

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 800 502**

51 Int. Cl.:

**G09B 19/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.07.2013 PCT/IB2013/001484**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.01.2014 WO14009789**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.07.2013 E 13753204 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2020 EP 2873068**

54 Título: **Simulador de soldadura de tubería de realidad virtual y configuración**

30 Prioridad:

**10.07.2012 US 201261669713 P**  
**11.03.2013 US 201313792314**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**30.12.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**POSTLETHWAITE, DEANNA;**  
**WALLACE, MATTHEW, WAYNE;**  
**ZBORAY, DAVID, ANTHONY y**  
**LENKER, ZACHARY, STEVEN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 800 502 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**

Simulador de soldadura de tubería de realidad virtual y configuración

La solicitud de patente estadounidense reivindica la prioridad de la solicitud de patente provisional estadounidense con número de serie 61/669.713 presentada el 10 de julio de 2012.

5 Campo técnico

La presente invención pertenece a sistemas para simular un entorno de soldadura virtual, y más particularmente a entornos de soldadura virtual que simulan la soldadura de tubería y juntas de raíz abierta en tiempo real y la configuración de los mismos.

Antecedentes de la invención

10 Durante décadas, las empresas han enseñado habilidades de soldadura. Tradicionalmente, la soldadura se ha enseñado en un entorno de mundo real, es decir, la soldadura se ha enseñado mediante el impacto real de un arco con un electrodo en una pieza de metal. Los instructores, expertos en la técnica, supervisan el procedimiento de formación realizando correcciones en algunos casos a medida que el aprendiz realiza una soldadura. Mediante instrucción y repetición, un nuevo aprendiz aprende cómo soldar usando uno o más procedimientos. Sin embargo, se  
15 incurre en costes con cada soldadura realizada, que varían dependiendo del procedimiento de soldadura que se enseña.

En los últimos tiempos, se han empleado sistemas de ahorro de costes para formar a soldadores. Algunos sistemas incorporan un analizador de movimiento. El analizador incluye un modelo físico de un conjunto soldado, un electrodo simulado y medios de detección que rastrean el movimiento del electrodo simulado. Se genera un informe que indica  
20 en qué medida la punta de electrodo se desplazó fuera de un intervalo de movimiento aceptable. Sistemas más avanzados incorporan el uso de realidad virtual, que simula la manipulación de un electrodo simulado en un entorno virtual. De manera similar, estos sistemas rastrean la posición y la orientación. Tales sistemas enseñan solo la memoria de músculo, pero no pueden enseñar las habilidades de soldadura más avanzadas requeridas de un soldador experto (véase la solicitud internacional WO-A-2010020870).

25 Breve compendio

Las realizaciones de la presente invención pertenecen a un simulador para facilitar actividad de soldadura virtual según la reivindicación 1 independiente.

Breve descripción de los dibujos

30 La figura 1 es una vista en perspectiva de un operario de usuario final que participa en una actividad de soldadura virtual con un simulador;

la figura 2 es una vista frontal de un simulador;

la figura 3a es un diagrama que muestra posiciones de soldadura de tubería;

la figura 3b es un diagrama que muestra posiciones de soldadura de placa;

la figura 4 es un diagrama de bloques esquemático a modo de ejemplo de una representación de un simulador;

35 la figura 5 es una vista en perspectiva lateral de una herramienta de soldadura falsa;

la figura 6 es una vista ampliada de una interfaz de usuario de soldadura;

la figura 6a es una vista ampliada de un dispositivo de visualización de observador;

la figura 7a es una vista en perspectiva de un dispositivo de visualización personalizado;

la figura 7b es una vista en perspectiva de un dispositivo de visualización personalizado llevado por un usuario final;

40 la figura 7c es una vista en perspectiva de un dispositivo de visualización personalizado montado en un casco de soldadura;

la figura 8 es una vista en perspectiva de un rastreador espacial;

la figura 9 es una vista en perspectiva de una estación para sostener muestras de soldadura;

la figura 9a es una vista en perspectiva de una muestra de soldadura de tubería;

45 la figura 9b es una vista en perspectiva de una muestra de soldadura de tubería montada en la estación;

la figura 10 ilustra una realización a modo de ejemplo de un diagrama de bloques de subsistema de un subsistema basado en procesador lógico;

la figura 11 ilustra una realización a modo de ejemplo de un diagrama de bloques de una unidad de procesamiento gráfico (GPU) del subsistema basado en procesador lógico;

5 la figura 12 ilustra una realización a modo de ejemplo de un diagrama de bloques funcional del simulador;

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;

las figuras 14a-14b ilustran el concepto de un mapa de desplazamiento de pixel de soldadura (wexel);

10 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 simulada en el simulador;

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 de esquina simulada en el simulador;

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 simulada en el simulador;

15 la figura 18 ilustra una realización a modo de ejemplo de la muestra de soldadura de tubería;

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 simulador; y

la figura 20 ilustra una realización a modo de ejemplo de un sistema de soldadura orbital tal como se usa en un entorno de soldadura orbital;

20 la figura 21 ilustra un tractor de soldadura para su uso con el sistema de soldadura orbital de la figura 20;

la figura 22 ilustra una fuente de alimentación y controlador del sistema de soldadura orbital de la figura 20; y

la figura 23 ilustra un dispositivo colgante para su uso con el sistema de soldadura orbital de la figura 20.

#### Descripción detallada de la invención

25 Ahora, haciendo referencia a los dibujos en los que lo que se muestra es solo con fines de ilustrar las realizaciones de la invención y no con fines de limitar la misma, las figuras 1 y 2 muestran un sistema para simular la soldadura representada generalmente con 10, denominado en el presente documento simulador 10 o sistema 10. El simulador 10 es capaz de generar un entorno 15 virtual, que puede representar un entorno de soldadura similar al del mundo real, y puede conocerse como soldadura con arco de realidad virtual (VRAW). Dentro del entorno 15 virtual, el simulador 10 facilita la interacción con uno o más usuarios 12 finales. Se incluye un dispositivo 155 de entrada que  
30 permite que un usuario 12 final participe en la actividad en el mundo real, que se rastrea por el simulador 10 y se traslada a una actividad virtual. El entorno 15 virtual comprende, por tanto, un entorno 15 de soldadura virtual interactivo. Se incluye un dispositivo 200 de visualización que proporciona acceso visual al entorno 15 virtual y a la actividad del usuario 12 final. En una realización, el simulador 10 puede incluir una pantalla 150 de visualización que puede verse por una pluralidad de usuarios 12 finales u otros observadores. Adicionalmente, el simulador 10 puede  
35 incluir un elemento 140 de visualización personalizado adaptado para su uso por un único usuario 12 final, que puede ser un usuario 12a aprendiz o un usuario 12b instructor. En este caso, se observa expresamente que la actividad del usuario 12 final en el mundo real se traslada a la actividad de soldadura virtual y se observa en uno o más elementos 140, 150 de visualización en tiempo real. Tal como se usa en el presente documento, el término "tiempo real" significa percibir y experimentar, en el momento, un entorno virtual de la misma manera que lo percibiría y experimentaría un  
40 usuario 12 final, en el momento, en un entorno de mundo real.

Al generar un entorno 15 de soldadura virtual interactivo, el simulador 10 simula uno o más procedimientos de soldadura para una pluralidad de juntas de soldadura en diferentes posiciones de soldadura, y adicionalmente simula los efectos de diferentes clases de electrodos para la pluralidad de configuraciones de junta. En una realización particular, el simulador 10 genera un entorno 15 de soldadura virtual interactivo que simula soldadura de tubería y/o  
45 soldadura de juntas de raíz abierta. El sistema es capaz de simular un baño de metal fundido de soldadura que tiene características de fluidez de metal fundido en tiempo real y disipación de calor. El simulador 10 también es capaz de modelar la manera en la que la actividad de soldadura virtual afecta a la junta de soldadura, por ejemplo, el material de base subyacente. De manera ilustrativa, el simulador 10 puede simular la soldadura de una pasada de raíz y una pasada en caliente, así como pasadas de relleno y de tapón posteriores, teniendo cada una características que imitan  
50 paralelas a las del mundo real. Cada pasada posterior puede soldar de manera significativamente diferente en comparación con la pasada anterior como resultado de cambios en el material de base realizados durante la pasada anterior y/o como resultado de un electrodo seleccionado de manera diferente. La realimentación en tiempo real del modelo de baño de metal fundido permite que el usuario 12 final observe el procedimiento de soldadura virtual en el

dispositivo 200 de visualización y ajuste o mantenga su técnica a medida que soldadura virtual se realiza. Ejemplos de las clases de indicadores virtuales observados pueden incluir: flujo del baño de metal fundido de soldadura, brillo del baño de metal fundido, cambios de color durante la solidificación de baño de metal fundido, tasa de congelación del baño de metal fundido de soldadura, gradientes de color de sonido de disipación de calor, formación de cordón, patrón de ondas, formación de escoria, mordedura, porosidad, salpicaduras, inclusión de escoria, sobrellenado, orificio de soplado, y oclusiones por nombrar algunos. Ha de comprenderse que las características del baño de metal fundido dependen de, es decir, son sensibles al movimiento del usuario 12 final movimiento del dispositivo 155 de entrada. De esta manera, el baño de metal fundido de soldadura visualizado es representativo de un baño de metal fundido de soldadura del mundo real formado en tiempo real basándose en el procedimiento de soldadura seleccionado y en la técnica de soldadura del usuario 12 final. Además, "huellas de vagón" son la pista visual de defectos de soldadura y de escoria dejados en los acuerdos de la pasada de raíz realizada durante la soldadura de tubería usando el procedimiento de SMAW. La segunda pasada en la soldadura de tubería, denominada pasada en caliente, debe estar lo suficientemente caliente para volver a fundir las huellas de vagón de modo que se eliminan en el conjunto soldado final. Asimismo, las huellas de vagón pueden eliminarse mediante un procedimiento de amolado. Tales huellas de vagón y eliminación de las huellas de vagón se simulan de manera apropiada en el simulador 10 descrito en el presente documento, según una realización de la presente invención.

Continuando con la referencia a las figuras 1 y 2 y ahora también a las figuras 3a y 3b, el simulador 10 puede simular procedimientos de soldadura en diversas posiciones de soldadura y modelar cómo el baño de metal fundido de soldadura reacciona en cada posición. Más específicamente, el simulador 10 puede simular la soldadura de una tubería en posiciones vertical, horizontal y/o inclinada denominadas en la técnica, respectivamente, como posiciones 5G, 2G y 6G. Adicionalmente, el simulador 10 puede simular soldadura en una posición de 1G, que se refiere a la posición horizontal rotatoria de la tubería, o en una posición 4G que se refiere a soldadura bajo techo dado que puede asociarse con una soldadura de ranura en placas de tope. Otras posiciones de soldadura pueden estar relacionadas con la soldadura de juntas de raíz abierta para diversas configuraciones de placa plana. Ha de comprenderse que el simulador 10, que incluye un motor de modelado y análisis que va a describirse en detalle en párrafos posteriores, tiene en consideración los efectos de gravedad sobre el baño de metal fundido de soldadura. Por consiguiente, el baño de metal fundido de soldadura reacciona de manera diferente, por ejemplo, para una tubería de soldadura en una posición 5G que para una posición 6G. Los ejemplos anteriores no deben considerarse como limitativos, sino que se incluyen con fines ilustrativos. Los expertos en la técnica comprenderán fácilmente su aplicación a cualquier junta de soldadura, posición de soldadura, o tipo de conjunto soldado que incluye diferentes clases de material de base.

Ahora, haciendo referencia a las figuras 2 y 4, el simulador 10 incluye un subsistema 110 basado en procesador lógico, que puede programarse y operarse para ejecutar instrucciones codificadas para generar el entorno 15 de soldadura virtual interactivo. El simulador 10 incluye, además, sensores y/o sistemas de sensor, que pueden estar comprendidos por un rastreador 120 espacial, conectado de manera operativa al subsistema 110 basado en procesador lógico. El simulador 10 también incluye una interfaz 130 de usuario de soldadura en comunicación con el subsistema 110 basado en procesador lógico para la configuración y el control del simulador 10. Tal como se comentó anteriormente, se incluye(s) dispositivo(s) 200 de visualización, que pueden comprender un dispositivo 140 de visualización montado en la cara y un dispositivo 150 de visualización de observador, estando cada uno conectado al subsistema 110 basado en procesador lógico que proporciona acceso visual al entorno 15 de soldadura virtual interactivo. Uno o más de el/los dispositivo(s) 200 de visualización puede(n) estar conectado(s) al rastreador 120 espacial para cambiar las imágenes observadas en el dispositivo en respuesta a su posición y/o el movimiento de las mismas, tal como se describe a continuación.

#### Dispositivo de entrada

Ahora, haciendo referencia a la figura 5, tal como se mencionó anteriormente, el simulador 10 incluye un dispositivo 155 de entrada que facilita la interacción con el usuario 12 final. En una realización, el dispositivo 155 de entrada comprende una herramienta 160 de soldadura falsa. La herramienta 160 de soldadura falsa puede estar realizada de manera que se parezca a una herramienta de soldadura del mundo real, tal como, por ejemplo, un portaelectrodos de soldadura manual o una pistola de soldadura que suministra una alimentación continua al electrodo, es decir herramientas de soldadura de MIG, FCAW, o GTAW. Todavía, pueden implementarse otras configuraciones de la herramienta 160 de soldadura falsa sin alejarse del alcance de cobertura previsto de las realizaciones de la invención objeto. Con fines de discusión, las realizaciones de la invención objeto se describirán en el contexto de usar una herramienta 160 de soldadura falsa que se parezca a un portaelectrodos 156 de soldadura manual. La herramienta 160 de soldadura falsa puede parecerse íntimamente a una herramienta de soldadura del mundo real. En una realización particular, la herramienta 160 de soldadura falsa puede tener la misma forma, peso y sensación que una herramienta de soldadura del mundo real. De hecho, una herramienta de soldadura real puede usarse como herramienta 160 de soldadura falsa para proporcionar la sensación real de la herramienta en las manos del usuario, sin embargo, en el simulador 10, la herramienta de soldadura real no se usaría para crear, en realidad, un arco real. De esta manera, el usuario 12 final, que puede ser un usuario 12a aprendiz, se acostumbra a manipular la herramienta de soldadura del mundo real, mejorando de ese modo la experiencia de soldadura virtual. Sin embargo, la herramienta 160 de soldadura falsa puede construirse de cualquier manera elegida con buen juicio.

De manera ilustrativa, la herramienta 160 de soldadura falsa simula una herramienta de soldadura de revestimiento para soldadura de tubería e incluye un portador 161 y un electrodo 162 revestido simulado que se extiende desde el

mismo. El electrodo 162 revestido simulado puede incluir una punta 163 resistiva de manera táctil para simular realimentación resistiva que se produce durante la soldadura en un entorno de mundo real. Si el usuario 12 final mueve el electrodo 162 revestido simulado demasiado fuera de la raíz (se describe en detalle a continuación), el usuario 12 final podrá sentir o detectar la resistencia reducida, derivando de ese modo la realimentación para su uso en el ajuste o mantenimiento del procedimiento de soldadura actual. Se contempla que la herramienta de soldadura de revestimiento puede incorporar un accionador, no se muestra, que extrae el electrodo 162 revestido simulado durante el procedimiento de soldadura virtual. Es decir, que a medida que un usuario 12 final participa en la actividad de soldadura virtual, la distancia entre el portador 161 y la punta del electrodo 162 revestido simulada se reduce para simular el consumo del electrodo. La tasa de consumo, es decir la extracción del electrodo 162 revestido, puede controlarse por el subsistema 110 basado en procesador lógico y más específicamente mediante instrucciones codificadas ejecutadas por el subsistema 110 basado en procesador lógico. La tasa de consumo simulada también puede depender de la técnica del usuario 12 final. Cabe mencionar en este caso que cuando el simulador 10 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 la configuración del simulador 10.

El accionador de la herramienta 160 de soldadura falsa puede accionarse eléctricamente. La energía para activar el accionador puede provenir del simulador 10, a partir de una fuente de alimentación externa o a partir de una energía de batería interna. En una realización, el accionador puede ser un dispositivo electromotriz, tal como un motor eléctrico. Todavía, puede usarse cualquier tipo de accionador o forma de fuerza motriz incluyendo, pero no limitándose a: accionadores electromagnéticos, accionadores neumáticos, accionadores mecánicos o cargados mediante resorte, en cualquier combinación de los mismos.

Tal como se indicó anteriormente, la herramienta 160 de soldadura falsa puede funcionar junto con el rastreador espacial para interactuar con el simulador 10. En particular, la posición y/u orientación de la herramienta 160 de soldadura falsa puede monitorizarse y rastrearse por el rastreador 120 espacial en tiempo real. Por tanto, los datos que representan la posición y orientación pueden comunicarse al subsistema 110 basado en procesador lógico y modificarse o convertirse para su uso según se requiera para interactuar con el entorno 15 de soldadura virtual.

#### Rastreador espacial

Haciendo referencia a la figura 8, se ilustra un ejemplo de un rastreador 120 espacial. El rastreador 120 espacial puede estar en contacto con el subsistema 110 basado en procesador lógico. En una realización, el rastreador 120 espacial puede rastrear la herramienta 160 de soldadura falsa magnéticamente. Es decir, el rastreador espacial genera una envuelta magnética, que se usa para determinar la posición y orientación, así como la velocidad y/o los cambios de velocidad. Por consiguiente, el rastreador 120 espacial incluye una fuente 121 magnética y cable fuente, uno o más sensores 122, software 123 anfitrión en disco, una fuente 124 de alimentación, cables 125 de USB y RS-232, una unidad 126 de rastreo de procesador, y otros cables asociados. La fuente 121 magnética es capaz de estar conectada de manera operativa a la unidad 126 de rastreo de procesador por medio de cables, tal como el sensor 122. La fuente 124 de alimentación también es capaz de estar conectada de manera operativa a la unidad 126 de rastreo de procesador por medio de un cable. La unidad 126 de rastreo de procesador es capaz de estar conectada de manera operativa al subsistema 110 basado en procesador lógico por medio de un cable 125 de USB o RS-232 software 123 anfitrión en disco puede cargarse en el subsistema 110 basado en procesador lógico y permitir una comunicación funcional entre el rastreador 120 espacial y el subsistema 110 basado en procesador lógico.

La fuente 121 magnética crea un campo, o envuelta magnéticos, que rodean la fuente 121 definiendo un espacio tridimensional dentro del que la actividad del usuario 12 final puede rastrearse para interactuar con el simulador 10. La envuelta establece un marco de referencia espacial. Objetos usados dentro de la envuelta, por ejemplo, la herramienta 160 de soldadura falsa y estación de muestras (descritos a continuación), pueden estar comprendidos por material no metálico, es decir no férreo y no conductor, para no distorsionar el campo magnético creado por la fuente 121 magnética. El sensor 122 puede incluir múltiples bobinas de inducción alineadas en direcciones espaciales cruzadas, que pueden estar alineadas de manera sustancialmente ortogonal. Las bobinas de inducción miden la fuerza del campo magnético en cada una de las tres direcciones proporcionando información a la unidad 126 de rastreo de procesador. En una realización, el sensor 122 puede estar unido a la herramienta 160 de soldadura falsa, lo que permite el rastreo de la herramienta 160 de soldadura falsa con respecto al marco de referencia espacial tanto en posición como en orientación. Más específicamente, las bobinas de inducción pueden estar montadas en la punta del electrodo 162. De esta forma, el simulador 10 puede determinar si dentro de la envuelta tridimensional se coloca la herramienta 160 de soldadura falsa. Pueden proporcionarse sensores 122 adicionales y unirse de manera operativa al uno o más dispositivos 200 de visualización. Por consiguiente, el simulador 10 puede usar datos de sensor para cambiar la vista observada por el usuario 12 final en respuesta a los movimientos del usuario 12 final. Como tal, el simulador 10 capta y rastrea la actividad del usuario 12 final en el mundo real para trasladarla al entorno 15 de soldadura virtual.

