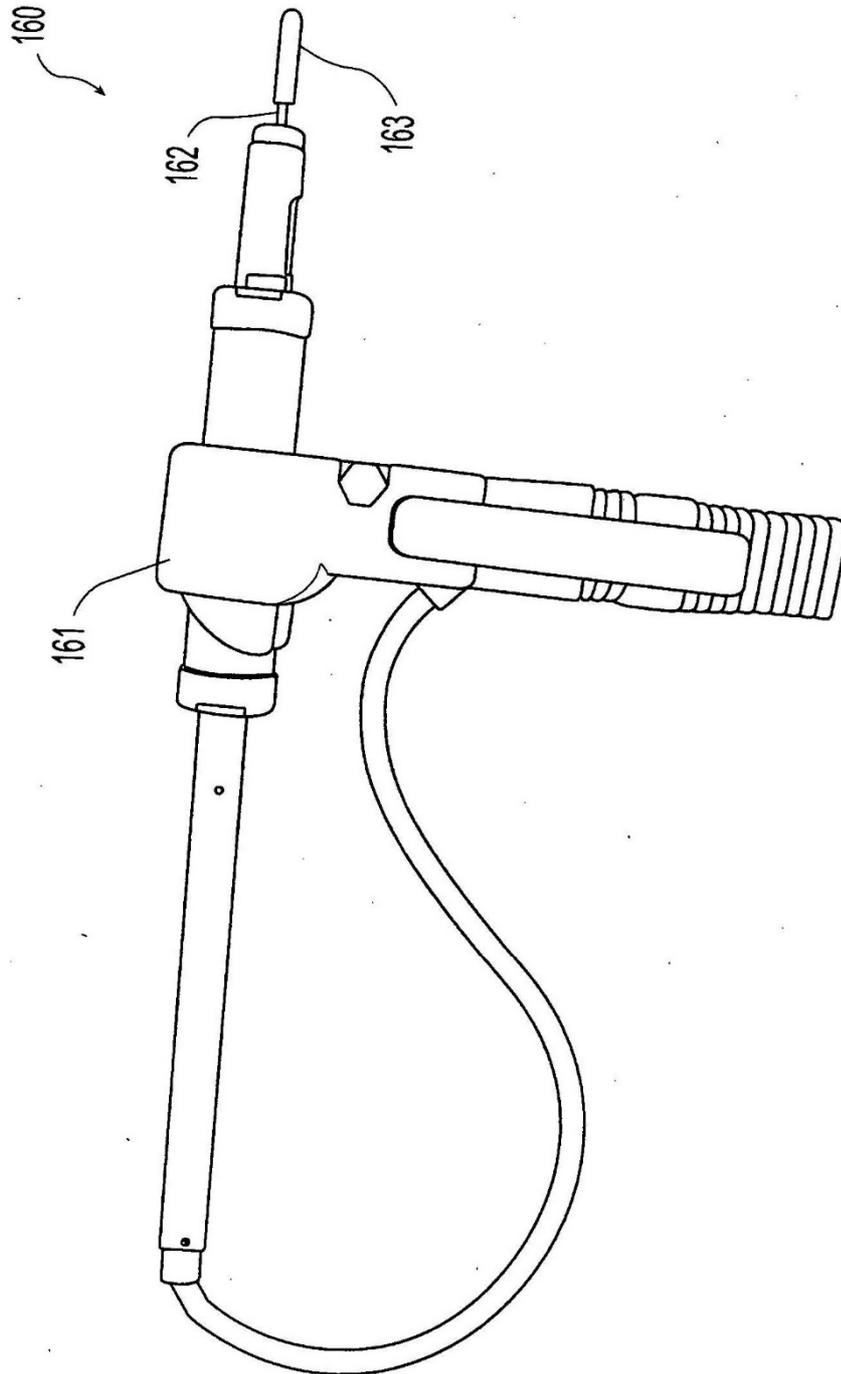


Fig. 5

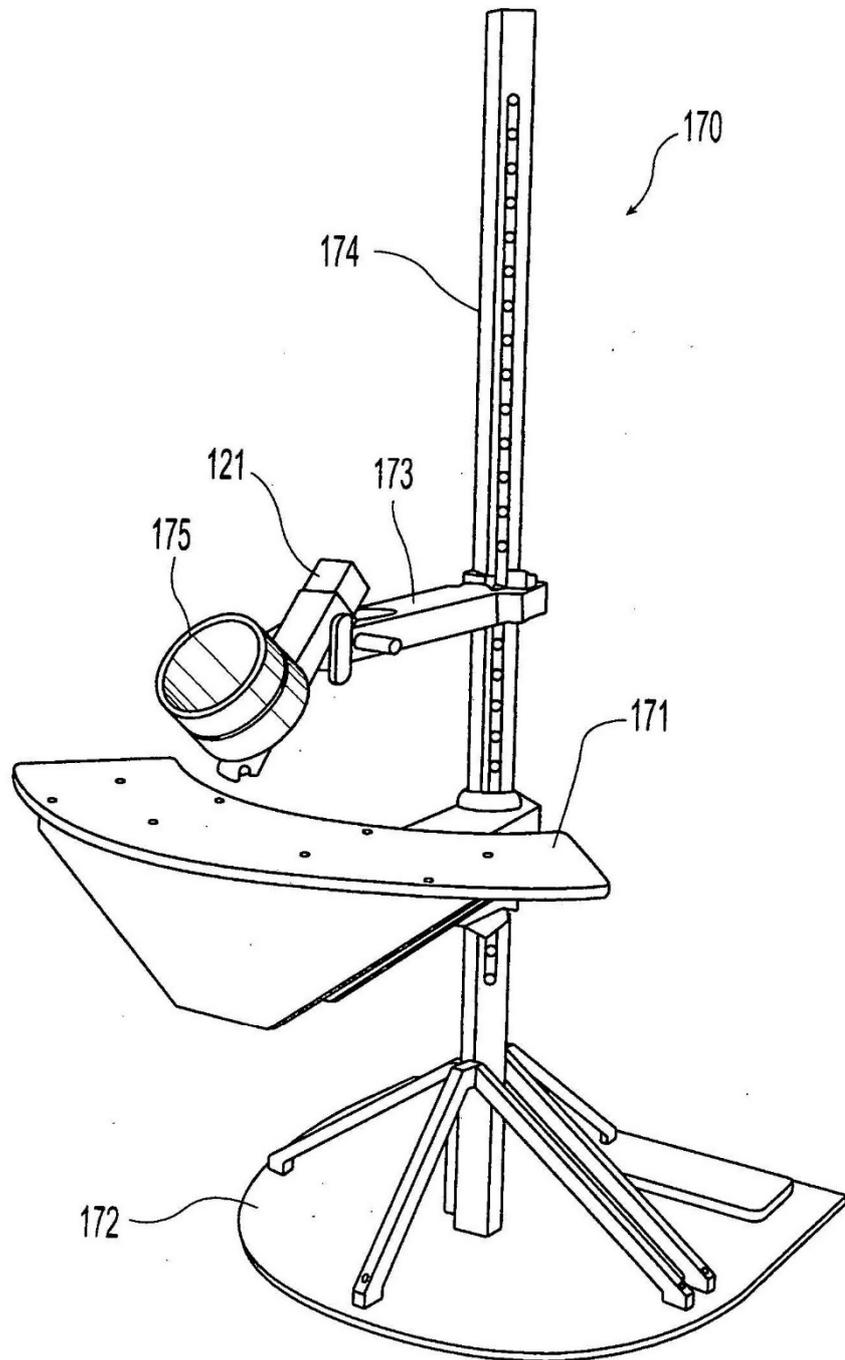


Fig. 6

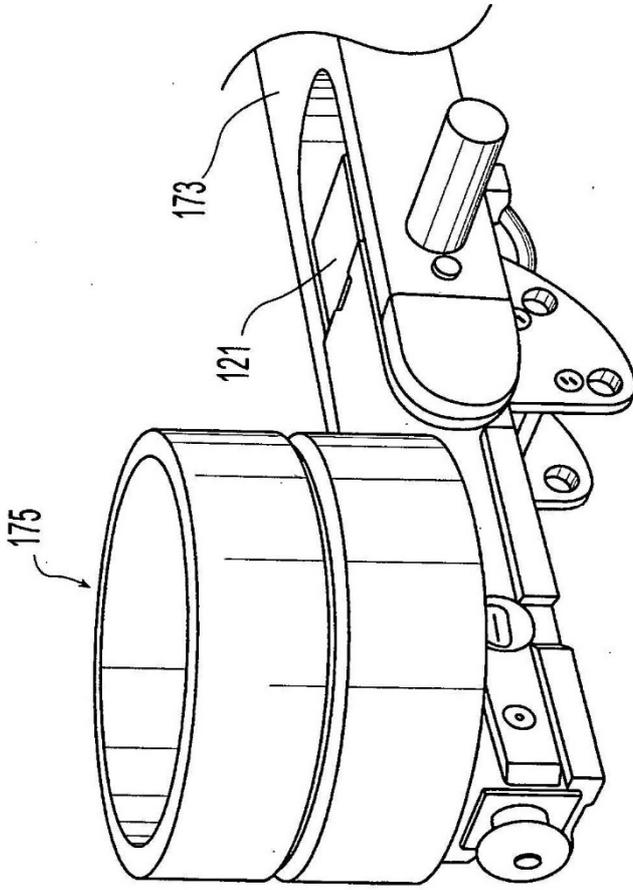


Fig. 7B