Según una realización alternativa de la presente invención, el/los sensor(es) 122 pueden estar en contacto de manera inalámbrica con la unidad 126 de rastreo de procesador, y la unidad 126 de rastreo de procesador puede estar en contacto de manera inalámbrica con el subsistema 110 basado en procesador lógico. Según otras realizaciones alternativas de la presente invención, pueden usarse otros tipos de rastreadores 120 espaciales en el simulador 10 que incluyen, por ejemplo, un rastreador basado en acelerómetro/giroscopio, un rastreador óptico, un rastreador de

infrarrojos, un rastreador acústico, un rastreador láser, un rastreador de frecuencia de radio, un rastreador inercial, un rastreador óptico activo o pasivo, y sistemas de rastreo basados en realidad aumentada. Todavía, pueden usarse otros tipos de rastreadores sin alejarse del alcance de cobertura previsto de la realización de la invención objeto.

Dispositivo de visualización

5 Ahora, haciendo referencia a la figura 7a, se describirá un ejemplo del dispositivo 140 de visualización montado en la cara. El dispositivo 140 de visualización montado en la cara puede estar integrado en un casco 900 de soldadura, tal como se muestra en la figura 7c o alternativamente puede estar montado de manera independiente tal como se muestra en la figura 7b. El dispositivo 140 de visualización montado en la cara puede incluir dos micropantallas OLED SVGA 3D de alto contraste que pueden suministrar vídeo de movimiento completo fluido en modos de vídeo  
 10 secuenciales de trama y 2D. Imágenes virtuales, por ejemplo, vídeo, del entorno 15 de soldadura virtual se proporcionan y visualizan en el dispositivo 140 de visualización montado en la cara. En una realización de la invención objeto, el subsistema 110 basado en procesador lógico proporciona vídeo estereoscópico al dispositivo 140 de visualización montado en la cara, lo que mejora la percepción de profundidad del usuario. Las imágenes estereoscópicas pueden producirse mediante una unidad de procesamiento lógico, que puede ser una unidad de procesamiento gráfico descrita en detalle a continuación. Un modo de zoom, por ejemplo, 2X, también puede proporcionarse, lo que permite a un usuario simular una placa convertidora. El dispositivo 140 de visualización montado en la cara se conecta de manera operativa al subsistema 110 basado en procesador lógico y al rastreador 120 espacial por medio de medios por cable o inalámbricos. Un sensor 122 del rastreador 120 espacial puede estar unido al dispositivo 140 de visualización montado en la cara o al casco 900 de soldadura, permitiendo de ese modo  
 15 que el dispositivo 140 de visualización montado en la cara se rastree con respecto al marco de referencia espacial en 3D creado por el rastreador 120 espacial. De esta forma, el movimiento del casco 900 de soldadura altera de manera sensible la imagen vista por el usuario 12 final en un entorno de realidad virtual tridimensional.

25 El dispositivo 140 de visualización montado en la cara también puede funcionar para solicitar y visualizar artículos de menú similares a los del dispositivo de 150 visualización de observador, tal como se describirá posteriormente. De esta manera, un usuario final, por tanto, puede usar un control sobre la herramienta 160 de soldadura falsa (por ejemplo, un botón o conmutador) para activar y seleccionar opciones del menú. Esto puede permitir que el usuario resetee fácilmente una soldadura si ha cometido un error, cambiar determinados parámetros, o retroceder para rehacer una parte de una trayectoria de cordón de soldadura, por ejemplo.

30 El dispositivo 140 de visualización montado en la cara puede incluir, además, altavoces 910, que permiten al usuario escuchar sonidos de entorno y relacionados soldadura simulados producidos por el simulador 10. La funcionalidad de contenido de sonidos y los sonidos de soldadura proporcionan tipos de sonidos de soldadura particulares que cambian dependiendo de si determinados parámetros de soldadura se encuentran dentro de tolerancia o fuera de tolerancia. Los sonidos se adaptan 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 agrietado cuando el usuario no tiene la herramienta 160 de soldadura falsa colocada correctamente, y se proporciona un sonido de siseo cuando la herramienta 160 de soldadura falsa está colocada correctamente. En un procedimiento de soldadura con arco corto, un se proporciona un sonido de siseo cuando se produce mordedura. Estos sonidos imitan sonidos del mundo real correspondientes a técnicas de soldadura correctas e incorrectas.

35 Un contenido de sonido de alta fidelidad puede tomarse de grabaciones del mundo real de soldadura real usando una variedad de medios electrónicos y mecánicos. El volumen y dirección percibidos del sonido se modifican dependiendo de la posición, orientación, y distancia de la cabeza del usuario final, es decir el dispositivo 140 de visualización montado en la cara, con respecto al arco simulado entre la herramienta 160 de soldadura falsa y la muestra 175 de soldadura. El sonido puede proporcionarse al usuario por medio de altavoces 910, que pueden ser altavoces de audífono o cualquier otro tipo de altavoces o dispositivo de generación de sonido, montado en el dispositivo 140 de visualización montado en la cara o alternativamente montado en el cuadro 135 de control y/o estación 170. Todavía, puede elegirse cualquier manera de presentar sonido al usuario 12 final al tiempo que participa en la actividad de soldadura virtual. También se observa en este caso que pueden comunicarse otros tipos de información de sonido a través de los altavoces 910. Ejemplos incluyen instrucciones verbales procedentes del usuario 12b de instructor, o bien en tiempo real o por medio de mensajes pregrabados. Los mensajes pregrabados pueden activarse automáticamente mediante la actividad de soldadura virtual particular. Las instrucciones en tiempo real pueden generarse en el sitio o desde una ubicación remota. Todavía, cualquier tipo de mensaje o instrucción puede entregarse al usuario 12 final.

Cuadro de control

40 Ahora, haciendo referencia a las figuras 2, 6 y 7, el simulador 10 puede incluir un cuadro 135 de control que aloja uno o más componentes del simulador 10. En una realización, el cuadro 135 de control puede construirse para parecerse a una fuente de alimentación de soldadura. Es decir, que la forma y tamaño del cuadro 135 de control pueden coincidir con las de un dispositivo del mundo real. El funcionamiento del simulador 10 puede facilitarse por una interfaz 130 de unidad de soldadura, que puede estar realizada de manera que se parezca a botones 133, 134 giratorios, diales y/o conmutadores de fuente de alimentación de soldadura. El simulador 10 puede incluir, además, un elemento de visualización, que puede ser el dispositivo 200 de visualización. Las instrucciones codificadas, es decir software,  
 55  
 60

instaladas en el simulador 10 pueden dirigir la interacción del usuario 12 final con el simulador 10 visualizando instrucciones y/u opciones de menú sobre la pantalla 200 de visualización. La interacción con el simulador 10 puede incluir funciones relacionadas con: actividad administrativa o configuración y activación de la simulación. Esto puede incluir la selección de un procedimiento de soldadura y tipo de electrodo particulares, así como una configuración parcial que incluye la posición de soldadura. Las selecciones realizadas por la interfaz 130 de unidad de soldadura se reflejan en el dispositivo 200 de visualización.

La figura 6 ilustra una realización a modo de ejemplo del cuadro 135 de control y la interfaz 130 de usuario de soldadura. La interfaz 130 de unidad de soldadura puede incluir un conjunto de botones 131 correspondientes a las selecciones 153 de usuario usadas durante la configuración y operación del simulador 10. Los botones 131 pueden estar coloreados para corresponder con los colores de las selecciones 153 de usuario visualizadas en el dispositivo 200 de visualización. Cuando se presiona uno de los botones 131, se envía una señal al subsistema 110 basado en procesador lógico para activar la función correspondiente. La interfaz 130 de unidad de soldadura también puede incluir una palanca 132 de control que puede usarse por un usuario para seleccionar diversos parámetros y selecciones visualizados en el dispositivo 200 de visualización. La interfaz 130 de unidad de soldadura incluye, además, un dial o botón 133 giratorio, que, de manera a modo de ejemplo, puede usarse para el ajuste de velocidad de alimentación de cable/amps, y otro dial o botón 134 giratorio para el ajuste de voltios/desbastado. La interfaz 130 de unidad de soldadura también incluye un dial o botón 136 giratorio para seleccionar un procedimiento de soldadura con arco. Según una realización de la presente invención, tres procedimientos de soldadura con arco pueden seleccionarse, incluyendo soldadura con arco con relleno de fundente (FCAW), soldadura con arco con gas activo (GMAW), y soldadura con arco con electrodo revestido (SMAW). La interfaz 130 de unidad de soldadura incluye, además, un dial o botón 137 giratorio para seleccionar una polaridad de soldadura. Según una realización de la presente invención, tres polaridades de soldadura con arco pueden seleccionarse incluyendo corriente alterna (CA), corriente continua positiva (CC+), y corriente continua negativa (CC-). Todavía, pueden incorporarse otros procedimientos de soldadura y características de configuración en el simulador 10 sin alejarse del alcance de cobertura previsto de las realizaciones de la invención objeto, que incluye, pero no se limita a soldadura de TIG. A partir de lo anteriormente mencionado, se observará fácilmente que la configuración del simulador 10 es una configuración paralela de un dispositivo del mundo real.

La funcionalidad 1213 de interfaz de usuario gráfica (véase la figura 12) permite que un usuario, que puede verse por medio del dispositivo de 150 visualización de observador y que usa la palanca 132 de control de la interfaz 130 de usuario física, configure una situación de soldadura. La configuración de una situación de soldadura puede incluir seleccionar una lengua, introducir un nombre final de usuario, seleccionar una placa de práctica (por ejemplo una muestra de soldadura, placa en T, placa plana), seleccionar un procedimiento de soldadura (por ejemplo, FCAW, GMAW, SMAW, TIG) y pulverización axial, impulso, o modo de transferencia de arco corto asociados, seleccionar un tipo de gas y caudal de flujo, seleccionar un tipo de electrodo revestido (por ejemplo, E6010 o E7018), y seleccionar un tipo de cable relleno de fundente (por ejemplo, de autoprotección, de protección por gas). La configuración de una situación de soldadura también puede incluir configurar una estación 170 de muestras que va a comentarse en detalle a continuación. 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 una velocidad de alimentación de cable, configurar un nivel de tensión, seleccionar una polaridad, y activar o desactivar indicios visuales particulares. En este caso, se observa que, en una realización, pueden incorporarse limitaciones en el simulador 10, que pueden ser limitaciones de software, que impiden la operación de una situación de soldadura dada hasta que se han introducido apropiadamente los ajustes apropiados para un procedimiento seleccionado. De esta forma, aprendices 12a de usuario se enseñan o aprenden el intervalo adecuado de ajustes de soldadura del mundo real configurando situaciones de soldadura virtuales.

Por consiguiente, el dispositivo 200 de visualización refleja la actividad correspondiente a las selecciones 153 de usuario final incluyendo menú, acciones, indicios visuales, nueva configuración de muestra, y puntuación. Estas selecciones de usuario pueden estar relacionadas con botones de usuario en el cuadro 135 de control. A medida que un usuario realiza diversas selecciones por medio del dispositivo 200 de visualización, las características visualizadas pueden cambiar para proporcionar información seleccionada y otras opciones al usuario. Sin embargo, el dispositivo 200 de visualización, que puede ser un dispositivo de 150 visualización de observador, puede tener otra función, que es visualizar imágenes virtuales observadas por el usuario 12 final durante el funcionamiento del simulador 10, es decir, al tiempo que participan en la actividad de soldadura virtual. El dispositivo 200 de visualización puede estar configurado para ver la misma imagen que ve el usuario 12 final. Alternativamente, el dispositivo 200 de visualización también puede usarse para visualizar una vista diferente, o diferentes perspectivas de la actividad de soldadura virtual.

En una realización, el dispositivo 150, 200 de visualización puede usarse para reproducir la actividad de soldadura virtual almacenada electrónicamente en dispositivos 300 de almacenamiento de datos, mostrados en la figura 10. Los datos que representan la actividad del usuario 12 final de soldadura virtual pueden almacenarse para: reproducción y revisión, descargarse con fines de archivado y/o transmitirse a ubicaciones remotas para su observación y evaluación en tiempo real. Al reproducir la actividad de soldadura virtual, detalles tales la fluidez del como baño de metal fundido de soldadura de la soldadura, la velocidad de desplazamiento, así como estados 152 de discontinuidad que incluyen, por ejemplo, tamaño de soldadura inapropiado, mala colocación de cordón, cordón cóncavo, exceso de convexidad, mordedura, porosidad, fusión incompleta, inclusión de escoria, salpicaduras en exceso, y perforación, pueden representarse. La mordedura también puede visualizarse, que es el resultado de un ángulo fuera de tolerancia.

Además, la porosidad puede visualizarse provocada por el movimiento del arco demasiado lejos del conjunto soldado. De esta manera, el simulador 10 es capaz de reproducir parte o toda la actividad de soldadura virtual particular, el modelado todos los aspectos de la situación de soldadura virtual incluyendo oclusiones y defectos relacionados directamente con la actividad del usuario final.

5 Haciendo referencia a la figura 6a, el simulador 10 también es capaz de analizar y visualizar los resultados de la actividad de soldadura virtual. Mediante análisis de los resultados, se entiende que el simulador 10 es capaz de determinar cuándo durante la pasada de soldadura y dónde a lo largo de las juntas de soldadura, el usuario 12 final se desvía de los límites aceptables del procedimiento de soldadura. Una puntuación puede atribuirse al rendimiento del usuario 12 final. En una realización, la puntuación puede ser en función de la desviación en posición, orientación y velocidad de la herramienta 160 de soldadura falsa a través de intervalos de tolerancias, que puede extenderse desde una pasada de soldadura ideal hasta una actividad de soldadura marginal o inaceptable. Cualquier gradiente de intervalos puede incorporarse en el simulador 10 según se elija para la puntuación del rendimiento del usuario 12 final. La puntuación puede visualizarse numéricamente o alfanuméricamente. Adicionalmente, el rendimiento del usuario 12 final puede visualizarse gráficamente mostrando, en tiempo y/o posición a lo largo de la junta de soldadura, cómo de cerca ha atravesado la herramienta de soldadura falsa la junta de soldadura. Parámetros tales como ángulo de desplazamiento, ángulo de funcionamiento, 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 a partir de datos de soldadura del mundo real, proporcionando de ese modo una realimentación precisa sobre cómo trabajará el usuario final en el mundo real. En otra realización, el análisis de los defectos correspondientes al rendimiento del usuario 12 final también pueden incorporarse y visualizarse en el dispositivo 150, 200 de visualización. 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 puede que las oclusiones no sean visibles en el dispositivo 200 de visualización, seguirán habiéndose producido defectos como resultado del rendimiento del usuario 12 final, cuyos resultados siguen pudiendo visualizarse de manera correspondiente, es decir representarse gráficamente.

El dispositivo 200 de visualización también puede usarse para visualizar información de tutorial usada para formar a un usuario 12 final. Ejemplos de información de tutorial pueden incluir instrucciones, que pueden visualizarse gráficamente representadas por vídeo o fotografías. Adicionalmente, las instrucciones pueden ser por escrito o presentadas en formato de audio, mencionado anteriormente. Tal información puede almacenarse y mantenerse en los dispositivos 300 de almacenamiento de datos. En una realización, el simulador 10 es capaz de visualizar escenas de soldadura virtual que muestran 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, denominados en el presente documento indicios visuales.

En una realización, pueden usarse comunicaciones remotas para proporcionar instrucciones virtuales por personal fuera del sitio, es decir, usuarios remotos, que trabajan desde dispositivos construidos de manera similar o de manera no similar, es decir simuladores. La representación de un procedimiento de soldadura virtual puede lograrse por medio de una conexión de red que incluye, pero no se limita a internet, LAN, y otros medios de transmisión de datos. Los datos que representan una soldadura particular (incluyendo variables de rendimiento) pueden enviarse a otro sistema que puede visualizar la imagen virtual y/o datos de soldadura. Debe observarse que los datos transmitidos son lo suficientemente detallados para permitir que el/los usuario(s) remoto(s) analicen el rendimiento del soldador. Los datos enviados a un sistema remoto pueden usarse para generar un entorno de soldadura virtual, recreando de ese modo un procedimiento de soldadura particular. Todavía, puede implementarse cualquier forma de comunicar datos de rendimiento o actividad de soldadura virtual a otro dispositivo sin alejarse del alcance de cobertura previsto de las realizaciones de la invención objeto.

#### 45 Muestra de soldadura

Ahora, haciendo referencia a las figuras 1, 9a y 9b, el simulador 10 puede incluir una muestra 175 de soldadura que se parece a secciones de tubería yuxtapuestas para formar una junta 176 de soldadura. La muestra 175 de soldadura puede funcionar junto con el simulador 10 que sirve de guía para el usuario 12 final al tiempo que participa en la actividad de soldadura virtual. Puede usarse una pluralidad de muestras 175 de soldadura, es decir, intercambiarse para su uso en un ciclo dado de actividad de soldadura virtual. Los tipos de muestras de soldadura pueden incluir secciones de tubería cilíndricas, segmentos de tubería en arco, placa plana y juntas de soldadura de placa en T, por nombrar algunos. En una realización, cada una de las muestras de soldadura puede incorporar juntas de raíz abierta o ranuras. Sin embargo, cualquier configuración de juntas de soldadura puede incorporarse en una muestra de soldadura sin alejarse del alcance de cobertura previsto de las realizaciones de la invención objeto.

55 Las dimensiones de las muestras 175 de soldadura pueden variar. Para la tubería cilíndrica, el intervalo de diámetros interiores puede extenderse desde 3,81 cm (1,5 pulgadas) (diámetro interior) hasta 45,72 cm (18 pulgadas) (diámetro interior). En una realización particular, el intervalo de diámetros interiores puede superar 45,72 cm (18 pulgadas). En otra realización, segmentos de tubería en arco pueden tener un radio característico en el intervalo que se extiende desde 3,81 cm (1,5 pulgadas) (diámetro interior) hasta y que supere 45,72 cm (18 pulgadas) (diámetro interior). Además, ha de comprenderse que puede utilizarse cualquier diámetro interior de muestra 175 de soldadura, tanto aquellos menores de 3,81 cm (1,5 pulgadas) como aquellos que superan 45,72 cm (18 pulgadas). En un sentido

práctico, puede usarse cualquier tamaño de muestra 175 de soldadura siempre y cuando la muestra 175 de soldadura, o una parte de la muestra 175 de soldadura, encaje dentro de la envuelta generada por el rastreador 120 espacial. Una placa plana también puede extenderse hasta y superar 18 pulgadas de longitud. Todavía, ha de comprenderse que los límites dimensionales superiores de una muestra 175 de soldadura solo se limitan por el tamaño y resistencia del campo de detección generado por el rastreador 120 espacial y su capacidad de colocarse con respecto a la muestra 175 de soldadura. Debe considerarse que todas tales variaciones se encuentran dentro del alcance de cobertura de las realizaciones de la invención objeto.

Tal como se mencionó anteriormente, la muestra 175 de soldadura puede construirse a partir de un material que no interfiere con el rastreador 120 espacial. Para rastreadores espaciales que generan un campo magnético, la muestra 175 de soldadura puede construirse a partir de un material no ferros y no conductor. Sin embargo, puede elegirse cualquier tipo de material que sea adecuado para su uso con el tipo de rastreador 120 espacial u otros sensores seleccionados.

Haciendo referencia a las figuras 9a y 9b, la muestra 175 de soldadura puede construirse de modo que se ajusta en una mesa 170 o estación, que funciona (al menos en parte) para mantener la muestra 175 de soldadura constante con respecto al rastreador 120 espacial. Por consiguiente, la muestra 175 de soldadura puede incluir una parte 177 de conexión o conector 177. La parte 177 de conexión puede extenderse desde un lado de la muestra 175 de soldadura, que tal como se muestra puede ser el lado inferior, y recibirse en un dispositivo de interbloqueo mecánico incluido con la estación 170. Se apreciará que la orientación a la que se inserta la muestra 175 de soldadura en la estación 170 puede necesitar ser constante, es decir repetirse, para coincidir íntimamente con el conjunto soldado virtual, es decir, tubería, creada dentro del entorno 15 de soldadura virtual. De esta manera, siempre y cuando el simulador 10 esté al tanto de cuánto ha cambiado la posición de la muestra 175 de soldadura, los ajustes al homólogo virtual pueden realizarse de manera acorde. Por ejemplo, durante la configuración, el usuario 12 final puede seleccionar el tamaño de tubería en el que va a soldarse. El usuario 12 final puede insertar entonces la muestra 175 de soldadura apropiada en la estación 170, bloqueándola en posición. Posteriormente, el usuario 12 final puede elegir una posición de soldadura deseada realizando la selección por medio de la interfaz 130 de usuario de soldadura. Tal como se describirá a continuación, la estación 170 puede entonces inclinarse o ajustarse a la posición la muestra 175 de soldadura en cualquiera de las posiciones de soldadura reconocidas por el simulador 10. Obviamente, se apreciará que el ajuste de la posición de la muestra 175 de soldadura también ajusta la posición del rastreador 120 espacial, conservando de ese modo la posición relativa de la muestra 175 de soldadura dentro del campo de rastreo de sensor.

La figura 9 representa una realización de la estación 170. La estación 170 puede incluir una mesa 171 ajustable, una estación 172 base, un brazo 173 ajustable, y un poste 174 vertical. La mesa 171 y el brazo 173 se unen respectivamente al poste 174 vertical. Cada uno de la mesa 171 y el brazo 173 pueden ajustarse a lo largo de la altura del poste 174 vertical, lo que puede incluir hacia arriba, hacia abajo, y/o movimiento de rotación con respecto al poste 174 vertical. El brazo 173 se usa para mantener la muestra 175 de soldadura, en una manera consistente con la comentada en el presente documento. La mesa 171 puede ayudar al usuario 12 final permitiendo que sus brazos descansen sobre la mesa 171 durante el uso. En una realización particular, el poste 174 vertical se indexa con la información de posición de manera que un usuario puede conocer exactamente dónde se colocan el brazo 173 y la mesa 171. Esta información también puede introducirse en el simulador 10 mediante la interfaz 130 de usuario de soldadura y el dispositivo 150 de visualización durante la configuración.

Se contempla una realización alternativa de la invención objeto en la que las posiciones de la mesa 171 y el brazo 173 se ajustan automáticamente en respuesta a selecciones realizadas durante la configuración del simulador 10. En esta realización, las selecciones realizadas por medio de la interfaz 130 de usuario de soldadura pueden comunicarse al subsistema 110 basado en procesador lógico. Los accionadores y sensores de realimentación empleados por la estación 170 pueden controlarse por el subsistema 110 basado en procesador lógico para colocar la muestra 175 de soldadura sin mover físicamente el brazo 173 o la mesa 171. En una realización, los accionadores y sensores de realimentación pueden comprender servomotores accionados eléctricamente. Sin embargo, cualquier dispositivo locomotor puede usarse para ajustar automáticamente la posición de la estación 170 según se ha elegido con criterios de ingeniería válidos. De esta manera, el procedimiento de configuración de la muestra 175 de soldadura es automático y no requiere ajuste manual por el usuario 12 final.

Otra realización de la invención objeto incluye el uso de dispositivos inteligentes usados junto con la muestra 175 de soldadura, denominada en el presente documento muestras 175 "inteligentes". En esta realización, la muestra 175 de soldadura incluye un dispositivo que tiene información sobre esa muestra 175 de soldadura particular que puede detectarse por la estación 170. En particular, el brazo 173 puede incluir detectores que leen datos almacenados en o dentro del dispositivo ubicado en la muestra 175 de soldadura. Ejemplos pueden incluir el uso de datos digitales codificados en un sensor, por ejemplo, dispositivo microelectrónico, que puede leer de manera inalámbrica cuando se lleva a las proximidades de los detectores. Otros ejemplos pueden incluir el uso de dispositivos pasivos tales como códigos de barras. Todavía, puede elegirse cualquier manera de comunicar información de manera inteligente sobre la muestra 175 de soldadura al subsistema 110 basado en procesador lógico con criterios de ingeniería válidos.

Los datos almacenados en la muestra 175 de soldadura pueden indicar automáticamente, al simulador 10, la clase de muestra 175 de soldadura que se ha insertado en la estación 170. Por ejemplo, una muestra de tubería de 5,08 cm (2 pulgadas) puede incluir información relacionada con su diámetro. Alternativamente, una muestra de placa plana puede

incluir información que indica la clase de junta de soldadura incluida en la muestra, por ejemplo, junta de soldadura de ranura o una junta de soldadura inferior, así como sus dimensiones físicas. De esta manera, la información sobre la muestra 175 de soldadura puede usarse para automatizar esa parte de la configuración del simulador 10 relacionada para seleccionar e instalar una muestra 175 de soldadura.

5 La funcionalidad 1208 de calibración (véase la figura 12) proporciona la capacidad de emparejar componentes físicos en el espacio del mundo real (marco de referencia en 3D) con componentes visuales en el entorno 15 de soldadura virtual. Cada tipo de muestra 175 de soldadura diferente se calibra en la fábrica montando la muestra 175 de soldadura en el brazo 173 de la estación 170 y tocando la muestra 175 de soldadura en puntos 179 predefinidos (indicados por, por ejemplo, tres hoyos 179 en la muestra 175 de soldadura) con una pluma de calibración conectada de manera operativa a la estación 170. El simulador 10 lee las intensidades de campo magnético en los puntos 179 predefinidos, proporciona información de posición al subsistema 110 basado en procesador lógico, y el subsistema 110 basado en procesador lógico usa la información de posición para realizar la calibración (es decir, el traslado del espacio del mundo real al espacio de realidad virtual).

15 Cualquier parte del mismo tipo de muestra 175 de soldadura, por consiguiente, se ajusta en el brazo 173 de la estación 170 de la misma manera repetible dentro de tolerancias muy ajustadas. Por tanto, una vez realidad virtual un tipo muestra 175 de soldadura particular, la calibración repetida de muestras similares no es necesaria, es decir, la calibración de un tipo de muestra 175 de soldadura particular es una situación de una vez. Dicho de otro modo, las muestras 175 de soldadura del mismo tipo son intercambiables. La calibración garantiza que la realimentación física percibida por el usuario durante un procedimiento de soldadura coincide con lo que se visualiza por el usuario en el espacio de realidad virtual, haciendo que la simulación parezca más real. Por ejemplo, si el usuario desliza la punta de una herramienta 160 de soldadura falsa alrededor de la esquina de una muestra 175 de soldadura real, el usuario verá la punta deslizándose alrededor de la esquina de la muestra de soldadura virtual en el dispositivo 200 de visualización cuando el usuario siente que la punta se está deslizando alrededor de la esquina real. Según una realización de la presente invención, la herramienta 160 de soldadura falsa también puede colocarse en una plantilla colocada previamente y calibrarse de una manera similar, basándose en la posición de la plantilla conocida.

25 Según otra realización de la invención objeto, las muestras “inteligentes” pueden incluir sensores que permiten que el simulador 10 rastree el punto de calibración predefinido, o las esquinas de la muestra “inteligente”. Los sensores pueden estar montados en la muestra 175 de soldadura en la ubicación precisa de los puntos de calibración predefinidos. Sin embargo, puede elegirse cualquier manera de comunicar datos de calibración al simulador 10. Por consiguiente, el simulador 10 conoce continuamente dónde está la muestra “inteligente” en el espacio en 3D del mundo real. Además, pueden proporcionarse claves de licencia para “desbloquear” muestras 175 de soldadura. Cuando se compra una muestra 175 de soldadura particular, puede proporcionarse una clave de licencia que permite que el usuario 12a, 12b final introduzca la clave de licencia en el simulador 10, desbloqueando el software asociado con esa muestra 175 de soldadura particular. En una realización alternativa, pueden proporcionarse muestras de soldadura no habituales especiales basándose en dibujos de CAD del mundo real de partes.

#### Sistema basado en procesador

Ahora, haciendo referencia a las figuras 2, 4 y 10, tal como se mencionó anteriormente, el simulador 10 incluye un subsistema 110 basado en procesador lógico, que puede comprender circuitería 200 electrónica programable para ejecutar instrucciones codificadas usadas para generar el entorno 15 de soldadura virtual. La circuitería 200 electrónica programable puede incluir uno o más procesadores 203 lógicos o sistemas 203 basados en procesador lógico, que pueden estar comprendidos por uno o más microprocesadores 204. En una realización particular, la circuitería 200 electrónica programable puede estar comprendida por unidad(es) de procesamiento central (CPU) y unidad(es) de procesamiento gráfico (GPU), que se comentarán adicionalmente a continuación. Puede incluirse circuitería adicional, tal como, por ejemplo, memoria electrónica, es decir RAM, ROM, así como otra circuitería de soporte periférico. Se observa que la memoria electrónica puede incluirse tanto para la CPU como la GPU, cada una de las cuales puede programarse de manera independiente para su uso en la presentación de aspectos del entorno 15 de soldadura virtual tal como se describe en el presente documento. Además, la circuitería 200 electrónica programable puede incluir y utilizar dispositivos 300 de almacenamiento de datos tales como discos duros, dispositivos de almacenamiento óptico, memoria flash y similares. Todavía, pueden incluirse otros tipos de circuitería electrónica que facilitan la transferencia de datos entre dispositivos dentro del simulador 10 o entre diferentes simuladores 10. Esto puede incluir, por ejemplo, recibir datos desde uno o más dispositivos 155 de entrada, por ejemplo, rastreador espacial o sensor, o transferir datos a través de una o más redes que pueden ser una red de área local (LAN), una red de área amplia (WAN) y/o internet. Ha de comprenderse que los dispositivos y procedimientos anteriormente mencionados con a modo de ejemplo en cuanto a naturaleza y no deben considerarse como limitativos. De hecho, puede incorporarse cualquier forma de circuitería programable, circuitería de soporte, circuitería de comunicación y/o almacenamiento de datos en las realizaciones de la invención objeto según se elija con criterios de ingeniería válidos.

La figura 10 ilustra una realización a modo de ejemplo de un diagrama de bloques de subsistema del subsistema 110 basado en procesador lógico del simulador 10. El subsistema 110 basado en procesador lógico puede incluir una unidad 111 de procesamiento central (CPU) y dos unidades 115 de procesamiento gráfico (GPU). Las dos GPU 115 pueden programarse para proporcionar simulación en realidad virtual de un baño de metal fundido de soldadura que tiene características de fluidez de metal fundido en tiempo real y de absorción y disipación del calor.

Con referencia a la figura 11, se muestra un diagrama de bloques de la unidad 115 de procesamiento gráfico (GPU). Cada GPU 115 soporta la implementación de algoritmos paralelos de datos. Según una realización de la presente invención, cada GPU 115 proporciona dos salidas 118 y 119 de vídeo que pueden proporcionar dos vistas de realidad virtual. Dos de las salidas de vídeo pueden enrutarse al dispositivo 140 de visualización montado en la cara, presentando el punto de vista del soldador, y una tercera salida de vídeo puede enrutarse al dispositivo de 150 visualización de observador, por ejemplo, presentando o bien el punto de vista del soldador o algún otro punto de vista. La cuarta salida de vídeo restante puede enrutarse a un proyector, por ejemplo, o usarse para cualquier otro fin adecuado para simular un entorno 15 de soldadura virtual. Ambas GPU 115 pueden realizar los mismos cálculos de física de soldadura, pero pueden presentar el entorno 15 de soldadura virtual desde el mismo punto de vista o diferentes. La GPU 115 incluye una arquitectura de dispositivo unificada de computación (CUDA) 116 y un operador 117 de control de visión. La CUDA 116 es el motor de computación de la GPU 115 que es accesible para 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 metal fundido 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. En una realización particular, 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 por 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 segunda.

La figura 12 ilustra una realización a modo de ejemplo de un diagrama de bloques funcional del simulador 10. Los diversos bloques funcionales del simulador 10 pueden implementarse en gran medida por medio de instrucciones de software y módulos que se ejecutan en el subsistema 110 basado en procesador lógico. Los diversos bloques funcionales del simulador 10 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 simulador 10 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 subsistema 110 basado en procesador incluyen ubicación de arco, posición de pistola, posición de dispositivo de visualización montado en la cara o de casco, estado encendido/apagado de la pistola, y estado realizado de contacto (sí/no).

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 dispositivo 150 de visualización de observador). La información de rastreo del rastreador 120 espacial 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.

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, 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.

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. 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.

La funcionalidad 1219 de indicios visuales proporciona una retroalimentación inmediata al usuario visualizando colores e indicadores superpuestos en el dispositivo 140 de visualización montado en la cara y/o el dispositivo 150 de visualización de observador. 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 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.

Según una realización de la presente invención, se logra una simulación de un baño o acumulación de metal fundido de soldadura en el espacio de realidad virtual cuando el baño de metal fundido 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 metal fundido 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, 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. La funcionalidad 1216 de elemento de representación se usa para representar diversas características específicas no relacionadas con baño de metal fundido de soldadura 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 diversos parámetros de física de soldadura para los diversos procedimientos de soldadura. Según una realización de la presente invención, la herramienta 1212 de ajuste de física interna se ejecuta en la CPU 111 y los parámetros ajustados o actualizados se descargan a las GPU 115. Los tipos de parámetros que pueden ajustarse 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 simulador 10 de formación de realidad virtual. 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 metal fundido 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 metal fundido 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 metal fundido de soldadura simulado.

El método 1300 ilustra cómo un usuario puede ver un baño de metal fundido de soldadura en espacio de realidad virtual y modificar su técnica de soldadura en respuesta a la observación de diversas características del baño de metal fundido 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 metal fundido 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 para el 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, electrodo de soldadura y/o procedimiento de soldadura o uno diferente (por ejemplo, un segundo). 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 metal fundido 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 metal fundido 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. Tales pasadas posteriores pueden realizarse para reparar un cordón de soldadura formado por una pasada anterior, por ejemplo, o pueden incluir una pasada caliente y una o más pasadas de cierre de hueco 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 puede simularse para incluir acero suave, acero inoxidable y aluminio.

Según una realización de la presente invención, la soldadura con materiales de acero inoxidable se simula en un entorno virtual en tiempo real. El aspecto de metal de base se simula para proporcionar una representación realista de un conjunto soldado de acero inoxidable. La simulación del efecto visual se proporciona para cambiar el espectro visual de luz para adaptarse a la coloración del arco. También se simula sonido realista basándose en distancia de trabajo, ignición, y velocidad apropiadas. El aspecto de baño de metal fundido de soldadura por arco y aspecto de deposición se simulan basándose en la zona afectada por calor y el movimiento de antorcha. Se proporciona la simulación de partículas rotas o de escoria de películas de óxido de aluminio o nitruro de aluminio, que pueden dispersarse en todo el cordón de soldadura. Los cálculos relacionados con las zonas afectadas por calentamiento y enfriamiento se adaptan para soldadura de acero inoxidable. Las operaciones de discontinuidad relacionadas con salpicaduras se proporcionan para simular de manera más próxima y precisa el aspecto de soldadura de GMAW de acero inoxidable.

Según una realización de la presente invención, la soldadura con materiales de aluminio se simula en un entorno virtual en tiempo real. La estela de cordón se simula para coincidir de manera íntima con el aspecto de la soldadura de aluminio que se ve en el mundo real. El aspecto de metal de base se simula para representar una representación realista de un conjunto soldado de aluminio. La simulación del efecto visual se proporciona para cambiar el espectro visual de luz para adaptarse a la coloración del arco. Un cálculo de luz se proporciona para crear reflectividad. Cálculos relacionados con las zonas afectadas por calentamiento y enfriamiento se adaptan para la soldadura de aluminio. La simulación de oxidación se proporciona para crear una "acción de limpieza" realista. También se simula sonido realista basándose en distancia de trabajo, ignición, y velocidad apropiadas. El aspecto de baño de metal fundido de soldadura por arco y el aspecto de deposición se simulan basándose en la zona afectada por calor y el movimiento de antorcha. El aspecto del cable de aluminio se simula en la antorcha de GMAW para proporcionar un aspecto realista y apropiado.

Según una realización de la presente invención, la soldadura de GTAW se simula en un entorno virtual en tiempo real. La simulación de parámetros de funcionamiento para soldadura de GTAW se proporciona incluyendo, pero no limitándose a, caudal de flujo, frecuencia de impulso, anchura de impulso, control de tensión de arco, balance de CA, y control de frecuencia de salida. La representación visual de la "salpicadura" de baño de metal fundido de soldadura o técnica de inmersión y fusión del consumible de soldadura también se simulan. Además, las representaciones de autógenos (no metal de relleno) y GTAW con operaciones de soldadura de metal de relleno en el baño de metal fundido de soldadura se representan visual y audiblemente. La implementación de variaciones de metal de relleno adicionales puede simularse incluyendo, pero no limitándose a, acero al carbono, acero inoxidable, aluminio, y acero CRMO. Una implementación que puede seleccionarse de un pedal de pie externo puede proporcionarse para su funcionamiento durante la soldadura.

#### Motor para modelado

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 muestra 1400 de soldadura simulada rota para dar una red o serie de elementos de soldadura denominados, 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 de la figura 14 simulada en el simulador 10 de las figuras 1 y 2. 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 hasta 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 denominadas 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 de esquina simulada en el simulador 10. La muestra 1600 de soldadura 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.

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 simulada en el simulador 10. La muestra 1700 de soldadura 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. Los puntos O, X, Y, y Z definen de nuevo 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. 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 de la figura 17. La muestra 1700 de soldadura de tubería está realizada de un plástico no férreo, 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 estación 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 wexel en el mismo sentido que cada elemento de una fotografía se denomina 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 metal fundido de soldadura, pero no se presentan directamente (es decir, no se observan de manera visual directamente). En su lugar,

solo se observan 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 herramienta 160 de soldadura falsa 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 interaccionan 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 metal fundido 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 simulador 10 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 simulador 10. 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 metal fundido 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 sombreado) 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 metal fundido de soldadura en tiempo real en el espacio de realidad virtual y usar esta información para ajustar o mantener su técnica de soldadura.

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 simulador 10, 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 subsistema 110 basado en procesador lógico permanece relativamente constante durante una sesión de soldadura simulada.

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.

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.

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 simulador 10 mediante técnicas de diezmado de wexel. Si la cantidad de calor absorbida por un wexel se determina que es demasiado elevada por el sistema 10, 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 tras haberse quemado inicialmente. En general, el simulador 10 simula diezmado de wexel (retirar material) y reconstitución de wexel (es decir, añadir material de nuevo).

Además, la retirada de material en la soldadura de pasada de raíz se simula de manera apropiada en el simulador 10. 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 simulador 10 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 10 dando como resultado un contorno de cordón alterado. La simulación de la pasada de amolado puede ser automática, es decir, que el sistema 10 retira un grosor de material predeterminado, lo cual puede ser con respecto a la superficie del cordón de soldadura de pasada de raíz. 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 orificios de cerradura u otros defectos (descritos anteriormente) si el usuario "amolado" 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.