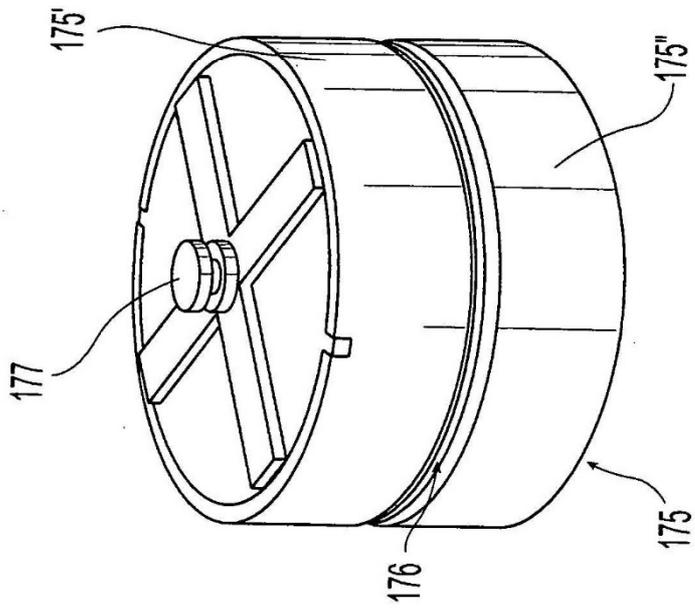


Fig. 7A

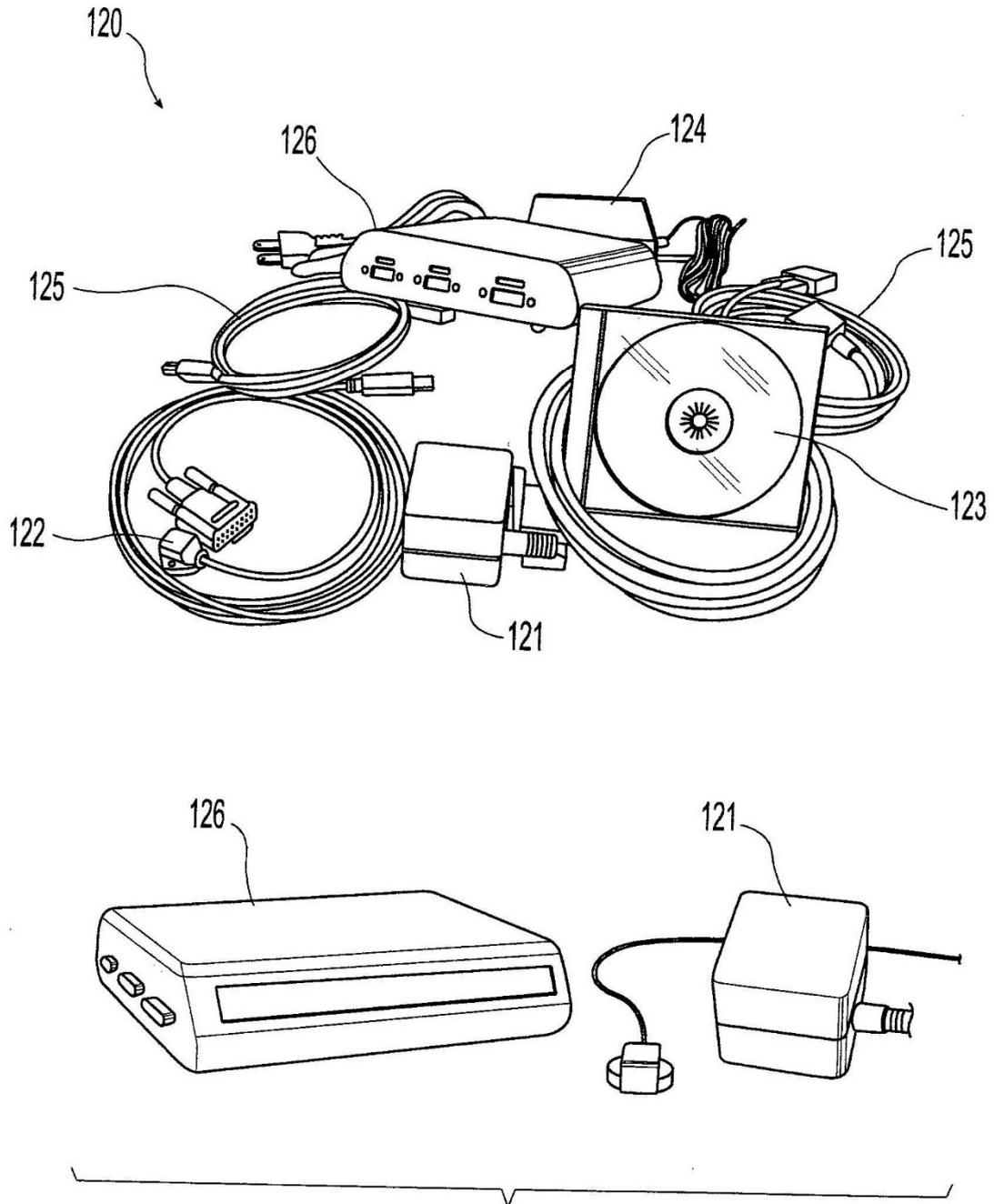


Fig. 8

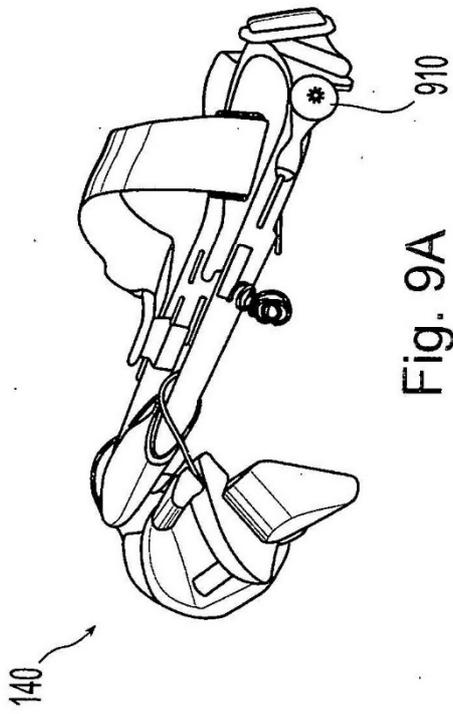


Fig. 9A

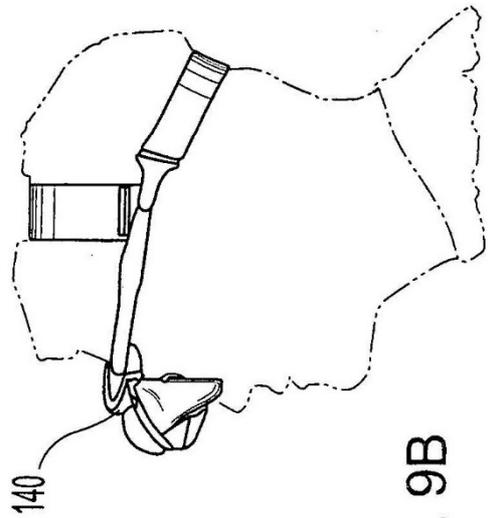