Además de las partículas de "baño de metal fundido" no visibles descritas en el presente documento, el simulador 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 simulador 10, 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 simulador 10 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 metal fundido de soldadura simulado, a medida que el baño de metal fundido de soldadura simulado se mueve a lo largo de una trayectoria de soldadura.

Según una realización alternativa de la presente invención, el simulador 10 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 simulador 10 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 dispositivo 150 de visualización de observador. Por ejemplo, una “buena” sesión de soldadura puede observarse al lado de una “mala” sesión de soldadura con fines comparativos.

La soldadura automatizada también es un aspecto de la presente invención. Un ejemplo ilustrativo de soldadura automatizada es la soldadura orbital, que se usa, a menudo, para la unión de tubos o tuberías de diversos tipos de materiales. Por ejemplo, una antorcha de soldadura de TIG (GTAW) puede usarse para orbitar alrededor de las tuberías que van a soldarse en conjunto por un sistema mecánico automatizado. La figura 20 ilustra una realización a modo de ejemplo de un sistema de soldadura orbital tal como se usa en un entorno de soldadura orbital. Un sistema de soldadura orbital incluye un tractor de soldadura que se desplaza alrededor de las tuberías o tubos, una fuente de alimentación de soldadura y un controlador, y un dispositivo colgante que proporciona control de operario. La figura 21 muestra el tractor 2010 de soldadura del sistema de soldadura orbital de la figura 20, conectado de manera operativa a dos tuberías que van a soldarse. La figura 22 muestra una fuente de alimentación y controlador 2020 del sistema de soldadura orbital de la figura 20, y la figura 23 muestra un dispositivo 2030 colgante del sistema de soldadura orbital de la figura 20.

Aunque la discusión anterior se ha centrado en la simulación de procedimientos de realidad virtual, que incluyen soldadura orbital, las realizaciones de la invención no se limitan a ese aspecto e incluyen aspectos de enseñanza y realimentación de las características de configuración y rendimiento reales asociadas con soldaduras realizadas según una configuración definida por usuario. Tal como se comentó anteriormente, la soldadura de GTAW/GMAW requiere una formación para garantizar que el operario comprende los controles que están disponibles para llevar a la práctica este procedimiento. Existe una idea equivocada de que la automatización asociada con los sistemas de soldadura orbital elimina la necesidad de formación, dado que la máquina realiza la soldadura. La soldadura orbital automatizada requiere formación para garantizar que el operario comprende la soldadura, y todas las habilidades únicas de configuración e implementación para controlar los cordones de TIG. Esto incluye corrección de errores, soldadura de tubería de mayor diámetro, la utilización de cámaras remotas, y evaluación y corrección de errores apropiada. Los programas de formación ofrecen una cobertura inconsistente o insuficiente de enseñanza de una buena situación de soldadura, una mala situación de soldadura y los mecanismos para realizar, reaccionar a o corregido cada una. Los instructores para este tipo de solución nicho son difíciles de encontrar con una trayectoria suficiente y/o conocimiento y experiencia en la industria. Solo a través de formación de calidad enseñada por instructores certificados puede hacer que los operarios de equipos de soldadura orbital adquieran las complejas habilidades necesarias para cumplir los estrictos criterios de aceptación el entorno de soldadura de hoy en día. Adicionalmente, en grandes proyectos de circunferencia con largas juntas de soldadura, la dificultad de mantener atención y enfoque representa un problema significativo.

En el procedimiento de GTAW, se mantiene un arco eléctrico entre el electrodo tungsteno no consumible y la pieza de trabajo. El electrodo soporta el calor del arco y el metal de la pieza de trabajo se funde y forma el baño de metal fundido de soldadura. El metal fundido de la pieza de trabajo y el electrodo debe protegerse frente al oxígeno de la atmósfera, empleando de ese modo normalmente un gas inerte tales como argón como el gas de protección. Si se

usa la adición de un metal de relleno, el alambre de relleno puede alimentarse al baño de metal fundido de soldadura, en donde se funde debido a la energía suministrada por el arco eléctrico. Según una realización de la invención, se proporciona un sistema de soldadura de realidad virtual que incorpora la tecnología relacionada con observar una operación de soldadura automatizada de GTAW/GMAW, usar un dispositivo colgante (real o virtual) o control remoto cuando se refiere a soldadura automatizada, identificar discontinuidades de soldadura basándose en combinaciones de parámetros de soldadura elegidas, y corregir selecciones y combinaciones de operario de parámetros a través del uso de pantallas de usuario para comprender la interacción de diversos parámetros y su impacto sobre la calidad de soldadura con terminología y elementos visuales apropiados relacionados la con soldadura automatizada.

Al implementar formación de GTAW orbital en un entorno virtual, pueden abarcarse varios problemas. Por ejemplo, la industria y experiencia en soldadura orbital se basa en el conocimiento de la empresa desarrolladora y por tanto es consistente y se actualiza con la última tecnología y estándares disponibles, lo cual puede realizarse fácilmente mediante mejoras de software en un entorno virtual. El instructor se convierte en un facilitador del programa y no necesita ser un experto de GTAW orbital. La formación adicional ayuda, tales como indicios que siguen una trayectoria o superposiciones visuales, a mejorar la transferencia de formación en un entorno virtual. El equipo de GTAW orbital, que puede quedar obsoleto, no necesita comprarse. El sistema de realidad virtual puede usarse en un entorno de formación individualizado o una configuración de tipo clase.

El uso de un marco virtual permite que múltiples dispositivos colgantes se simulen con un dispositivo de formación. Al implementar GTAW orbital en realidad virtual, un dispositivo colgante puede realizarse como un dispositivo físico o como un dispositivo colgante virtual. Con el dispositivo físico, el estudiante puede interactuar con los controles y sentir la "sensación" para el control. Con un dispositivo colgante virtual, en el que los controles están disponibles e interactúan en una pantalla táctil, el usuario puede elegir fácilmente una variedad de dispositivos colgantes para controlar, ya sean personalizados o dependientes de empresa. Un dispositivo colgante virtual también permite que diferentes tipos de controles o niveles estén activados para su uso por el estudiante dependiendo de los niveles o controles de aprendizaje disponibles basándose en su nivel en la industria (que imitan la experiencia de trabajo de campo). A diferencia de la formación tradicional, pueden implementarse fallos aleatorios (por ejemplo, anidamiento de cable) que proporcionan al usuario una experiencia más detallada y completa sin dañar el equipo o presenten una configuración que requiera mucho tiempo.

Parte de la interacción de aprendizaje es el entendimiento de parámetros de soldadura apropiados basándose en la junta, preparación, tipo de material, etc. Según una realización, en realidad virtual, puede activarse pantallas permitidas por la teoría para que hagan que un usuario con conocimientos tome la decisión apropiada. Pueden activarse pantallas o tablas adicionales para hacer que un usuario con conocimientos elija qué introducir, pero también pueden activarse cuando se selecciona una elección errónea para señalar lo que se eligió y por qué era incorrecto, con las selecciones apropiadas identificadas. Este tipo de agente inteligente puede garantizar que el estudiante no actúa incorrectamente y se frustra por el resultado final, siendo el refuerzo positivo y el aprendizaje la clave. Una realización de la invención también permitirá que el sistema o instructor interrogue sobre conocimientos del usuario y adapte el currículo de formación y las pruebas en cuanto a puntos ciegos del usuario individual. Una realización de la presente invención emplea inteligencia artificial (AI) y un sistema de gestión de aprendizaje (LMS) para ayudar con la instrucción en áreas necesarias, reforzar conocimientos, y proporcionar ayuda para el aprendizaje.

Los parámetros de configuración pueden incluir, pero no se limitan a: gas inerte (por ejemplo, argón, helio); ignición de arco; corriente de soldadura (por ejemplo, impulsada frente a sin impulsarse); funcionalidad de pendiente descendente para evitar craterización al final de la soldadura; velocidad de desplazamiento de rotación de antorcha; características de cable de alimentación (por ejemplo, formas de onda impulsadas); selección de diámetro de cable; tensión de arco; distancia entre electrodo y pieza de trabajo; control de oscilación de soldadura; control remoto; características de enfriamiento del circuito de enfriamiento de agua de bucle cerrado generalmente integrado; y programación de ciclo de soldadura (a menudo, con cuatro ejes), etc.

La inspección y revisión de la soldadura es otro aspecto del procedimiento de aprendizaje. El estudiante puede ser la soldadura e identificar qué es correcto o está mal y, basándose en estas elecciones, recibir una puntuación para identificar si eran correctas y recibir una entrada adicional sobre qué está bien o mal basándose en estándares de la industria. Esto puede mejorarse adicionalmente para identificar cómo corregir estas situaciones. Por ejemplo, con el amperaje y velocidad correctos (identificados), la soldadura puede ser una buena soldadura basándose en un estándar de la industria particular.

Tal como se describió anteriormente, un dispositivo colgante de enseñanza física o un dispositivo de control manual para introducir la selección en soldadura de realidad virtual puede proporcionarse. Alternativamente, puede proporcionarse un dispositivo colgante de enseñanza virtual para la selección de entradas de control para la soldadura de realidad virtual. Interacciones con el dispositivo manual o virtual que son a nivel de aprendizaje de estudiante o dependientes del papel de la industria pueden activarse en el dispositivo. Puede proporcionarse controles o interacciones de limitación basados en el usuario para mejorar objetivos de aprendizaje o reforzar las interacciones del papel de la industria, según una realización.

La interacción o reacciones de enseñanza basadas en cambios visuales, auditivos, o físicos puede proporcionarse para garantizar que el usuario conoce la configuración o recuperación de error apropiadas. Asimismo, la interacción o

reacciones de enseñanza basadas en cambios visuales, auditivos, o físicos puede proporcionarse para garantizar que el usuario conoce los cambios apropiados en los controles necesarios basándose en la realización de cambios específicos de entorno o de soldadura. Elementos de cálculo o tablas virtuales pueden activarse que permiten una entrada y proporcionan una salida basándose en valores introducidos. Los resultados permitidos por agente inteligente basados en unos parámetros de configuración o elecciones incorrectos pueden proporcionarse para reforzar los estándares de la industria correctos. Además, puede proporcionarse entradas permitidas por agente inteligente para identificar cuáles deberían haber sido las entradas de control apropiadas, basándose en los indicadores visuales, de audio o físicos actuales. Según una realización, la simulación de sistemas basados en cámara puede proporcionarse junto con la creación de sistemas según trayectoria y determinativos de trayectoria basados en un sistema basado en controlador de lógica borrosa. Por ejemplo, pueden proporcionarse múltiples representaciones simulando dos vistas de cámara de manera que las vistas de cámara pueden moverse durante la simulación. Según una realización, puede sonar una alarma cuando la trayectoria deseada se desvía, basándose en la lógica borrosa, por ejemplo. Puede proporcionarse una visualización de un baño de metal fundido de soldadura de TIG simulado por medio de tamaños de píxel que son lo suficientemente pequeños para proporcionar una visualización apropiada del baño de metal fundido de soldadura de TIG. La simulación de la magnificación del baño de metal fundido de soldadura de TIG simulado también puede proporcionarse, para una mejor visualización por el usuario.

Pueden proporcionarse múltiples niveles de experiencia para el usuario que se adaptan al nivel de habilidad, ritmo de aprendizaje y estilo de aprendizaje del usuario (compatible con LMS). También puede proporcionarse inducción de fallos basada en inteligencia artificial (AI) con el fin de poner a prueba la habilidad del usuario para detectar, corregir y recuperarse de los problemas. Puede proporcionarse una simulación de condiciones no seguras, configuración de máquina, y defectos de materiales. Asimismo, puede proporcionarse un sistema en múltiples lenguas, lo que permite una normalización de formación para un mercado global, según una realización. Una realización de la presente invención puede proporcionar entorno de simulación virtual que permite que dos o más usuarios (múltiples hombres) creen una soldadura virtual, tal como en determinadas situaciones de soldadura orbitales.

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

La invención se ha descrito en el presente documento con referencia a las realizaciones dadas a conocer. Obviamente, modificaciones y alteraciones serán evidentes para otros tras una lectura y comprensión de esta memoria descriptiva. Se pretende incluir todas tales modificaciones y alteraciones siempre y cuando se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas o la equivalencia de las mismas.

Números de referencia:

10	simulador	170	estación
12	usuario final	171	mesa
12a	usuario formado	172	estación base
12b	usuario instructor	173	brazo ajustable
15	entorno	174	poste vertical
110	subsistema basado en procesador	175	muestra de soldadura
111	unidad de procesamiento central (CPU)	176	junta de soldadura
115	unidad de procesamiento gráfico (GPU)	177	parte de conexión
116	arquitectura de dispositivo unificada de computación (CUDA)	179	puntos predefinidos
		200	dispositivo de visualización
117	operador de control de visión	203	procesadores lógicos
118	salida de video	204	microprocesador

## ES 2 800 502 T3

119	salida de video	300	dispositivos de almacenamiento
120	rastreador espacial	900	casco de soldadura
121	fuelle magnética	910	altavoces
122	sensor	1201	interfaz física
123	disco	1202	modelos de pinza
124	fuelle de alimentación	1203	modelo de entorno
125	cables	1204	funcionalidad de contenido de sonido
126	unidad de rastreo	1205	sonidos de soldadura
130	interfaz de usuario	1206	modelo de estación/mesa
131	botones	1207	funcionalidad de arquitectura interna
132	palanca de control	1208	funcionalidad de calibración
133	diales y/o conmutadores	1210	modelos de muestra
134	diales y/o conmutadores	1211	física de soldadura
135	cuadro de control	1212	herramienta de ajuste de física interna (herramienta de ajuste de precisión)
136	botón giratorio	1213	funcionalidad de interfaz de usuario gráfica
137	botón giratorio	1214	funcionalidad gráfica
140	visualización personalizada	1215	funcionalidad de informe de estudiante
150	pantalla de visualización	1216	elemento de representación
151	parámetros de soldadura	1217	representación de cordón
152	estados de discontinuidad	1218	texturas en 3D
155	dispositivo de entrada	1219	funcionalidad de indicios visuales
156	portaelectrodos	1220	funcionalidad de puntuación y tolerancia
160	herramienta de soldadura	1221	editor de tolerancia
161	portador	1222	efectos especiales
162	electrodo de revestimiento simulado	1620	superficie
1300	método	1700	muestra de soldadura
1310	etapa	1701	pieza de tubería
1320	etapa	1702	pieza de tubería
1330	etapa	1703	junta de raíz
1340	etapa	1704	pieza de unión
1350	etapa		

## ES 2 800 502 T3

1400	muestra de soldadura	1710	superficie
1410	superficie superior	1910	barras rectangulares
1420	mapa de wexel	1920	partículas
1421	wexel	1930	alturas de partícula
1600	muestra de soldadura	1940	rectángulos ensombrecidos
1610	superficie		

**REIVINDICACIONES**

1. Un simulador (10) para facilitar la actividad de soldadura virtual, que comprende:  
 un subsistema (110) basado en procesador lógico operable para ejecutar instrucciones codificadas para generar un entorno de soldadura interactivo que incluye una sección de medios de visualización de tubería virtuales conectados de manera operativa al subsistema (110) basado en procesador lógico para representar visualmente el entorno de soldadura interactivo, en donde dichos medios de visualización representan la sección de tubería virtual;  
 caracterizado porque el entorno de soldadura interactivo simula (i) un sistema de soldadura orbital que tiene un tractor (2010) de soldadura configurado para desplazarse alrededor de una sección de la tubería virtual y (ii) actividad de soldadura con el sistema de soldadura orbital en la sección de tubería virtual teniendo al menos una junta de soldadura virtual; y caracterizado además por  
 un dispositivo (2030) colgante para realizar la configuración del sistema de soldadura orbital y la actividad de soldadura virtual dentro del sistema de soldadura orbital en la al menos una junta de soldadura virtual en tiempo real.
2. El simulador según la reivindicación 1, en donde el dispositivo (155) de entrada simula controles para selección de entrada para soldadura de realidad virtual.
3. El simulador según la reivindicación 2, en donde el subsistema (110) basado en procesador lógico comprende, además, controles o interacciones de limitación basados en un usuario para mejorar objetivos de aprendizaje.
4. El simulador según la reivindicación 3, en donde el subsistema (110) basado en procesador lógico comprende, además, interacción o reacciones de interacción basadas en cambios visuales, auditivos, físicos para garantizar que dicho usuario puede configurar apropiadamente un entorno de soldadura orbital o puede realizar recuperación de errores.
5. El simulador según la reivindicación 4, en donde el subsistema (110) basado en procesador lógico comprende, además, elementos de cálculo o tablas virtuales que permiten la entrada y proporcionan una salida basada en los valores introducidos.
6. El simulador según la reivindicación 4, en donde el subsistema (110) basado en procesador lógico comprende, además, resultados permitidos por agente inteligente basados en parámetros o una combinación de parámetros de configuración incorrectos.
7. El simulador según la reivindicación 6, en donde el subsistema (110) basado en procesador lógico comprende, además, entrada permitida por agente inteligente para identificar los parámetros o combinación de parámetros de configuración apropiados que deberían haberse introducido por el usuario.
8. El simulador según la reivindicación 7, que comprende, además, indicadores visuales, de audio o físicos de los parámetros o combinación de parámetros de configuración.
9. El simulador según la reivindicación 1, que comprende, además, un sistema basado en cámara simulado para rastrear una trayectoria de la soldadura orbital.
10. El simulador según la reivindicación 9, que comprende, además, sistemas de seguimiento de trayectoria y determinativos de trayectoria basándose en un sistema basado en controlador de lógica borrosa.
11. El simulador según la reivindicación 1, en donde el subsistema basado en procesador lógico comprende, además, múltiples niveles para un usuario, estando cada nivel adaptado al nivel de habilidad, ritmo de aprendizaje y estilo de aprendizaje del usuario.
12. El simulador según la reivindicación 1, en donde el subsistema basado en procesador lógico comprende, además, instrucción de fallos basada en inteligencia artificial con el fin de someter a prueba la habilidad de un usuario para detectar, corregir y recuperarse de los problemas.
13. El simulador según la reivindicación 12, en donde el subsistema basado en procesador lógico comprende, además, una simulación de condiciones no seguras para configuración de máquina y defectos de materiales.
14. El simulador según la reivindicación 1 que comprende capacidades en múltiples lenguas.
15. Un simulador, según una de las reivindicaciones anteriores, para facilitar la actividad de soldadura virtual, que comprende:  
 un subsistema basado en procesador lógico operable para ejecutar instrucciones codificadas para generar un entorno de soldadura interactivo orbital que simula la configuración y actividad de soldadura en una sección de tubería virtual que tiene al menos una junta de soldadura virtual;

## ES 2 800 502 T3

en donde el subsistema basado en procesador lógico comprende, además, interacción o reacciones de enseñanza basadas en cambios visuales, auditivos, físicos para garantizar que dicho usuario puede configurar de manera apropiada un entorno de soldadura orbital o puede realizar una recuperación de errores;

5 y en donde, además, el subsistema basado en procesador lógico comprende, además, elementos de cálculo o tablas virtuales que permiten entradas y proporcionan una salida basada en los valores introducidos;

y en donde, además, el subsistema basado en procesador lógico comprende, además, resultados permitidos por agente inteligente basados en parámetros o combinación de parámetros de configuración incorrectos;

10 medios de visualización conectado de manera operativa al subsistema basado en procesador lógico para representar visualmente el entorno de soldadura interactivo, en donde dichos medios de visualización representan la sección de tubería virtual;

un dispositivo colgante o dispositivo de entrada manual para realizar la configuración o actividad de soldadura virtual en la al menos una junta de soldadura virtual en tiempo real;

en donde el dispositivo de entrada simula controles para la selección de entrada para soldadura de realidad virtual.

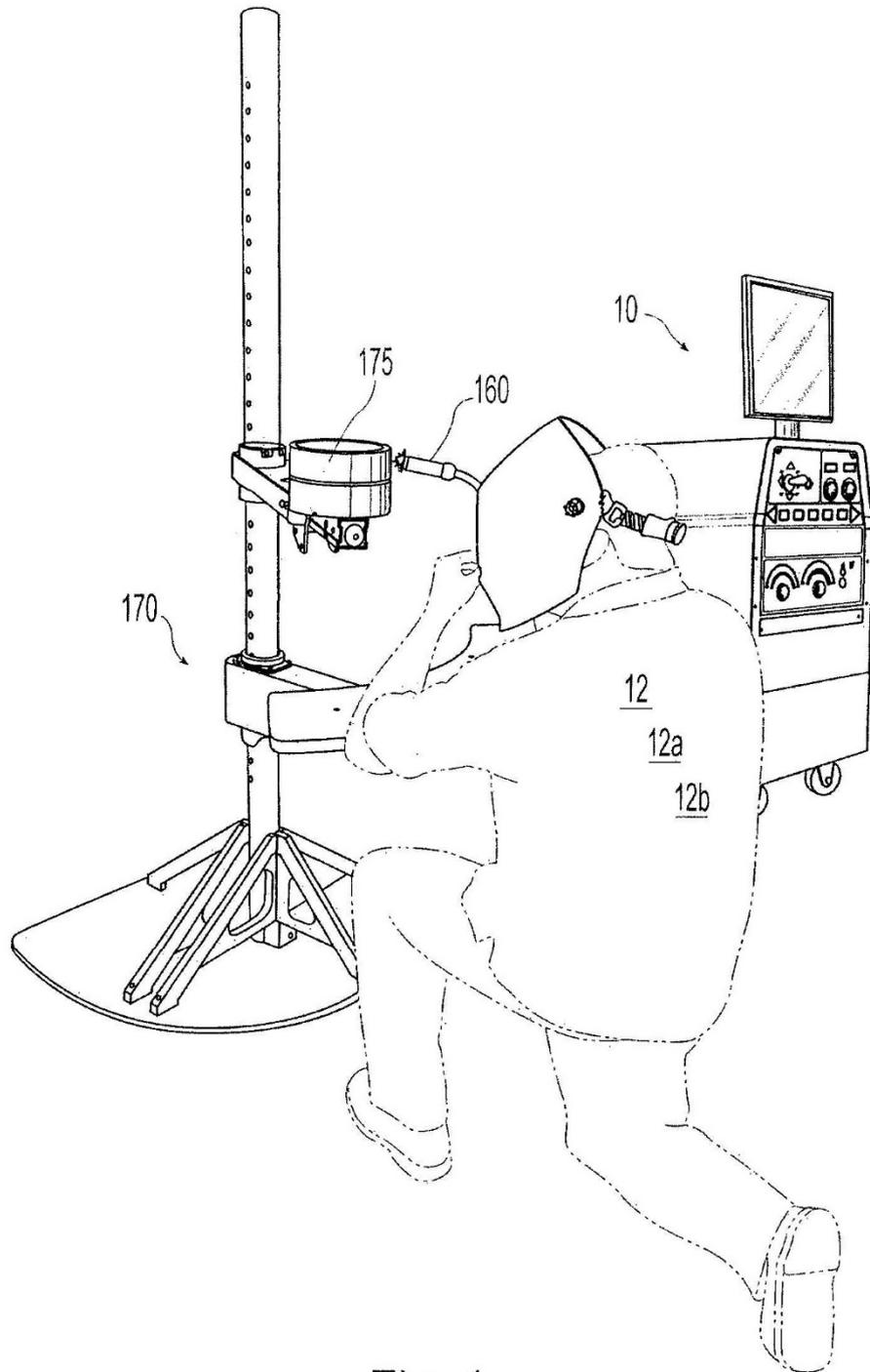


Fig. 1

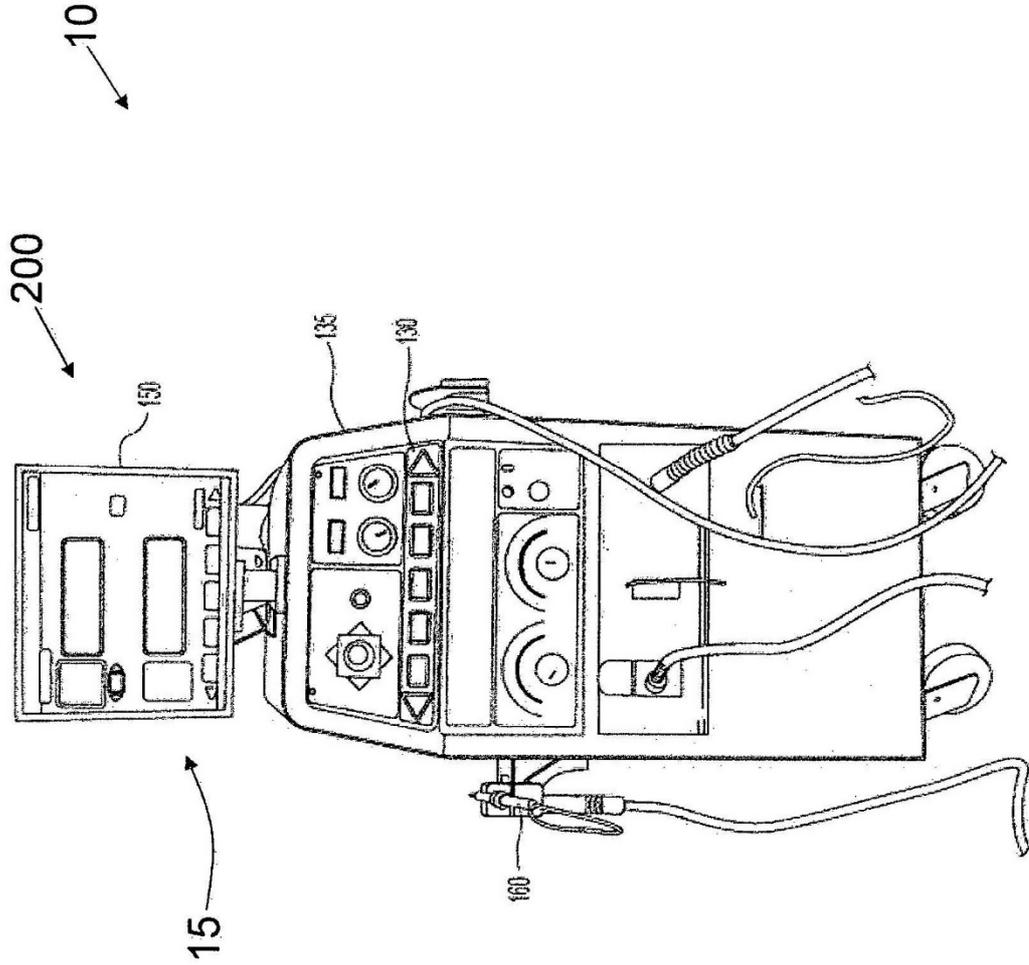


Fig. 2

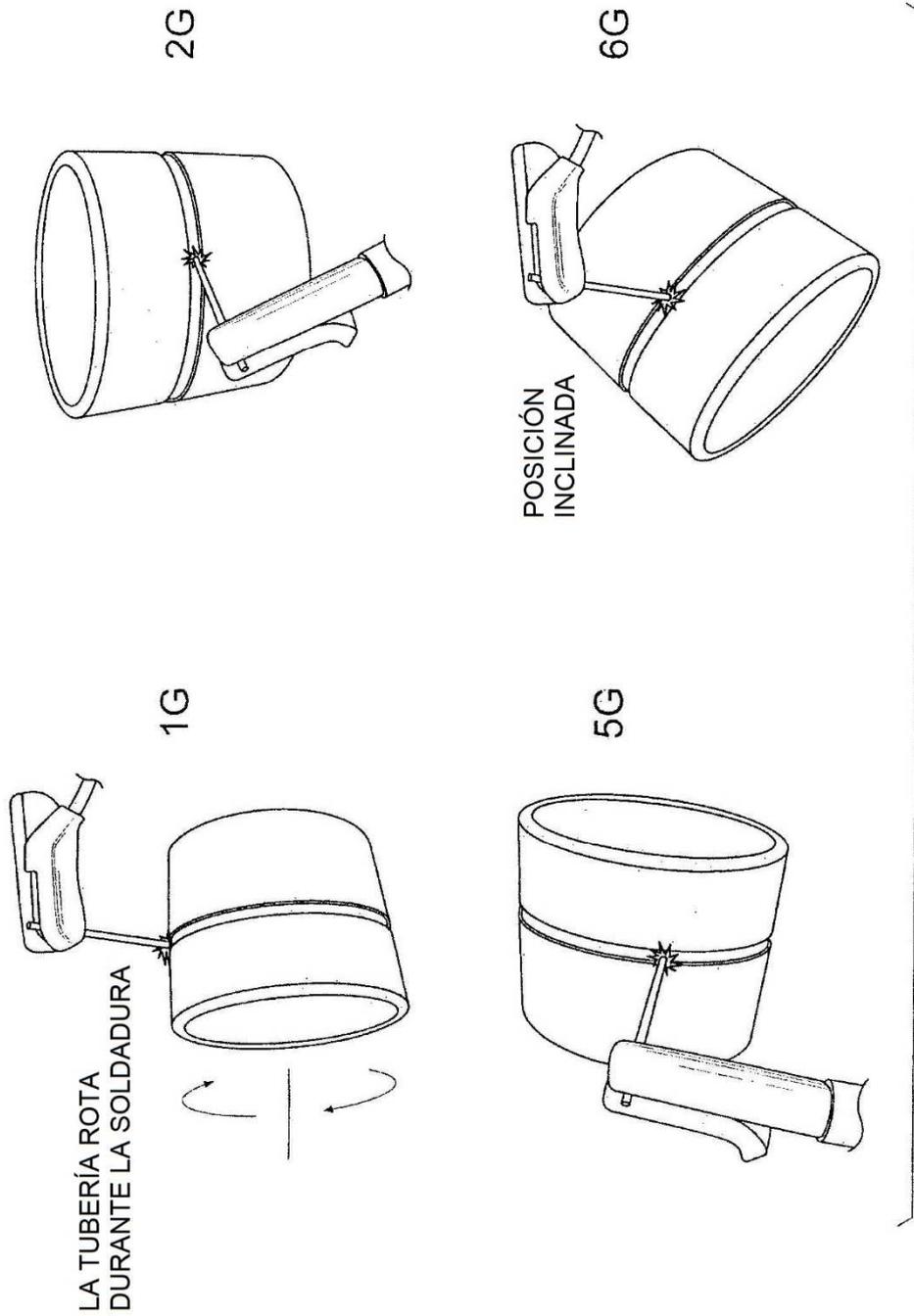


Fig. 3a

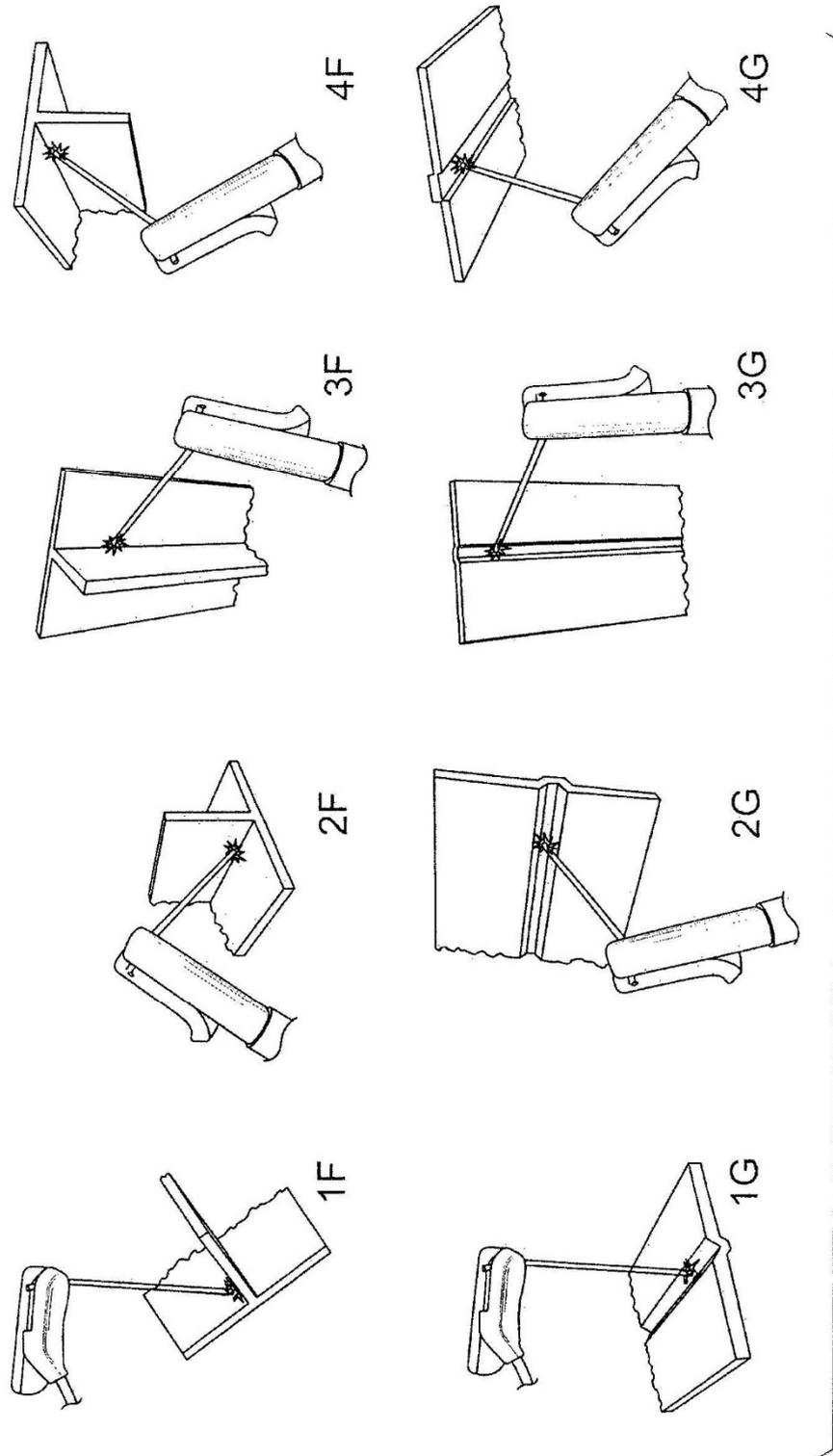
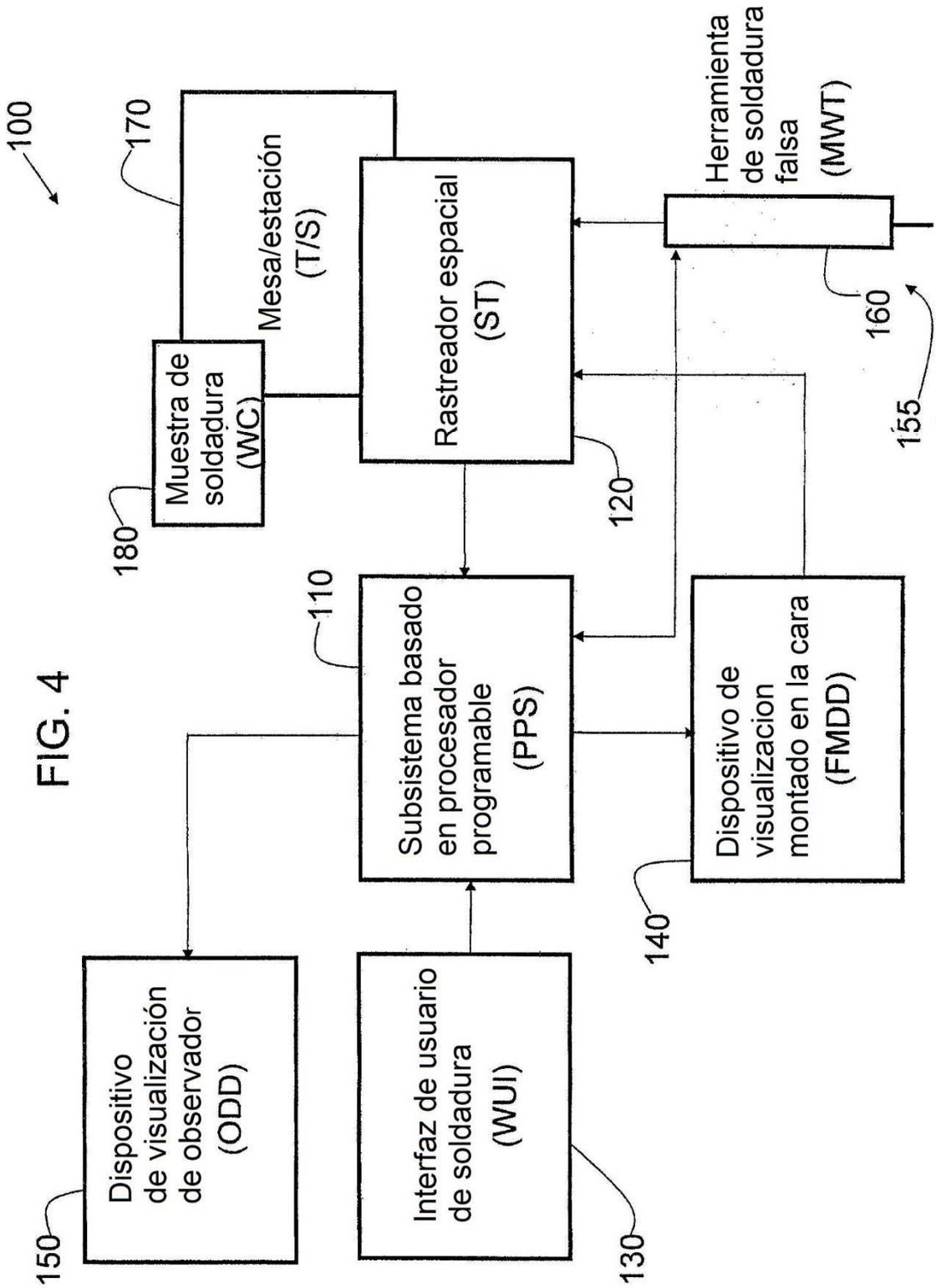