Fig. 9B

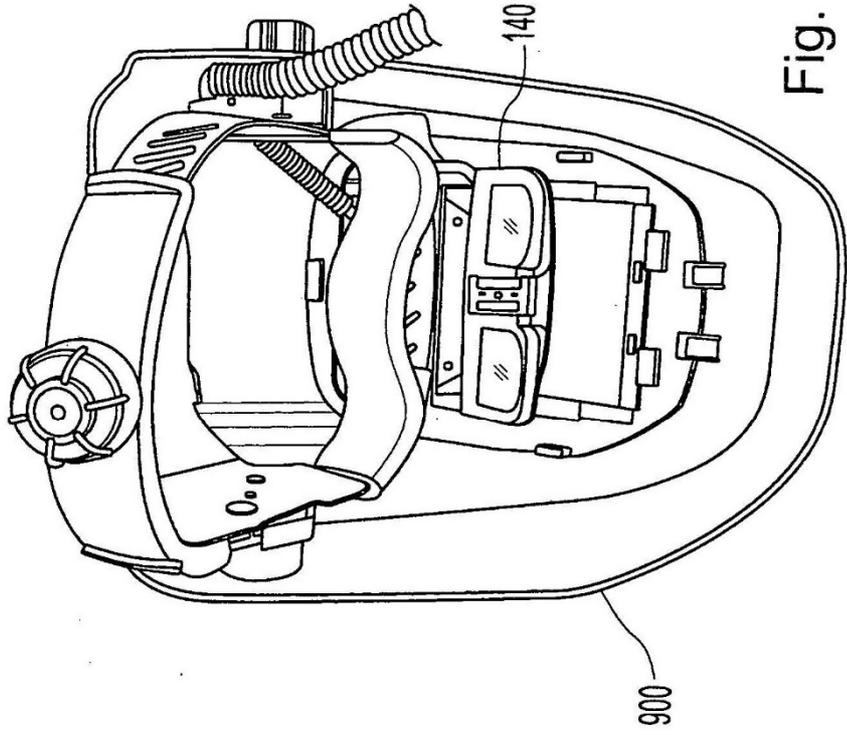


Fig. 9C

FIG. 10

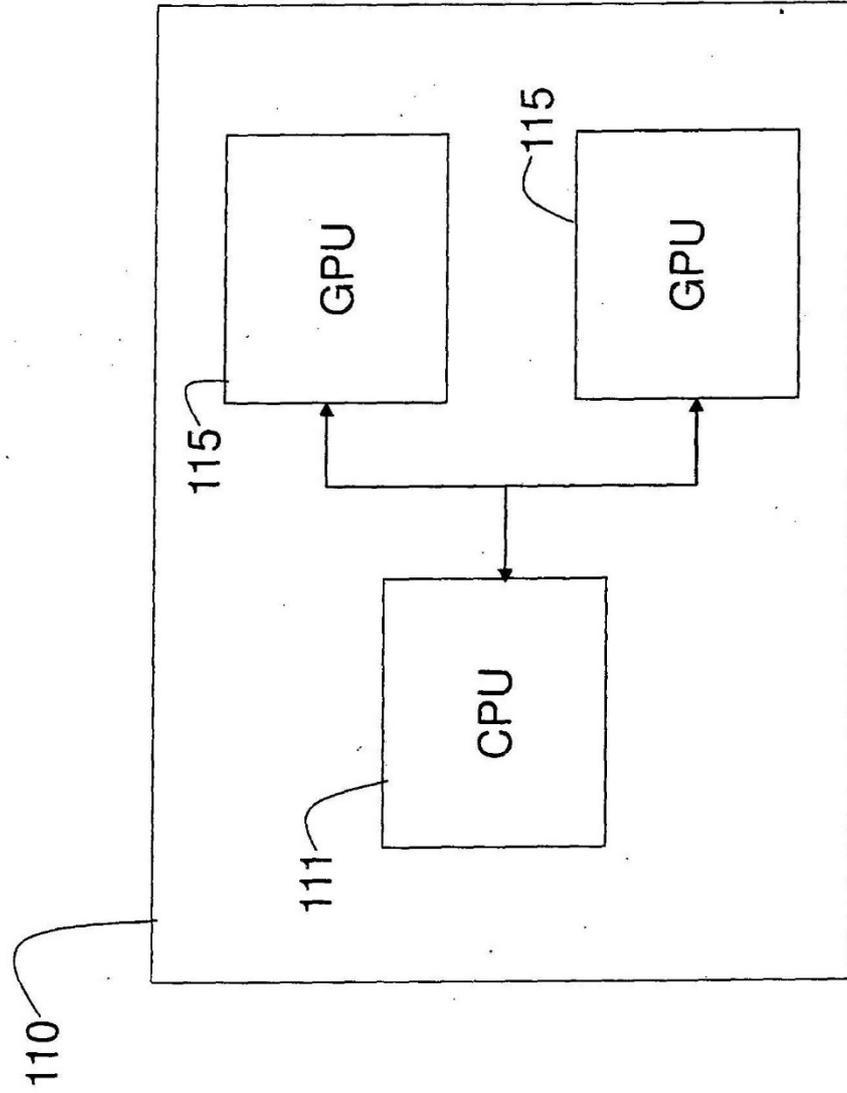
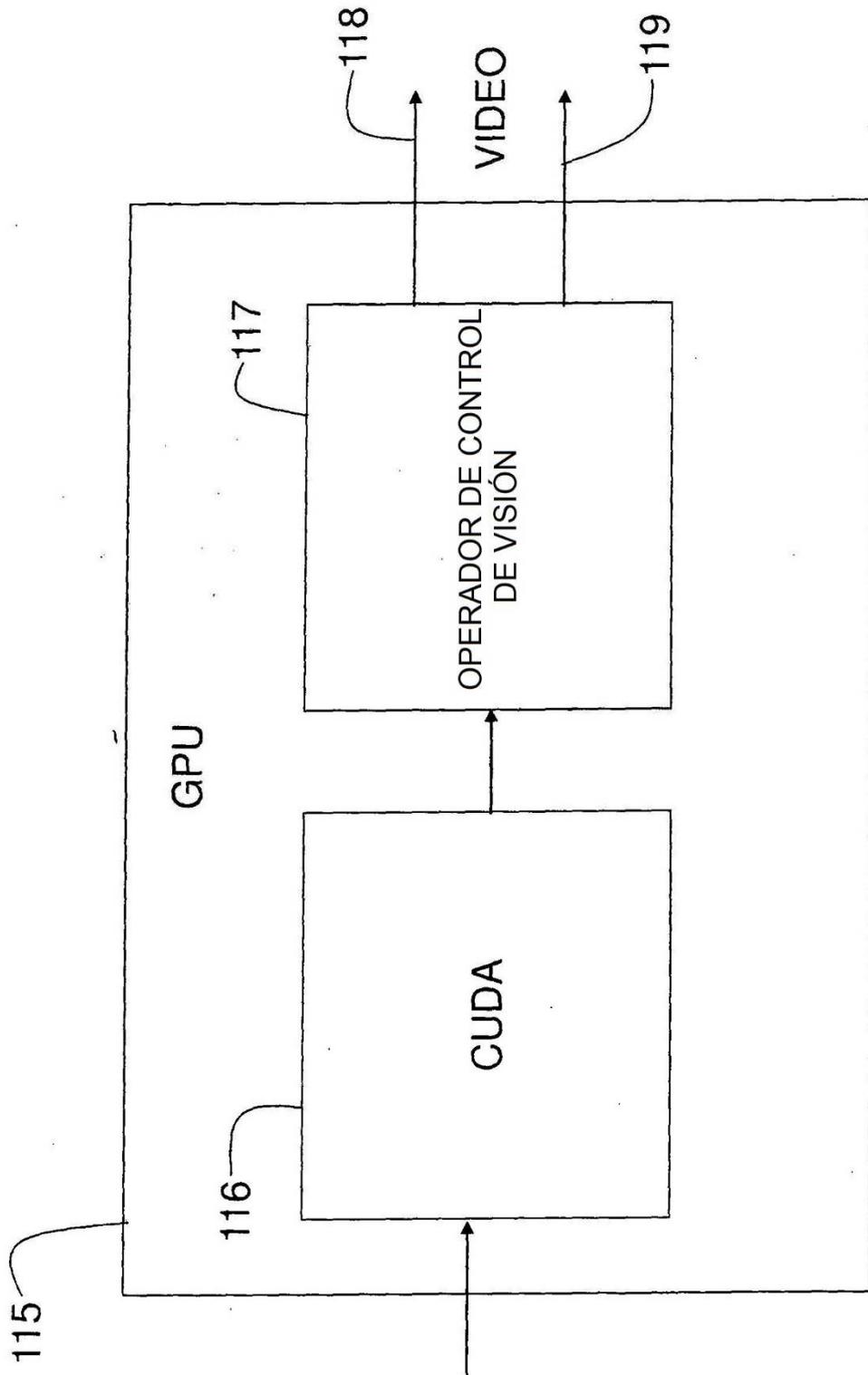