Fig. 3b



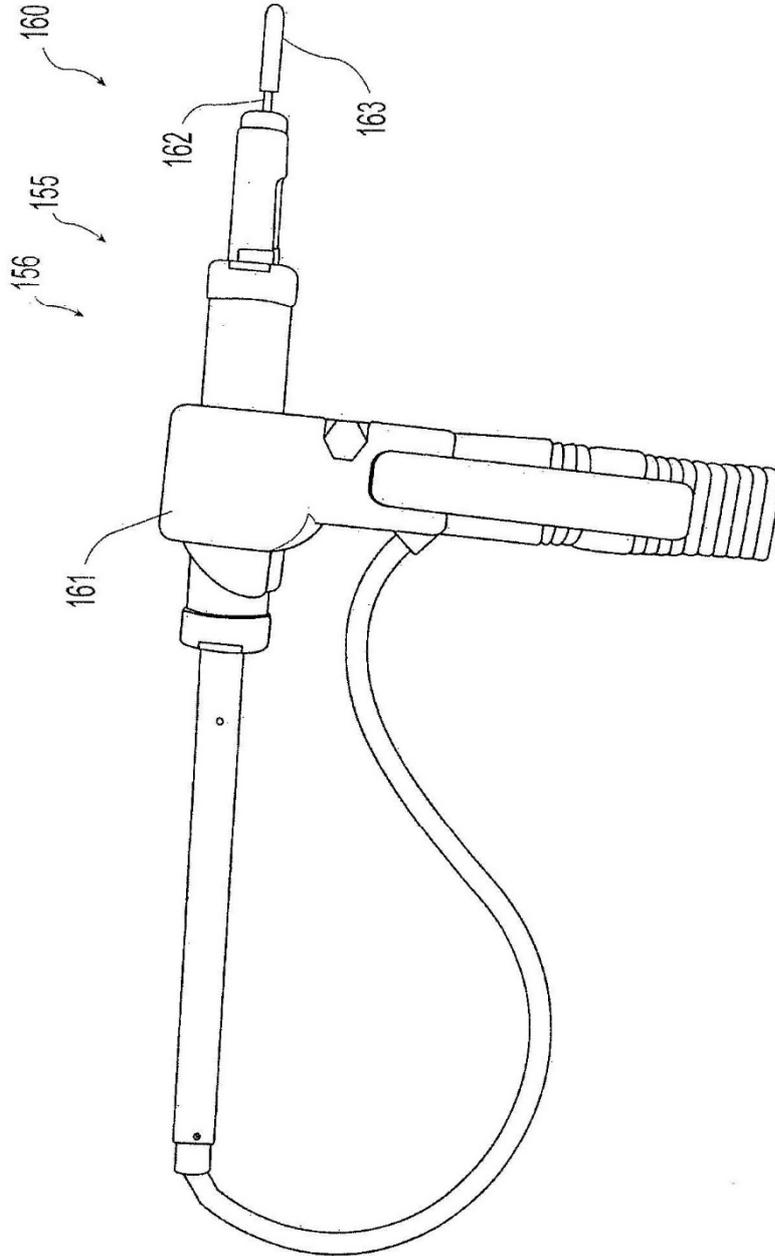


Fig. 5

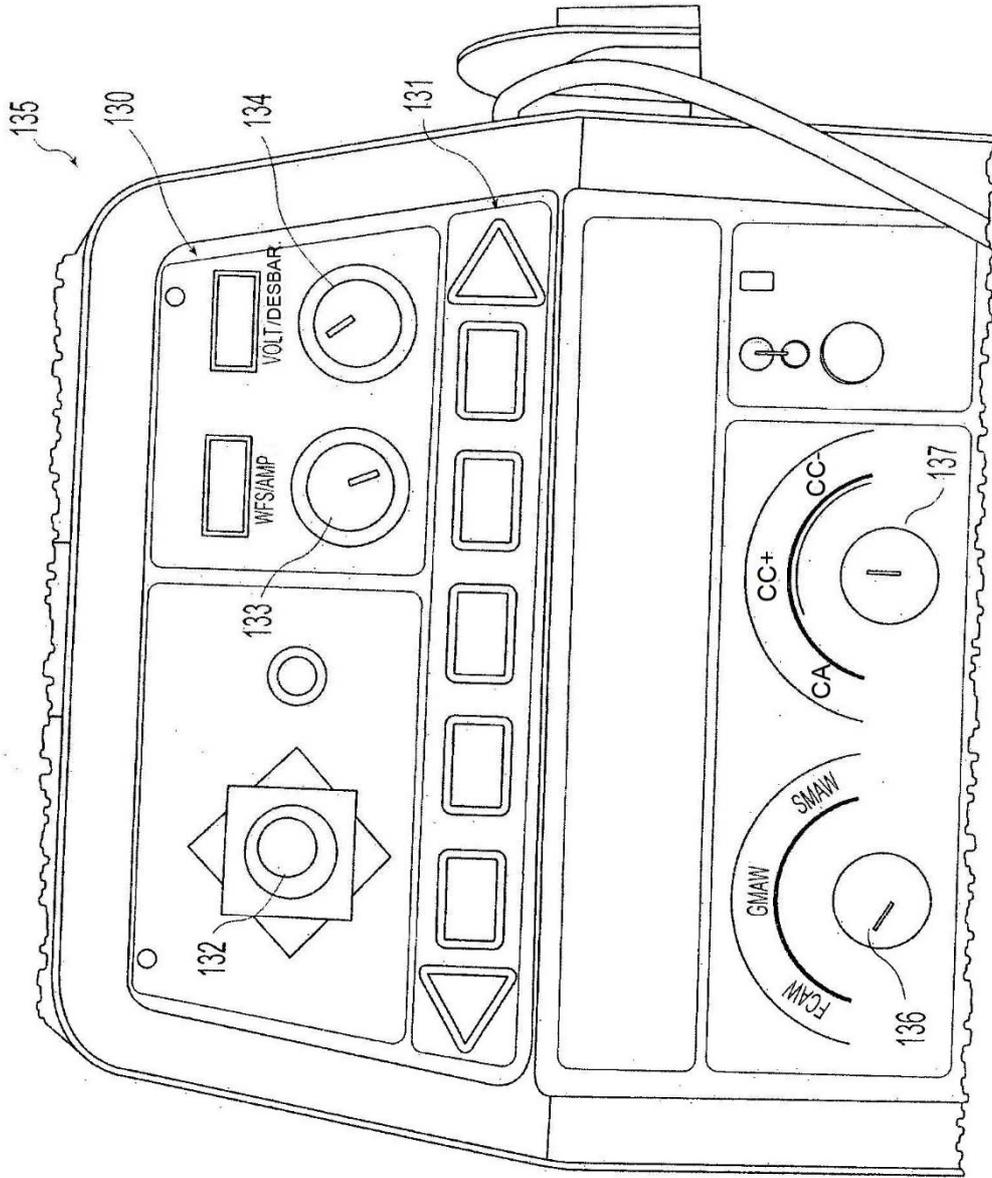


Fig. 6

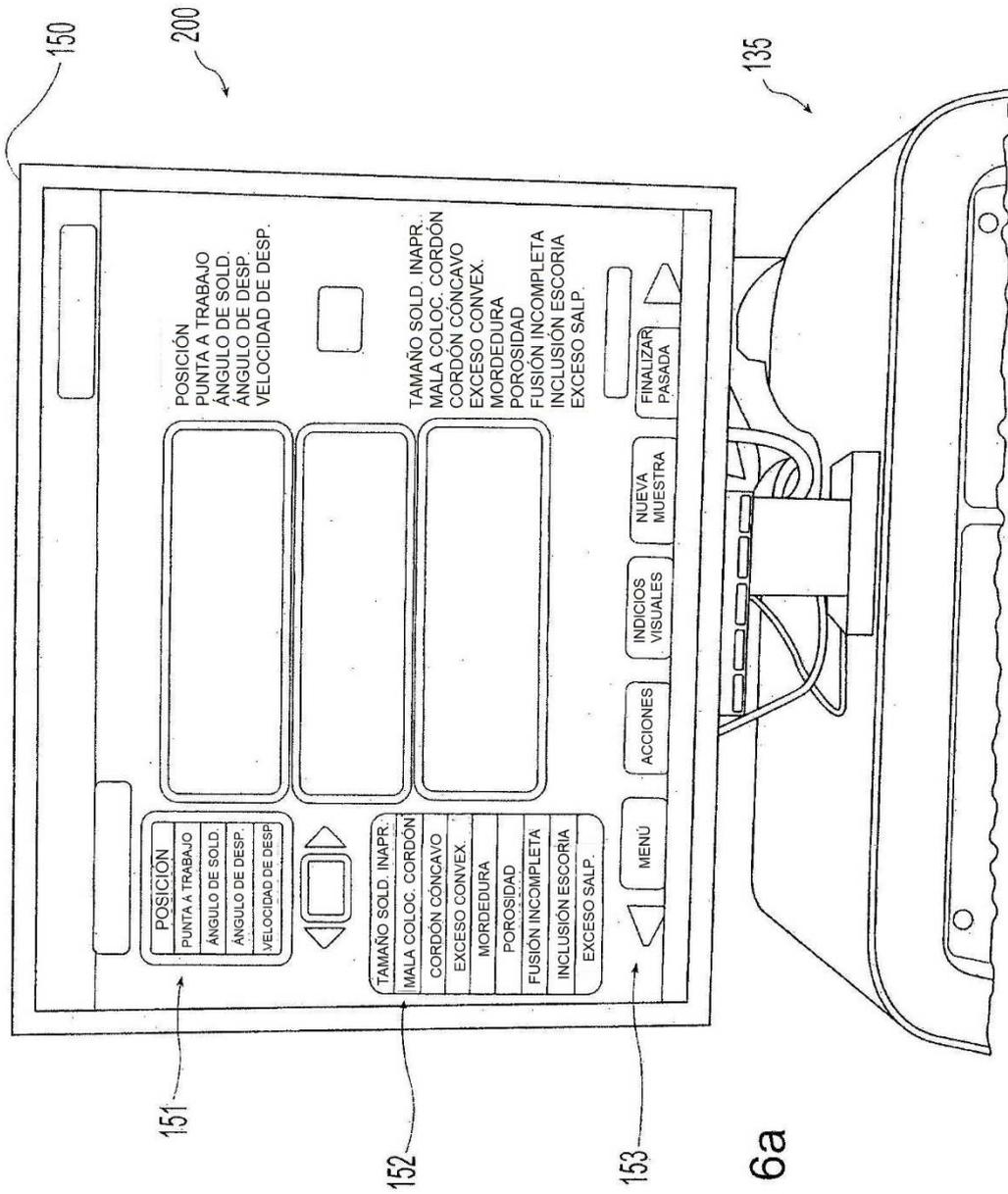


Fig. 6a

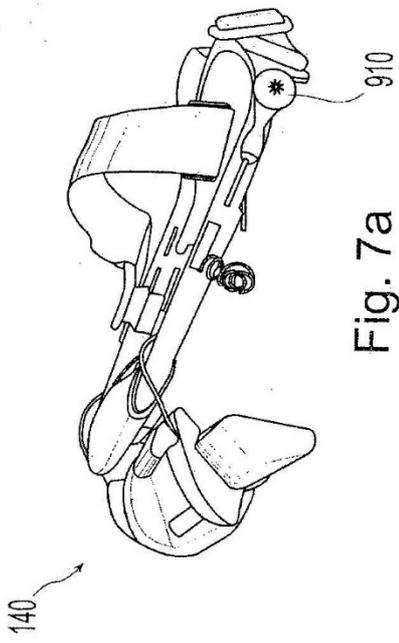


Fig. 7a

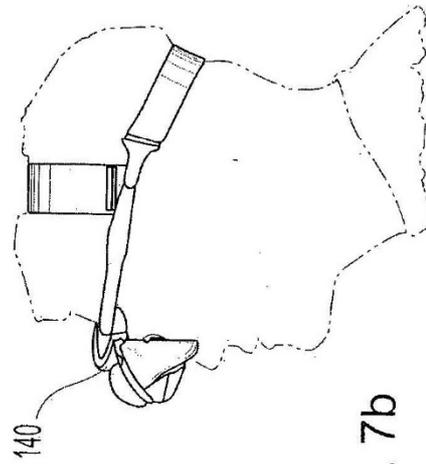


Fig. 7b

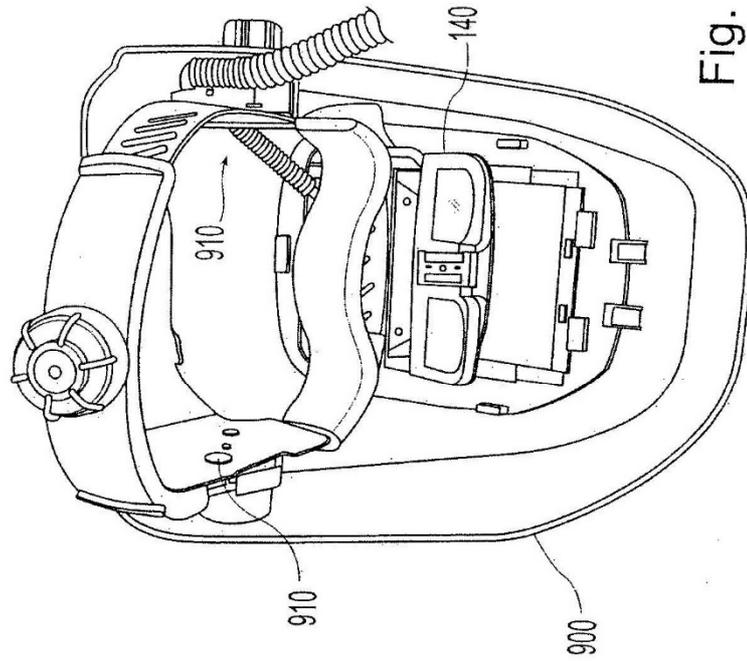


Fig. 7c

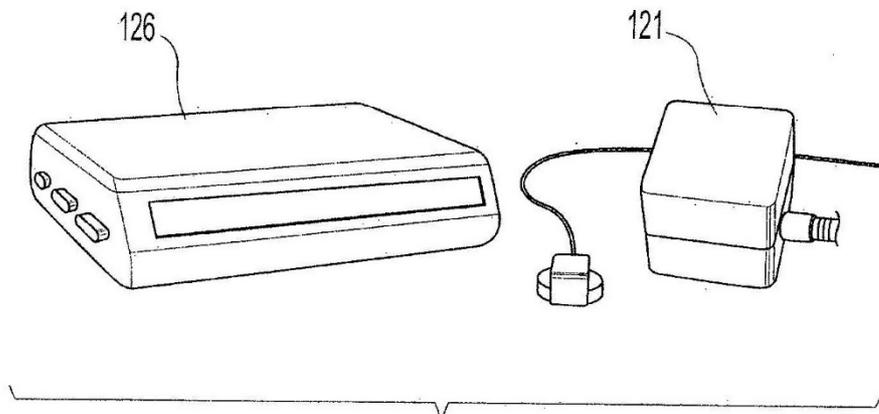
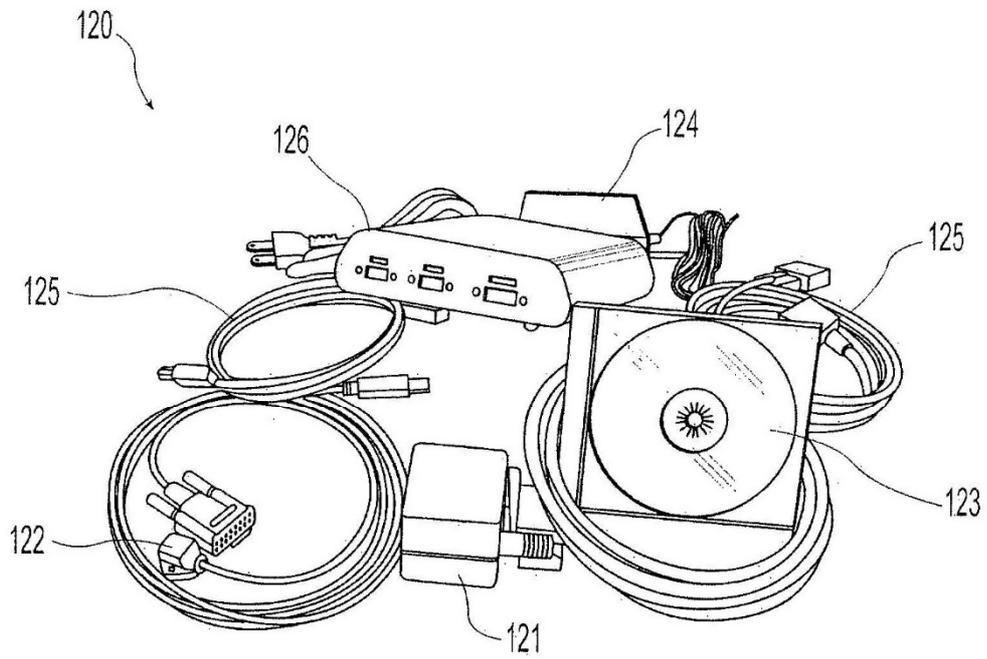