FIG. 11



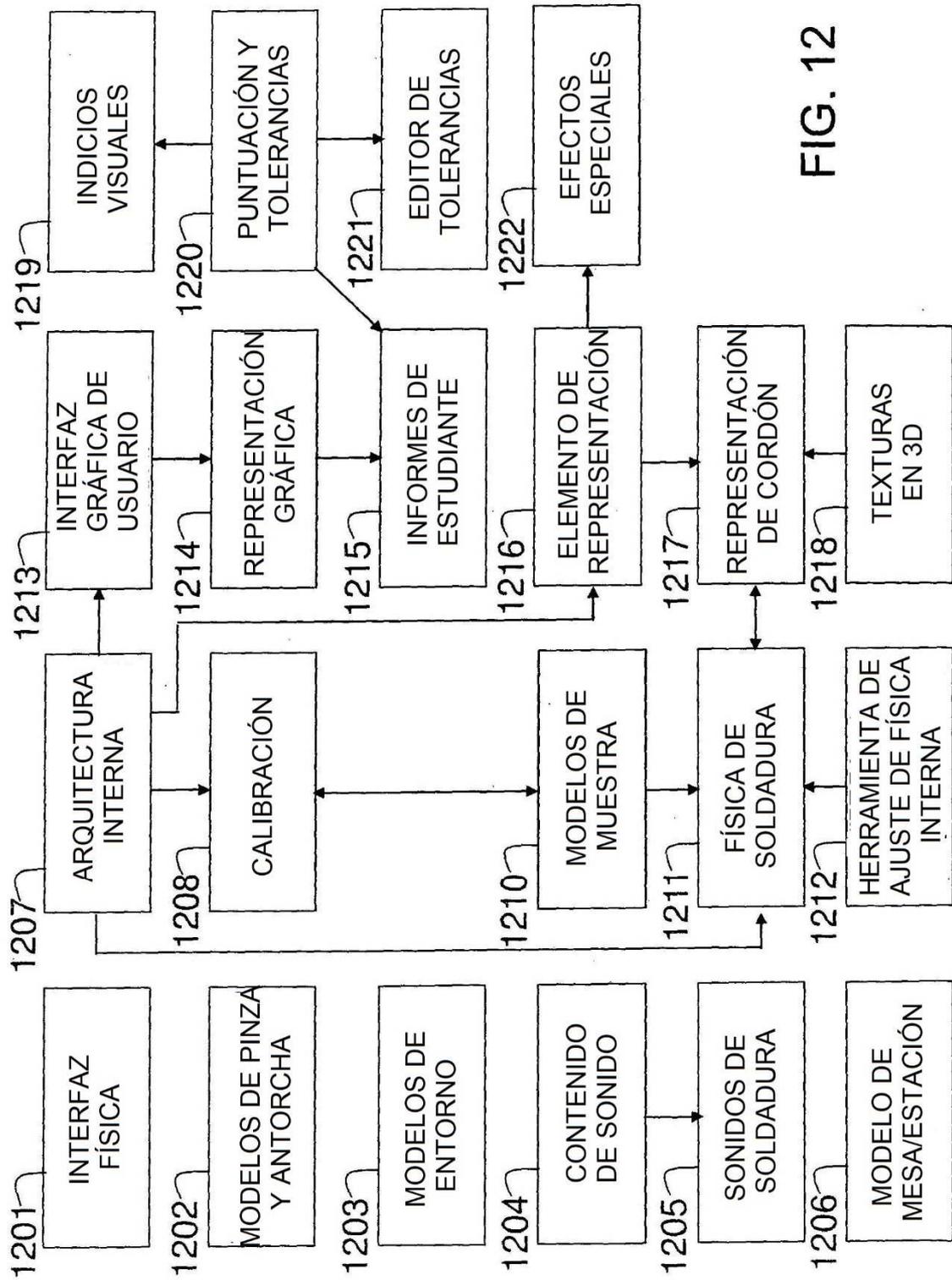


FIG. 12

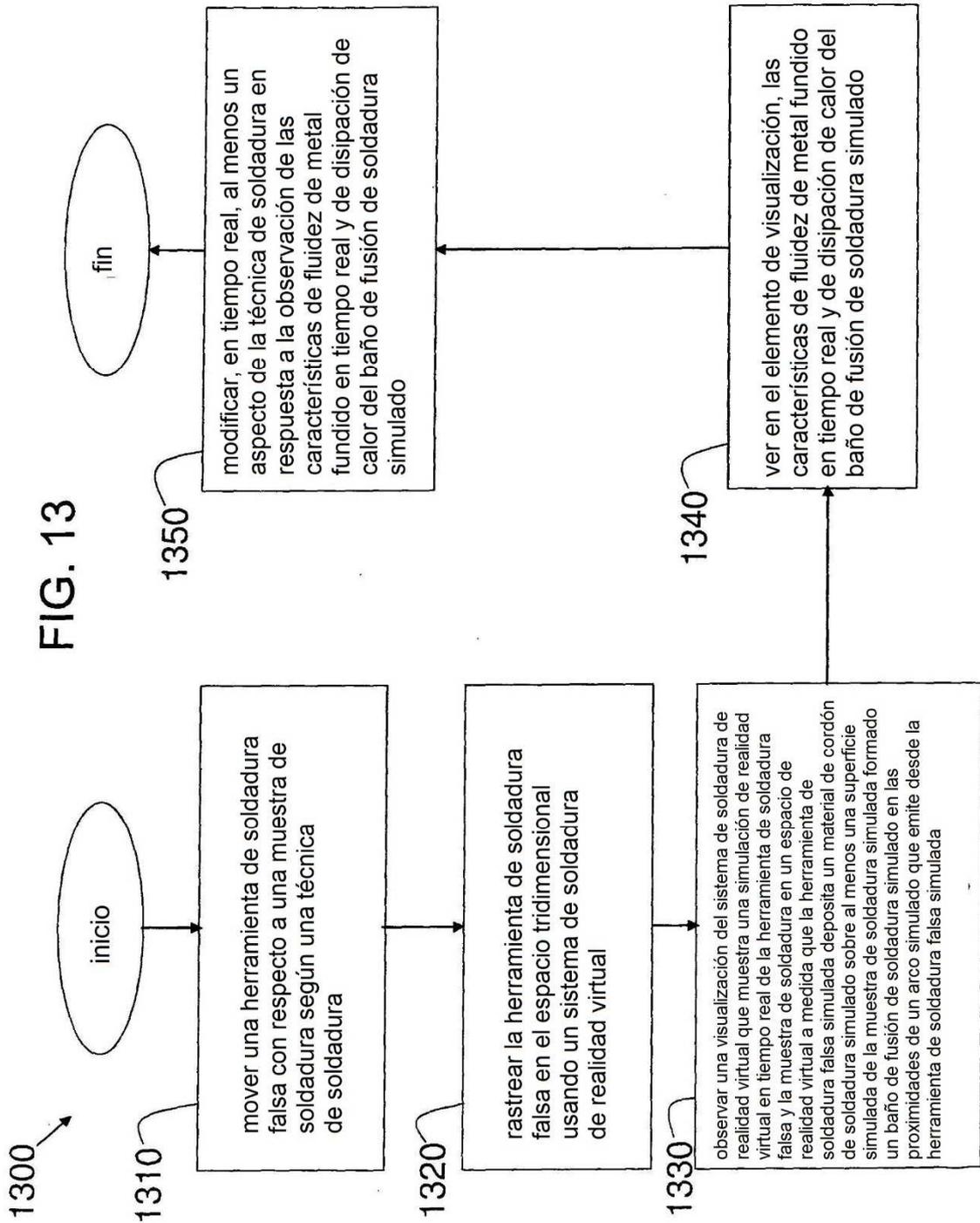


FIG. 14A