Fig. 8

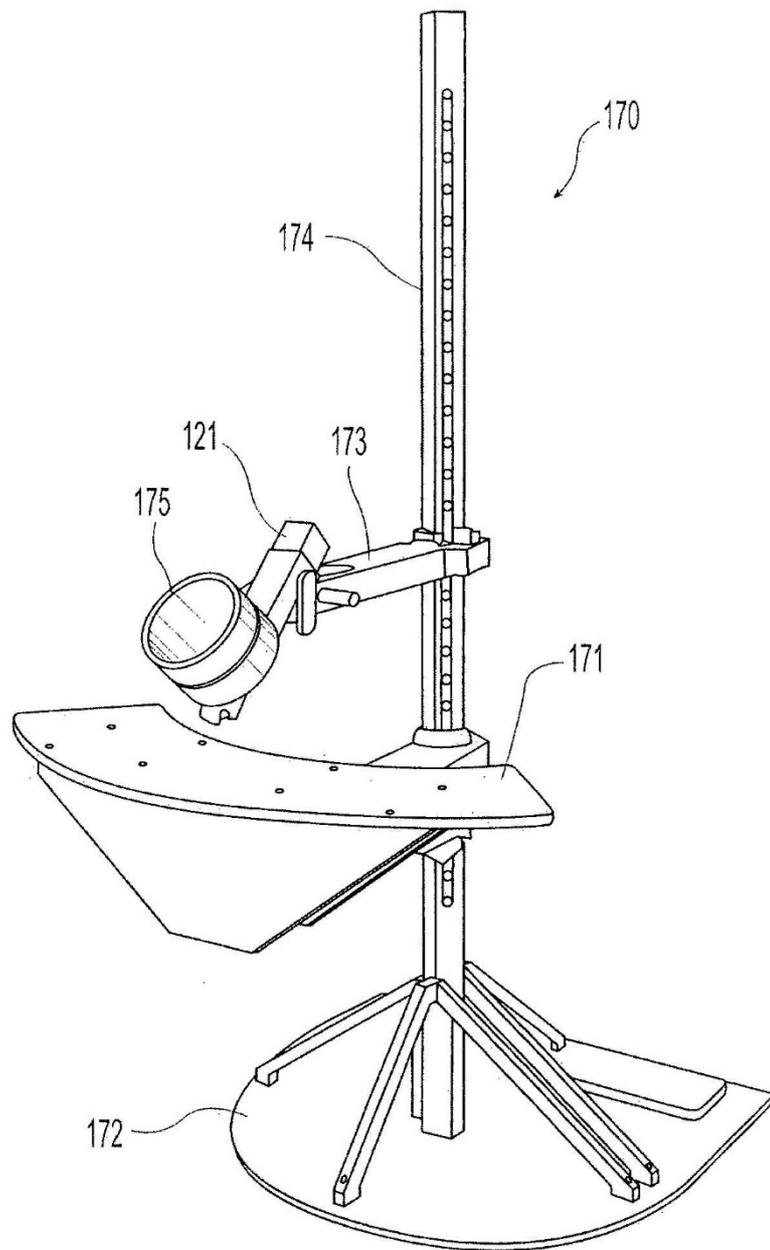


Fig. 9

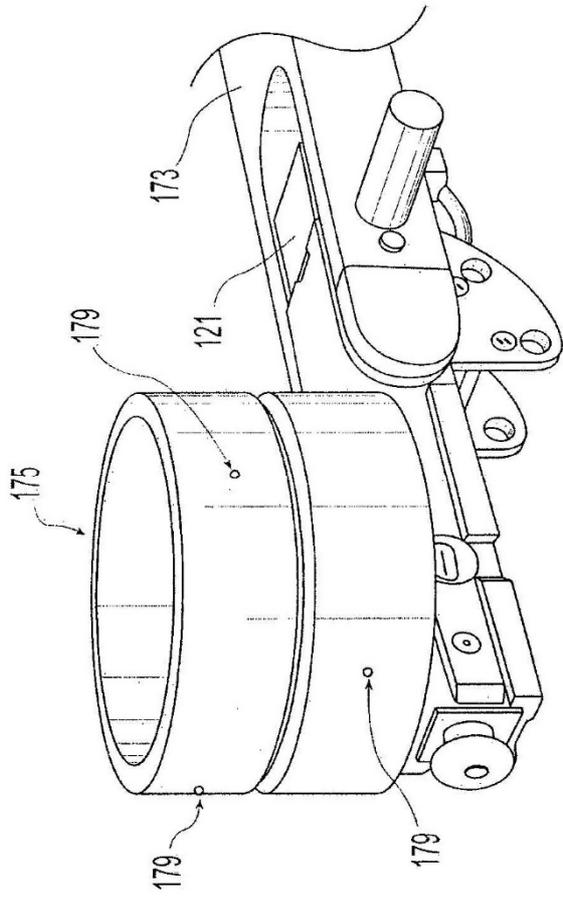


Fig. 9b

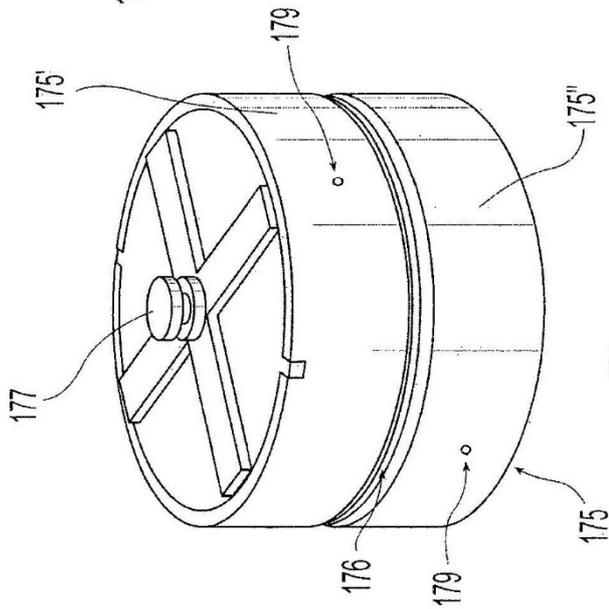


Fig. 9a

FIG. 10

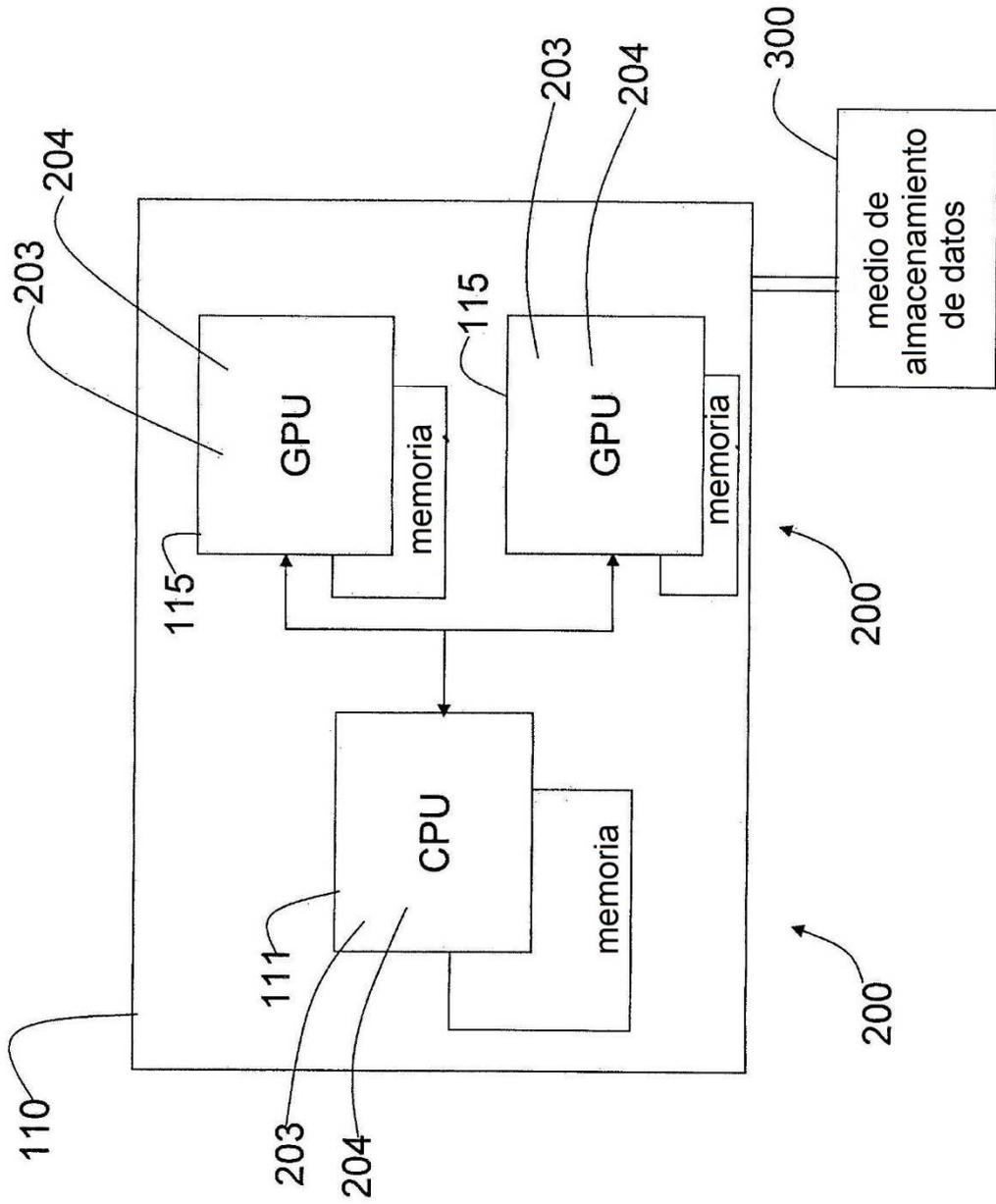
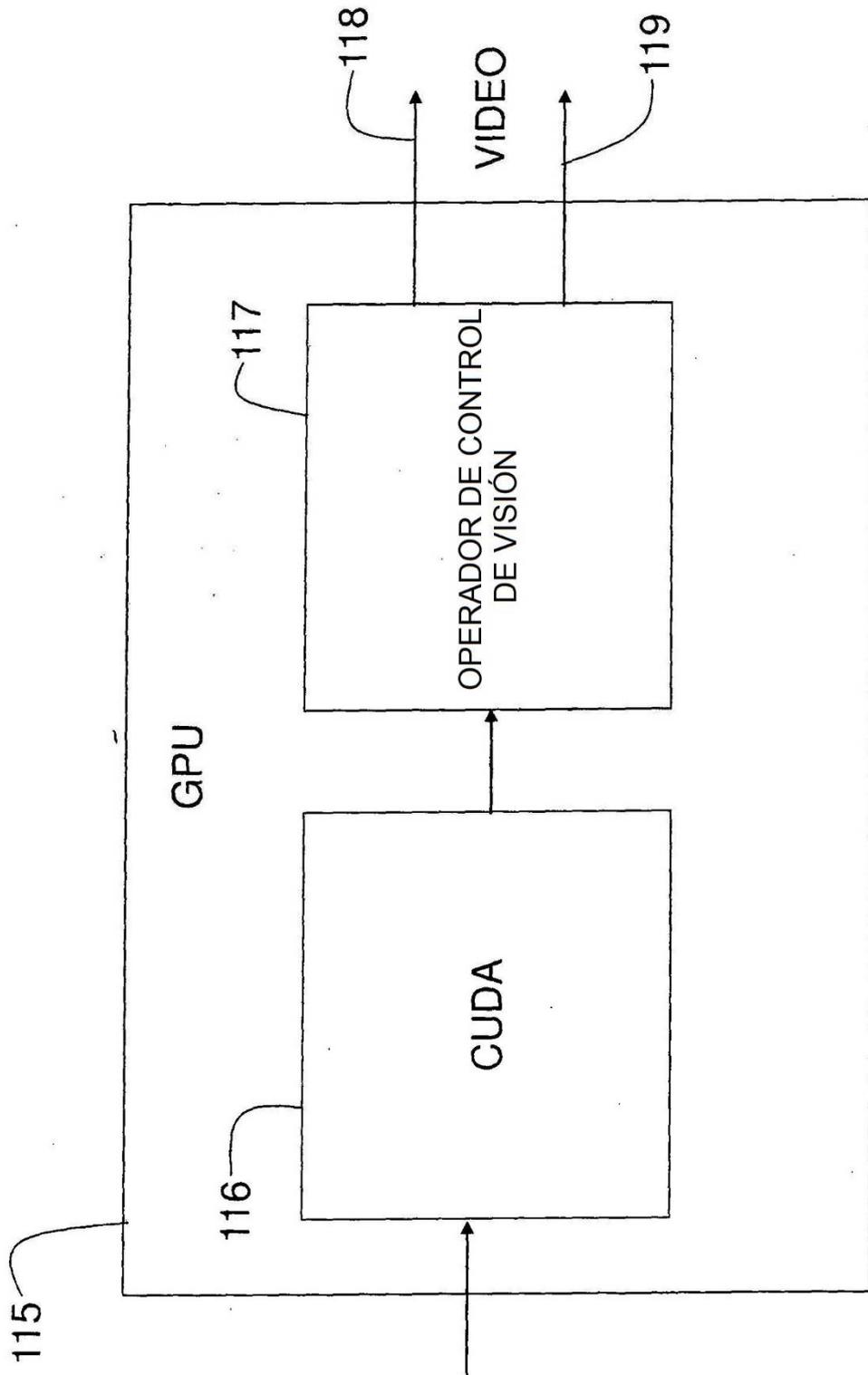


FIG. 11



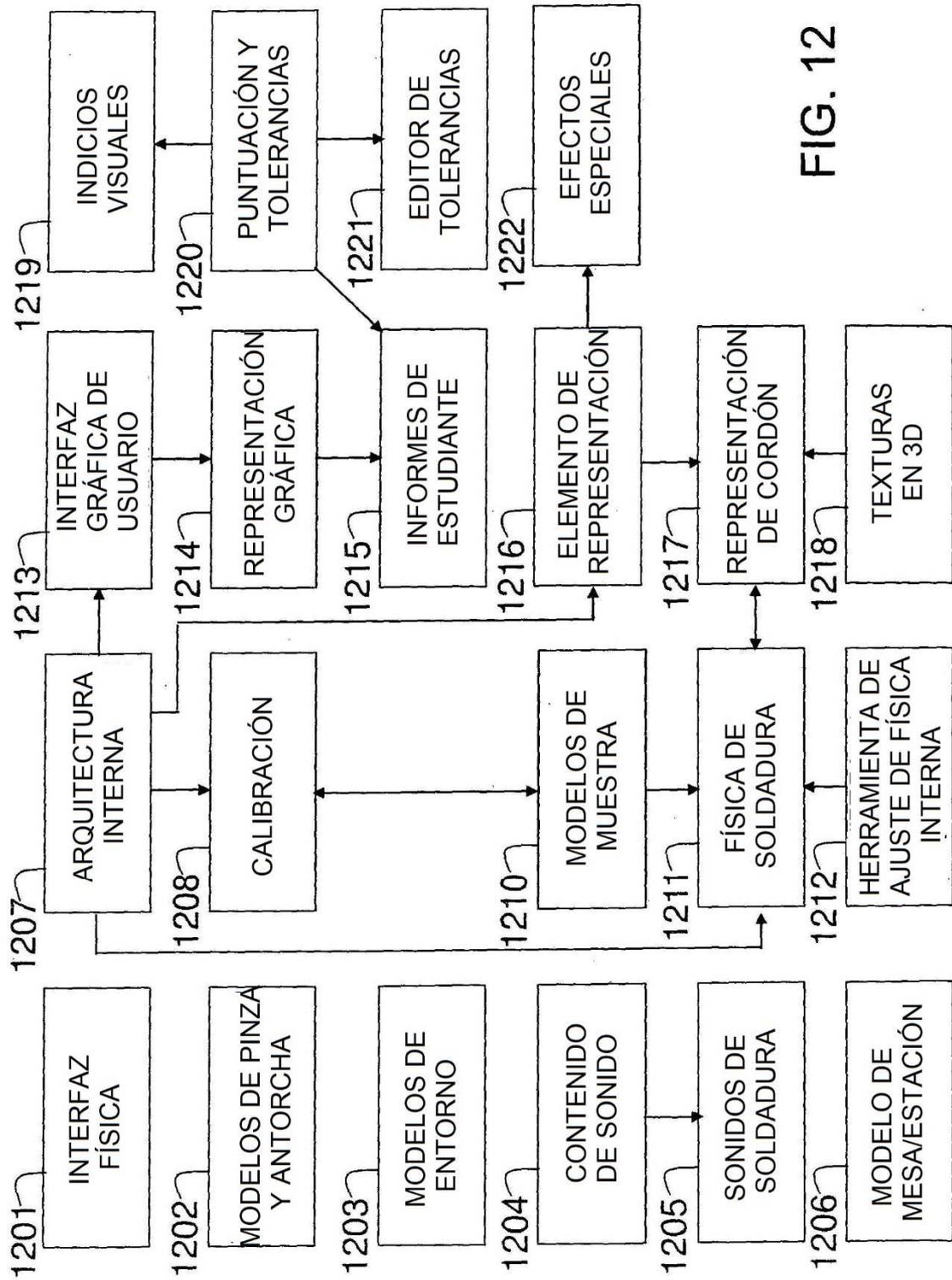


FIG. 12

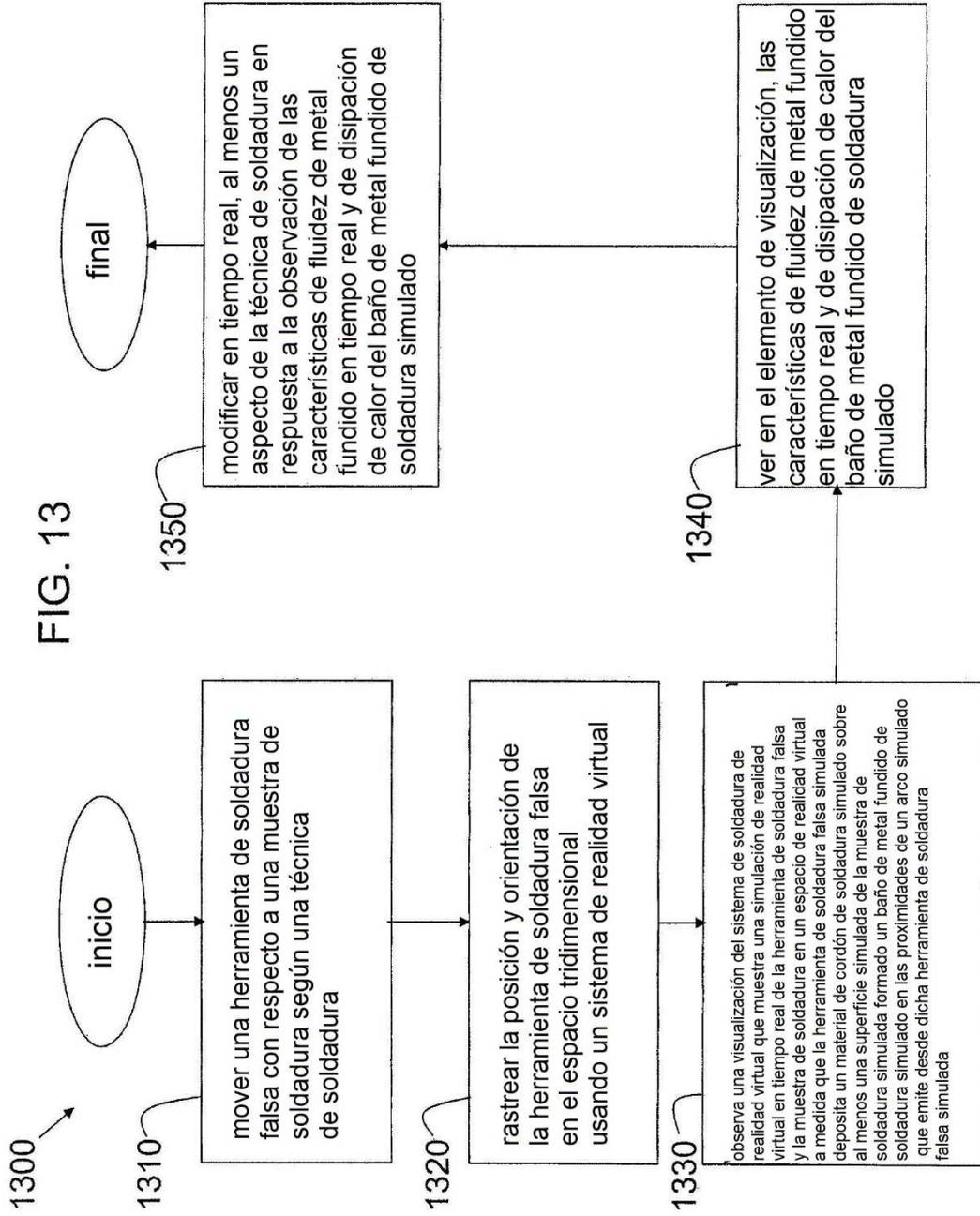


FIG. 14A

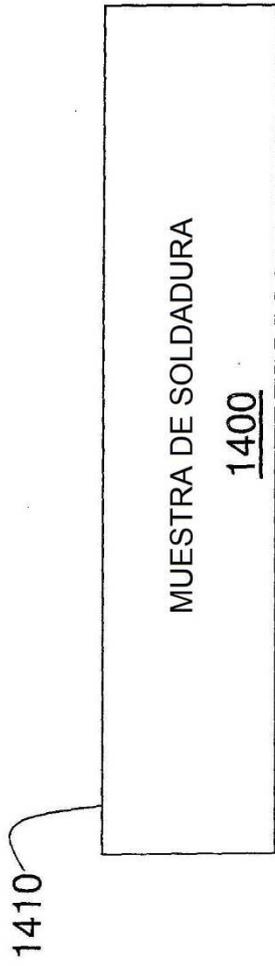
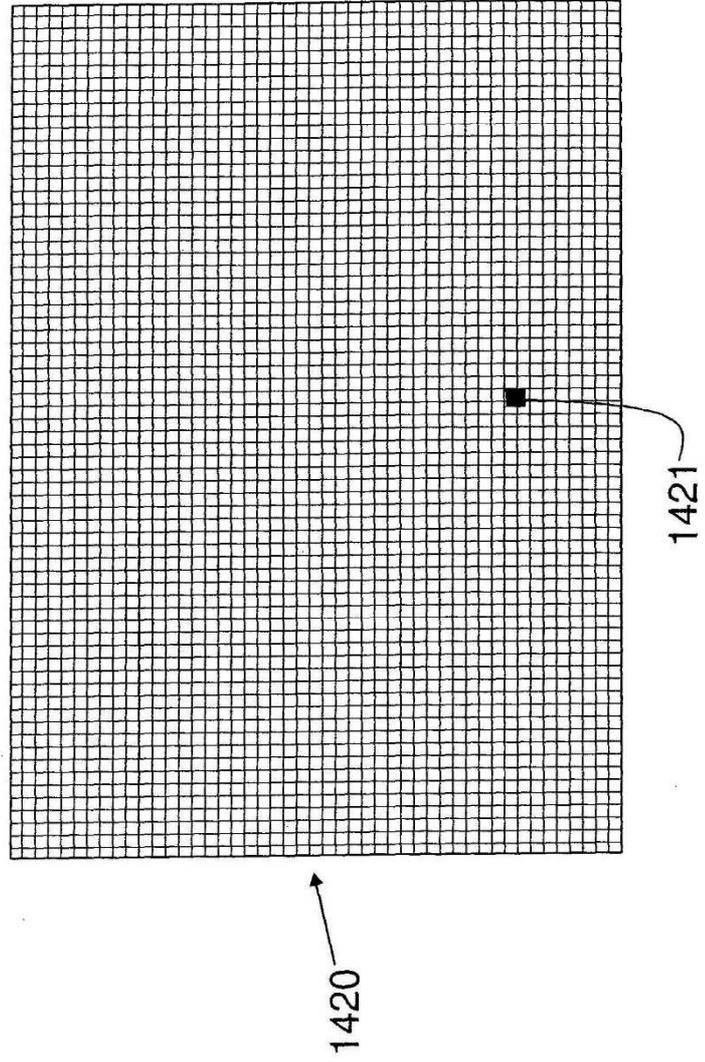