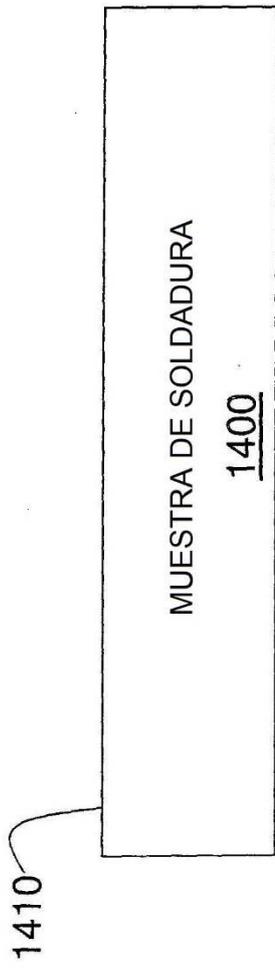
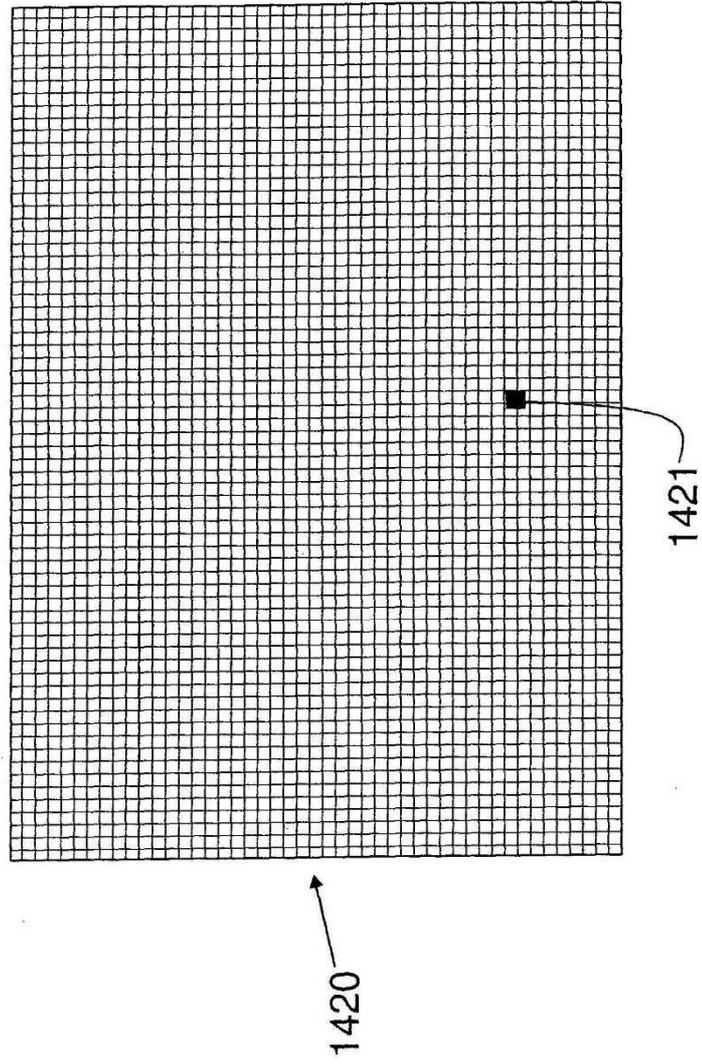
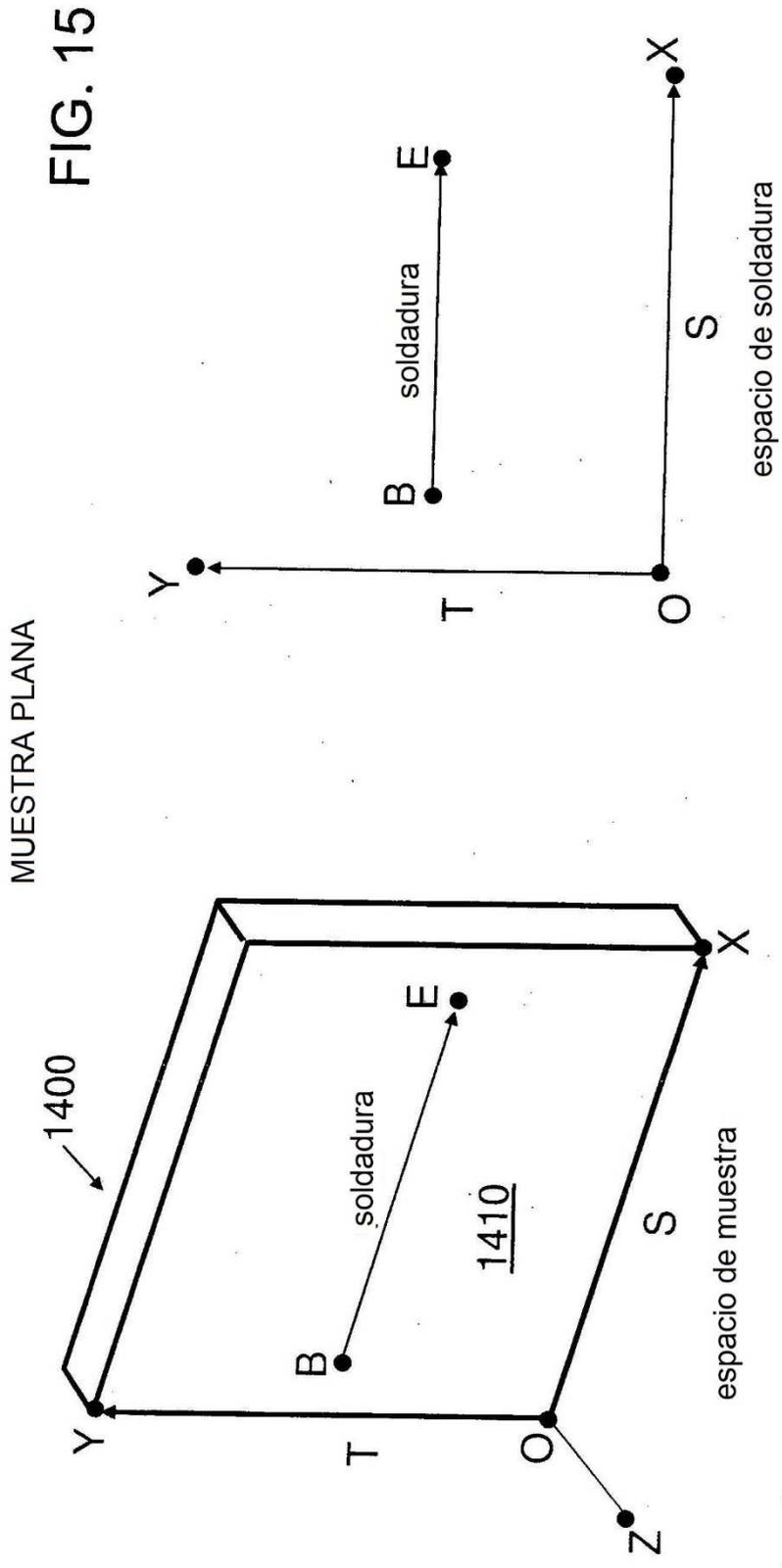


FIG. 14B



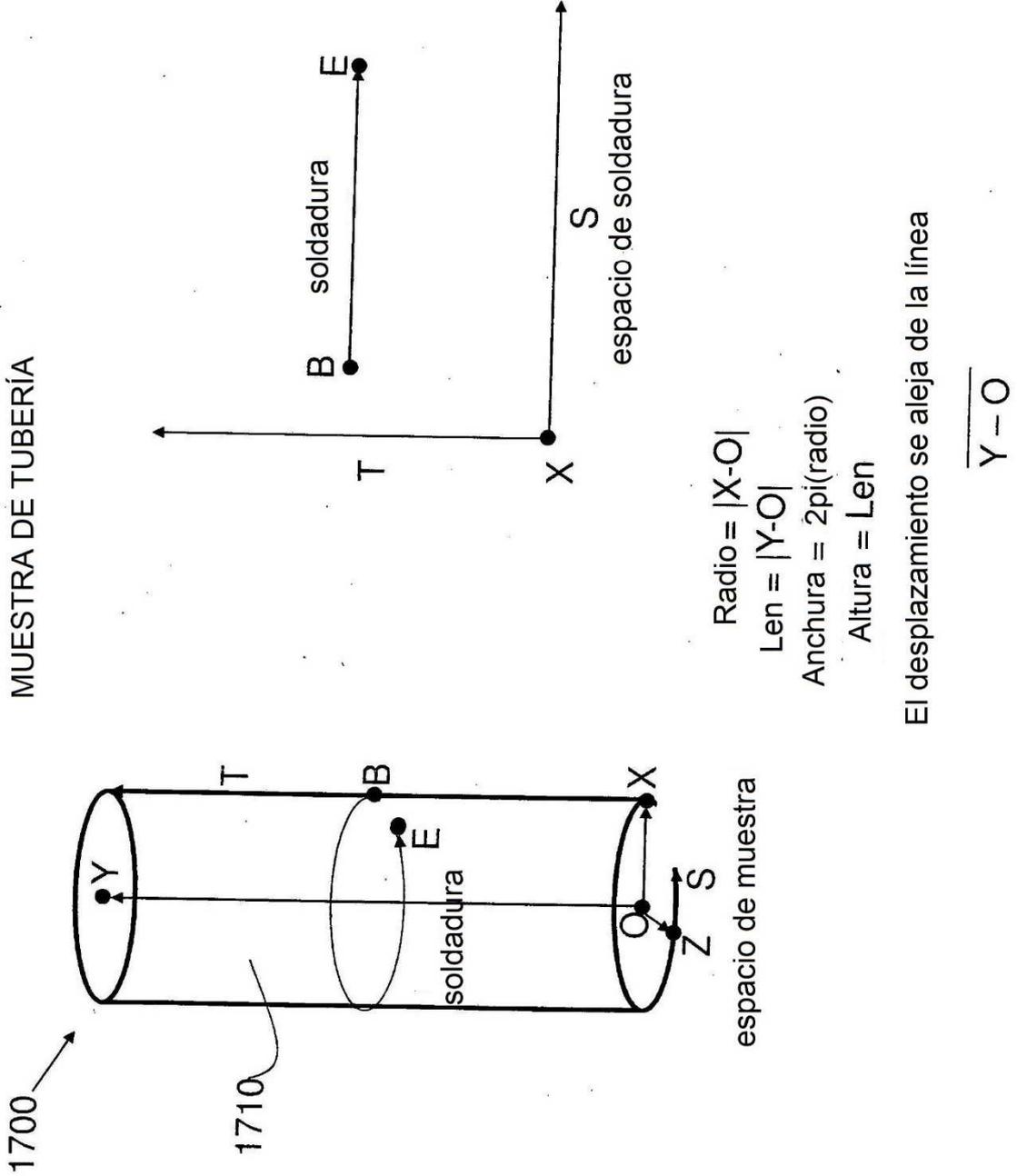


$$\text{Anchura} = |X-O|$$

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

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

MUESTRA DE TUBERÍA
 FIG. 17



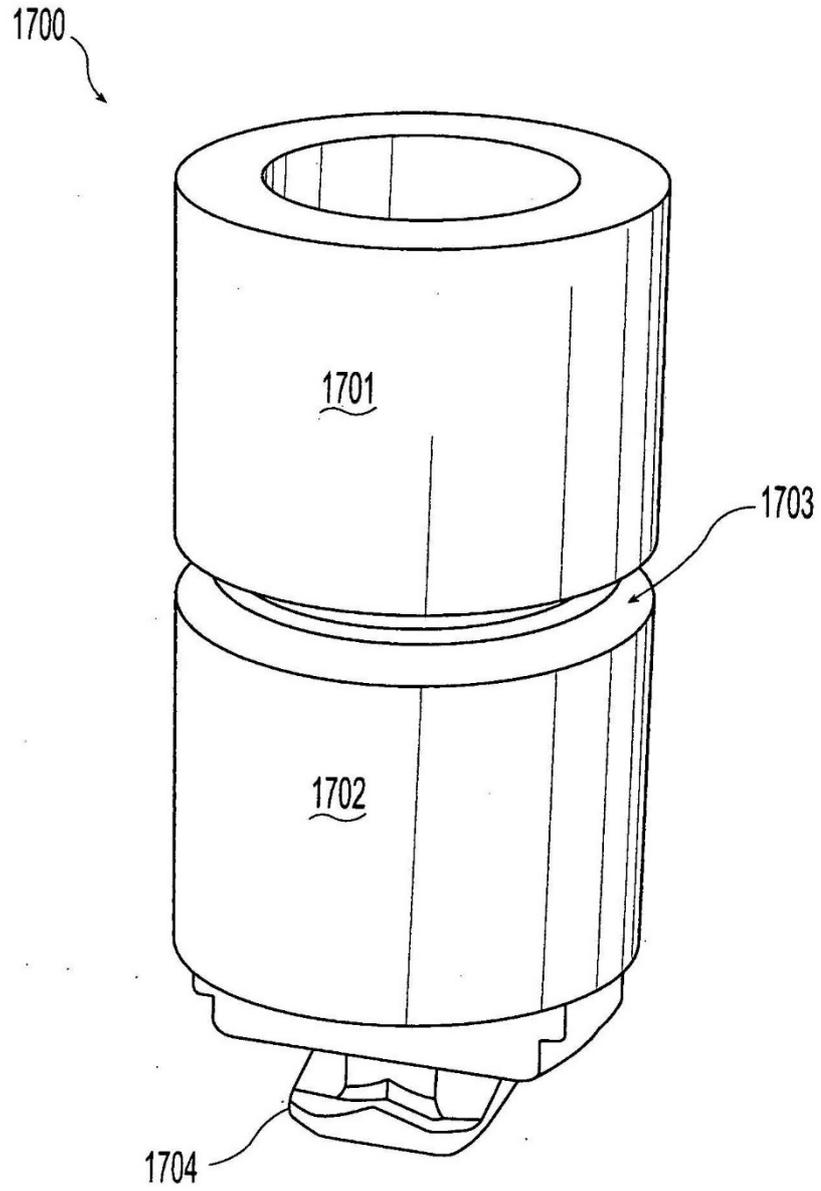


Fig. 18

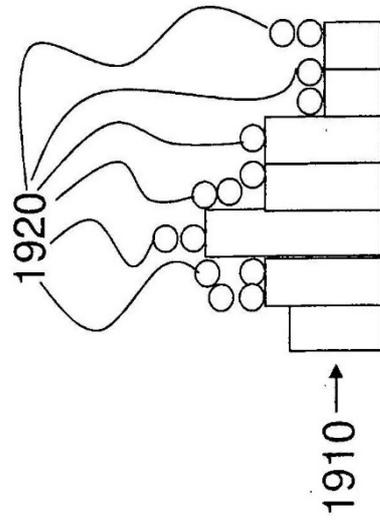


FIG. 19A

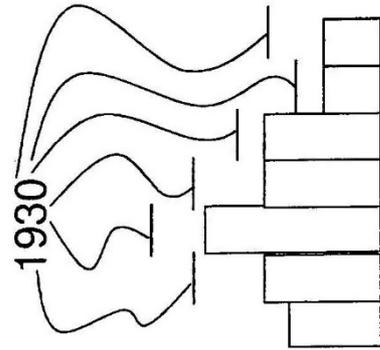


FIG. 19B

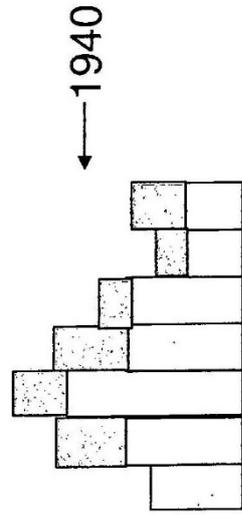


FIG. 19C

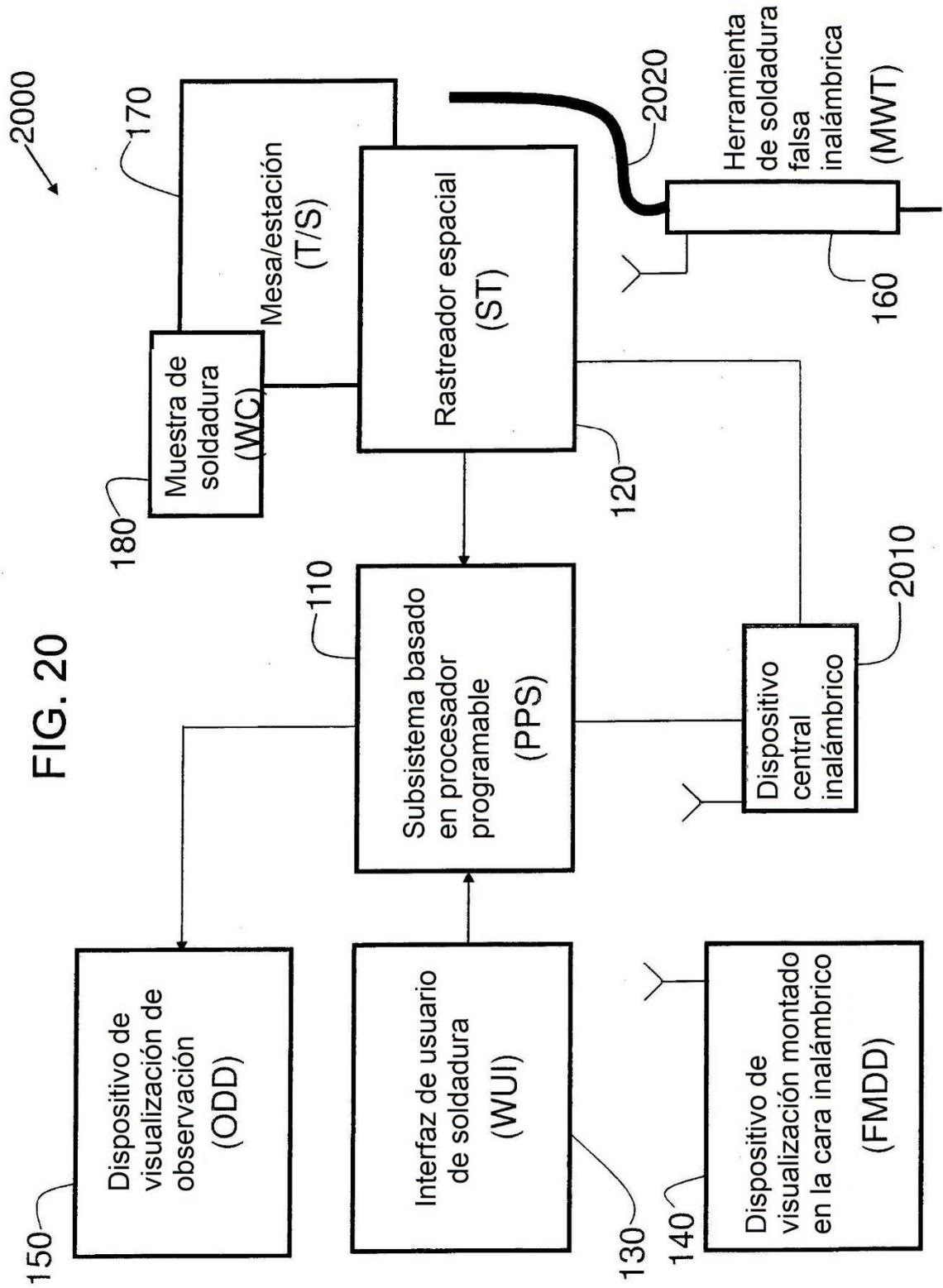


FIG. 21

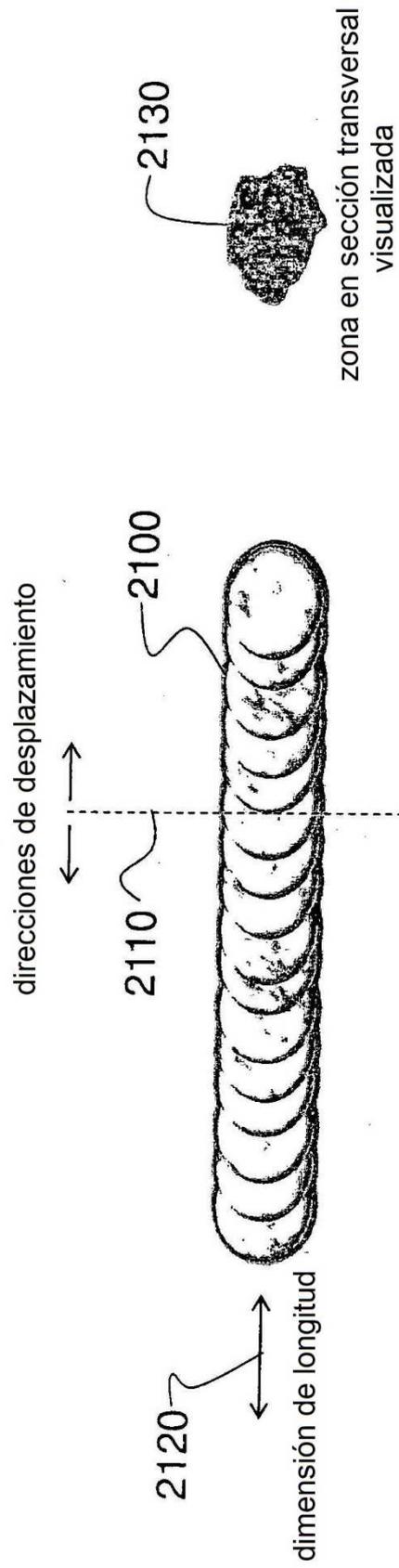


FIG. 22

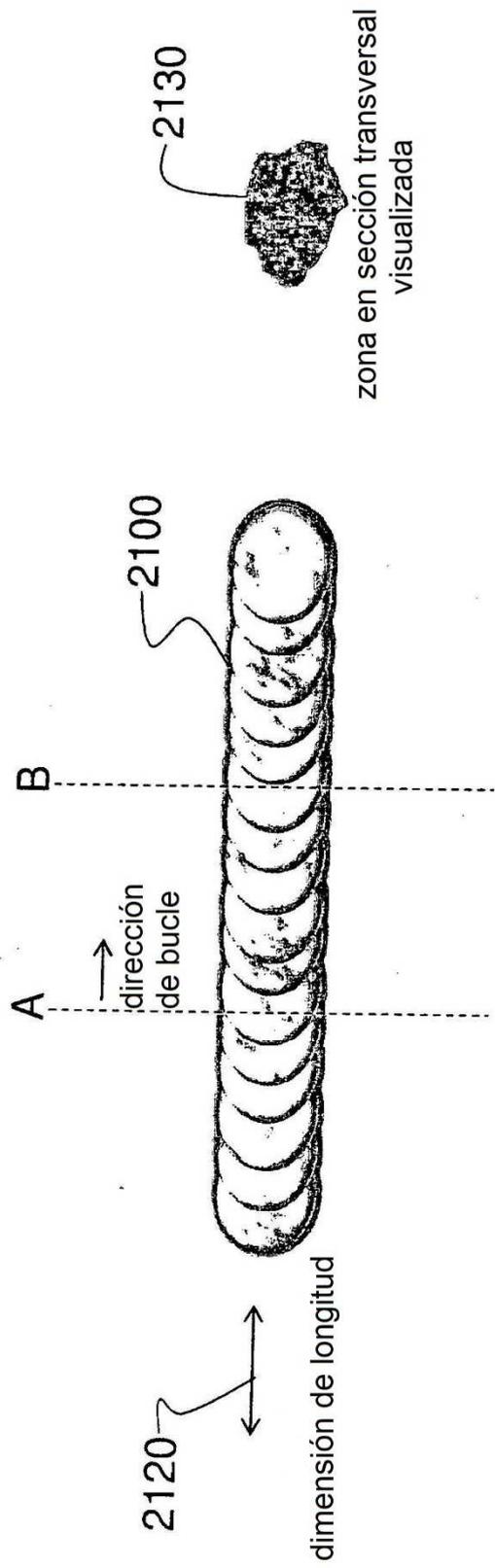
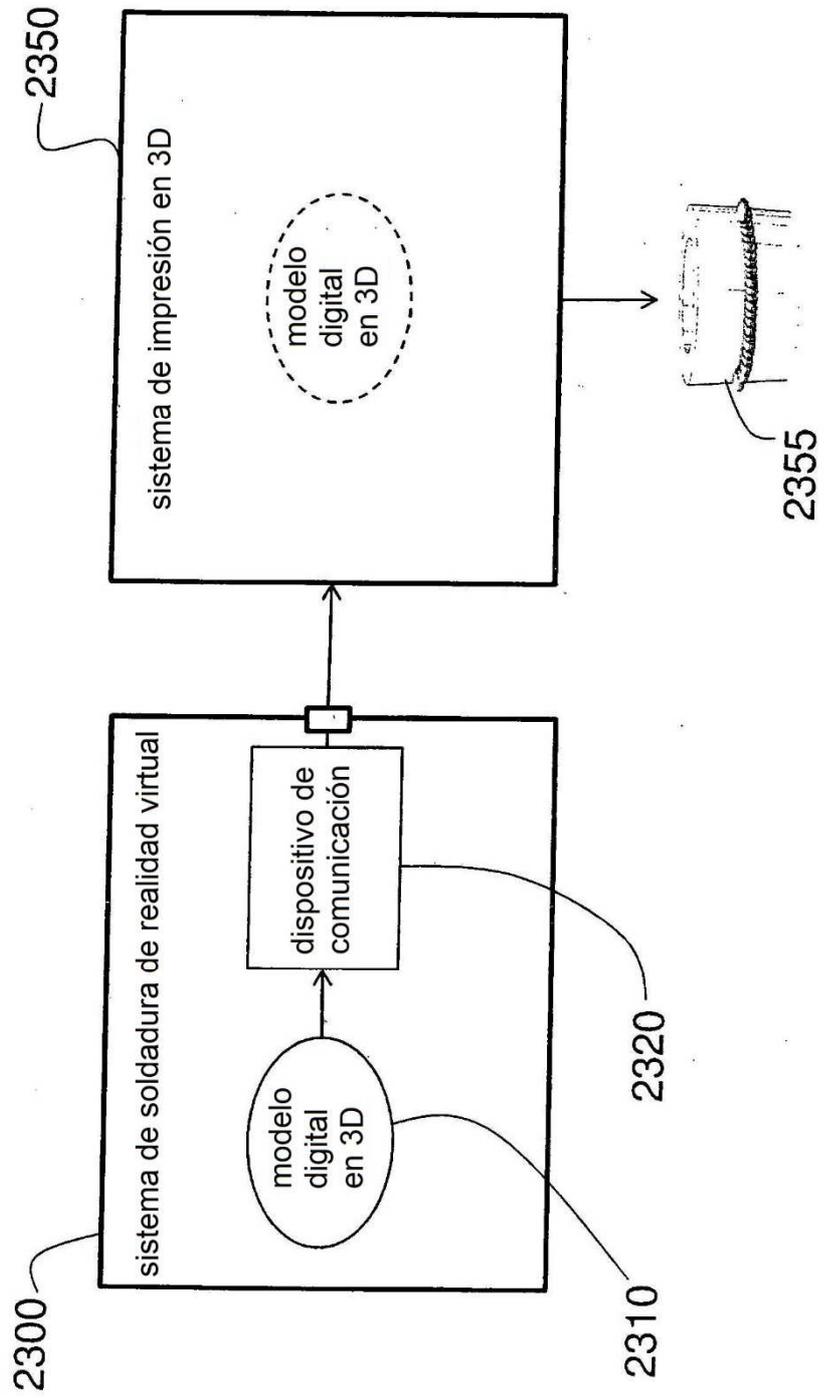


FIG. 23



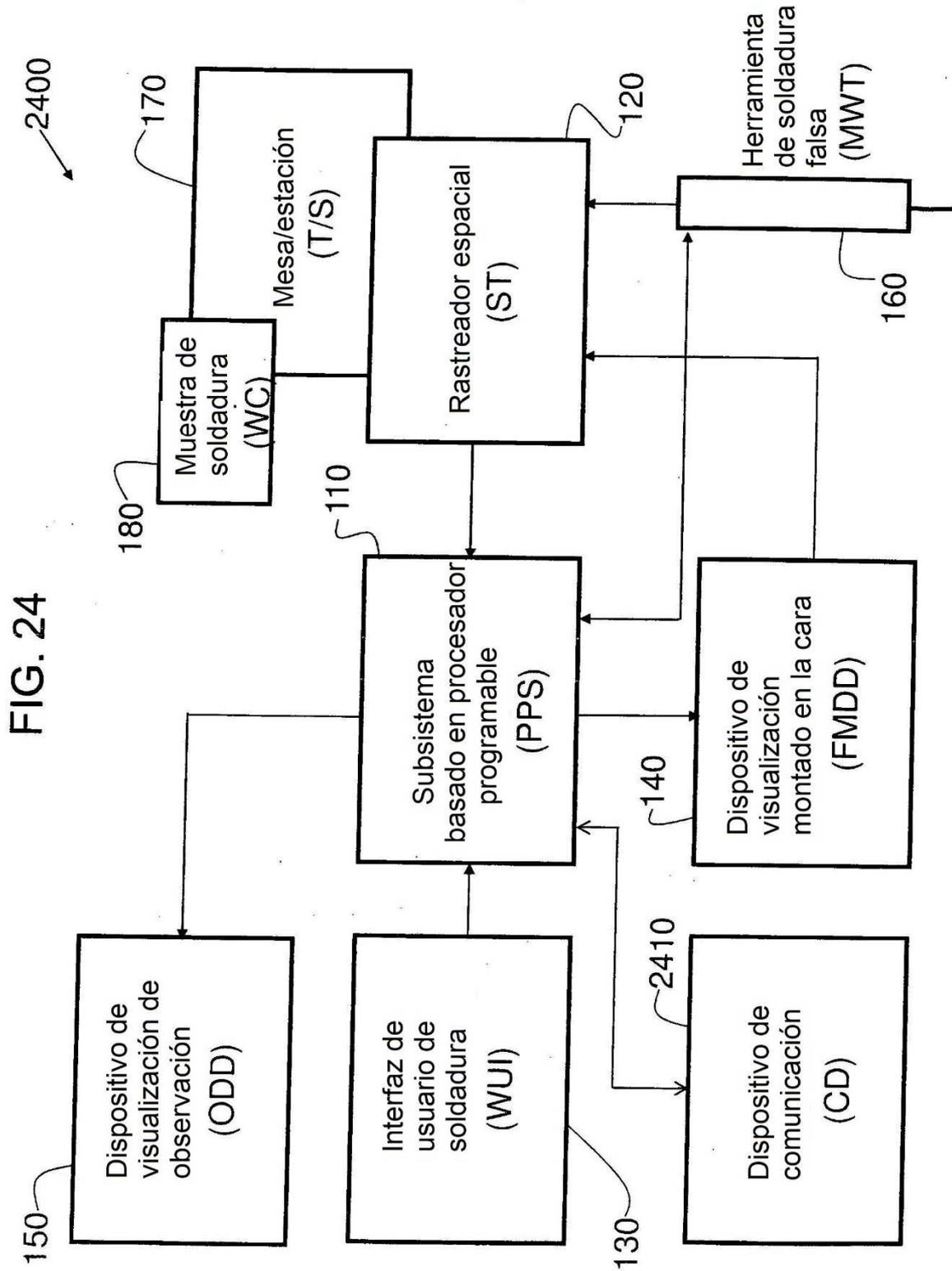


FIG. 25