FIG. 14B



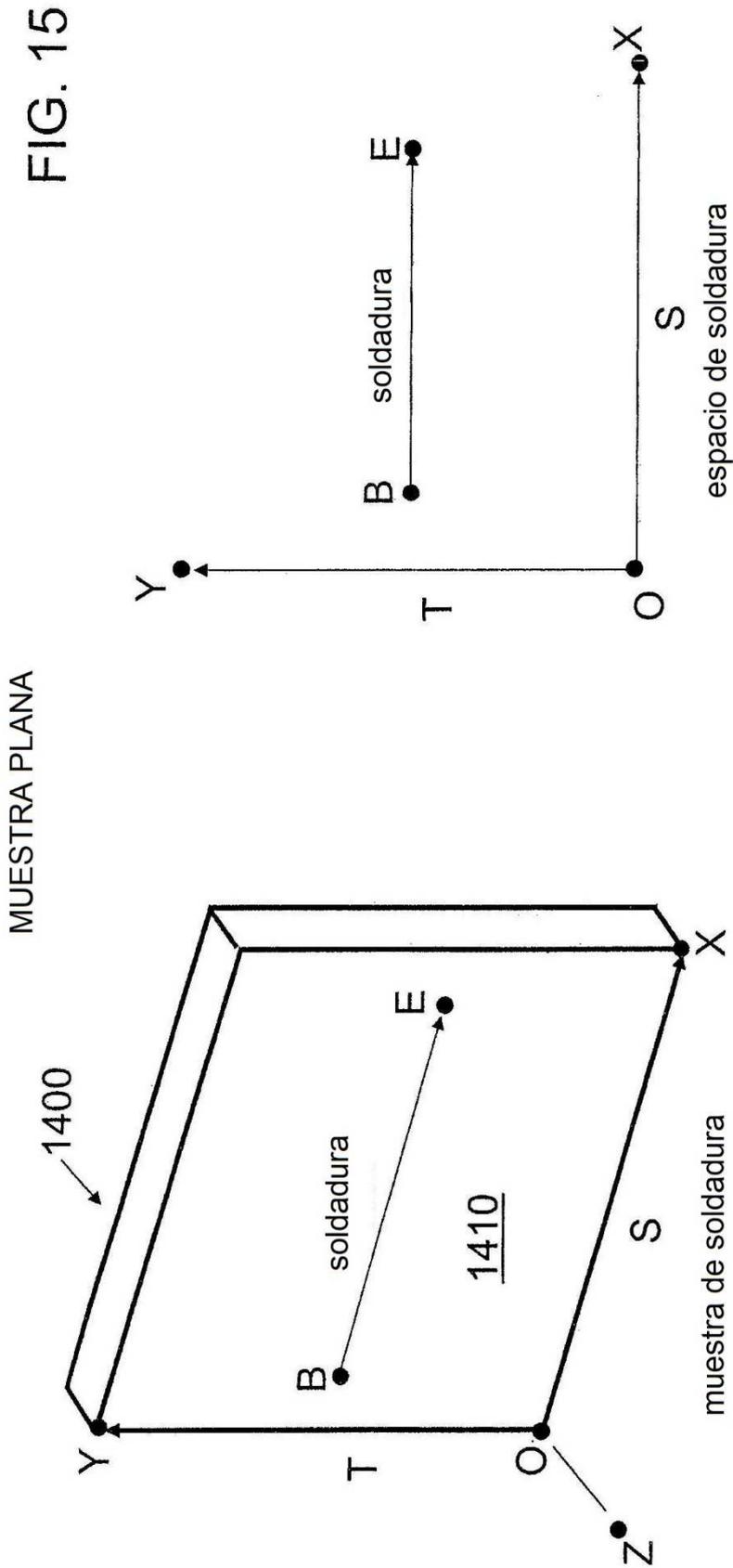
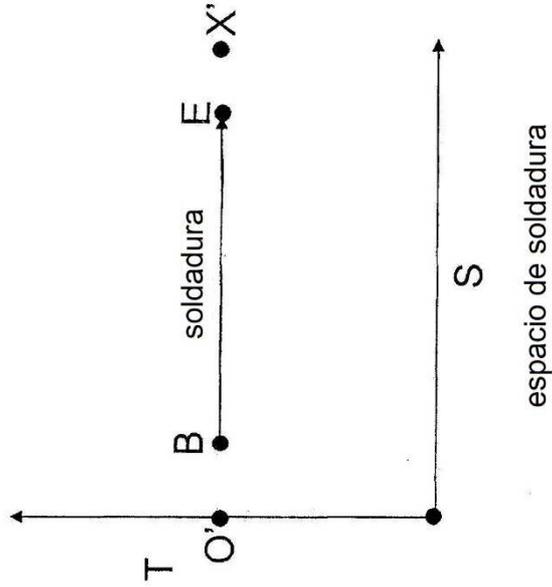
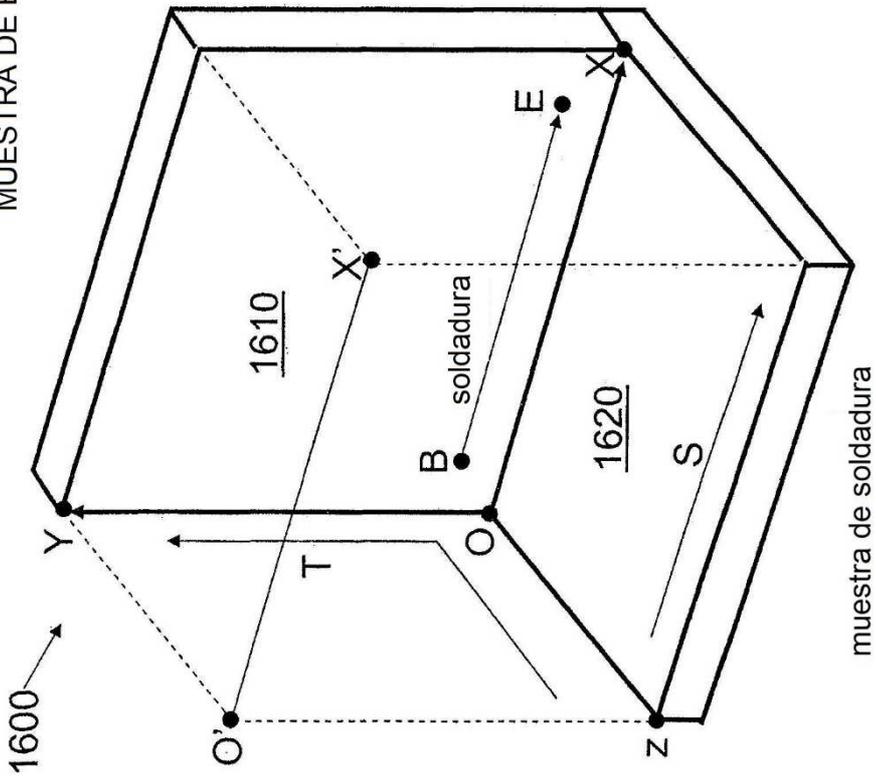


FIG. 15

$$\begin{aligned} \text{Anchura} &= |X-O| \\ \text{Altura} &= |Y-O| \\ \text{Desplazamiento} &= |Z-O| \end{aligned}$$

FIG. 16

MUESTRA DE ESQUINA



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

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

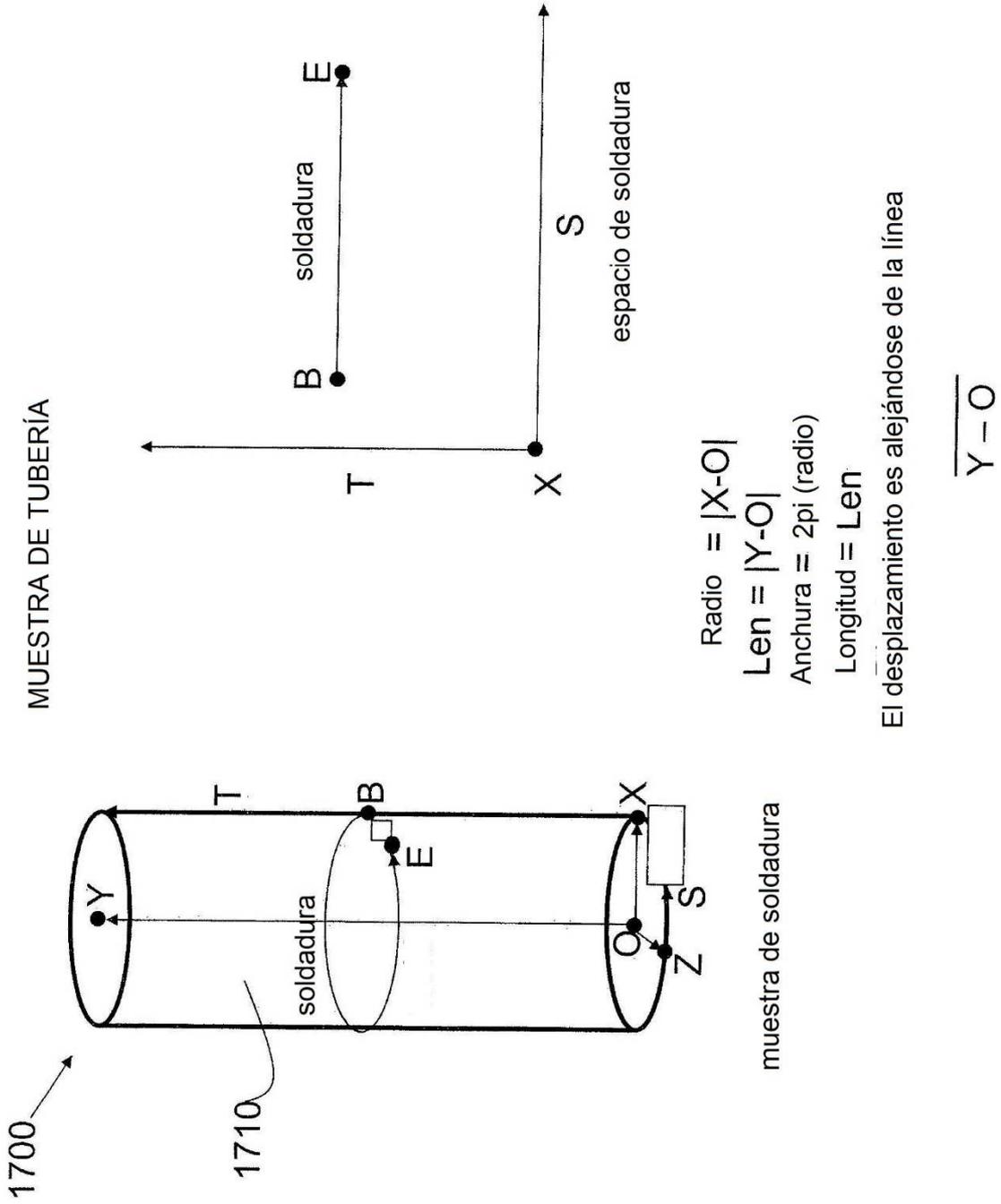
$$O' = Z + Y - O$$

$$X' = O' + X - O$$

El desplazamiento es hacia la línea

$$\overline{X' - O'}$$

FIG. 17



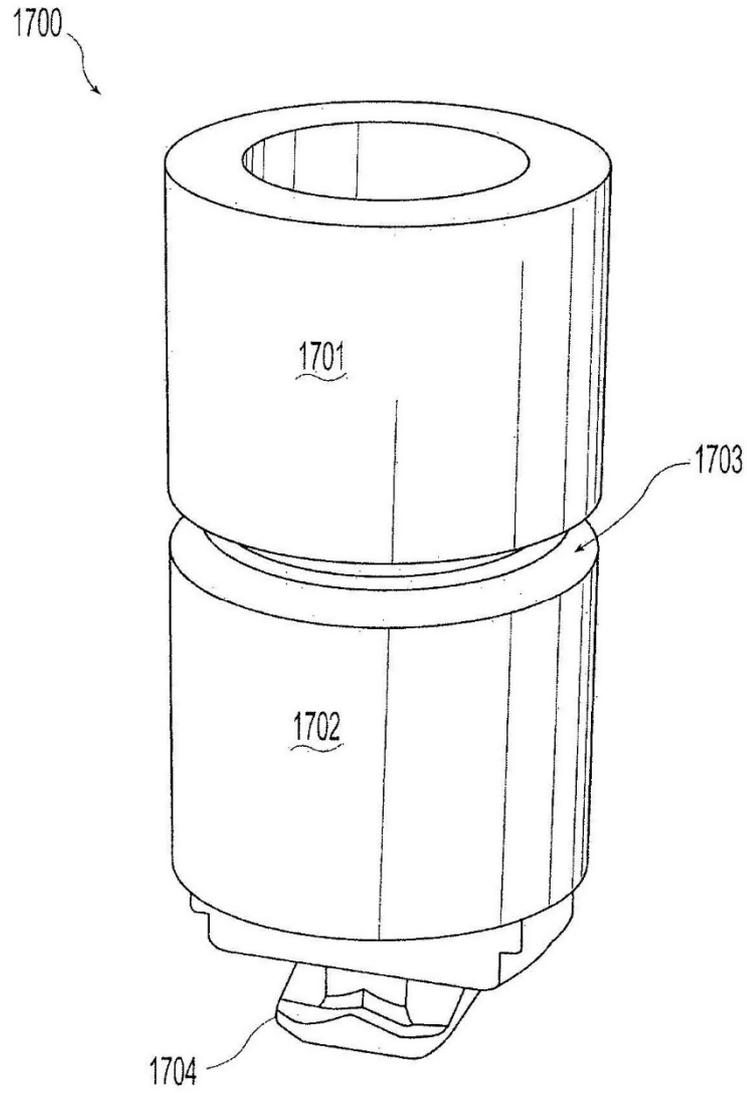


Fig. 18

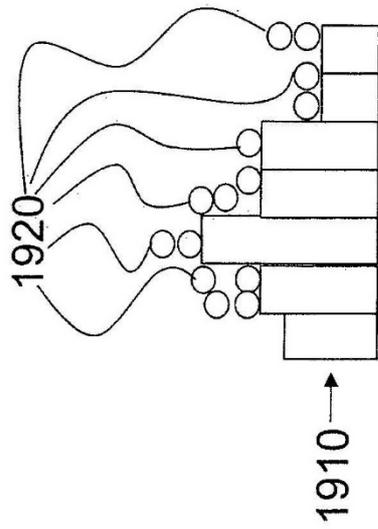


FIG. 19A

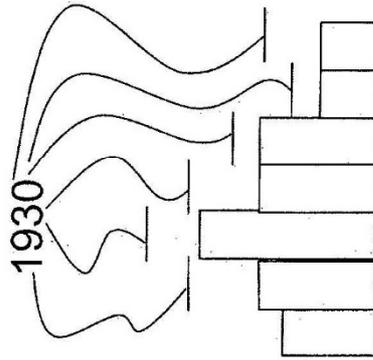


FIG. 19B

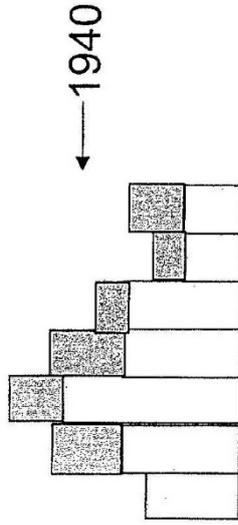


FIG. 19C

2000

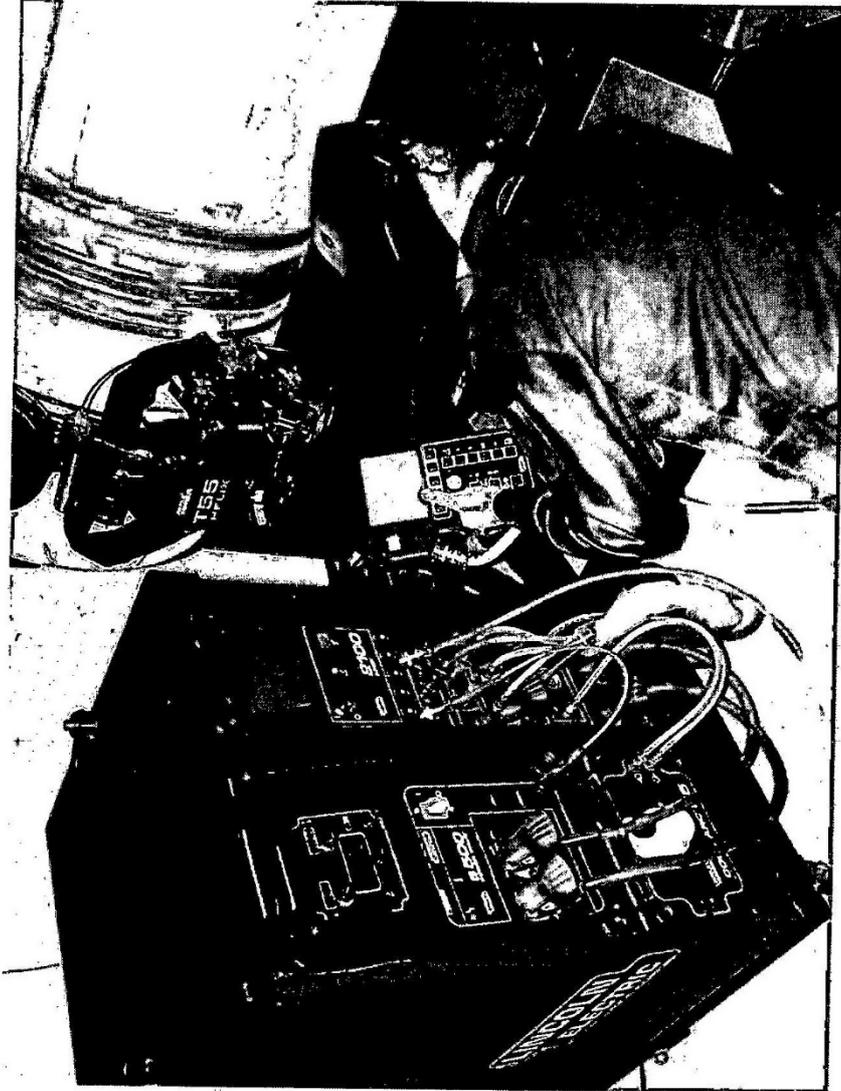


FIG. 20

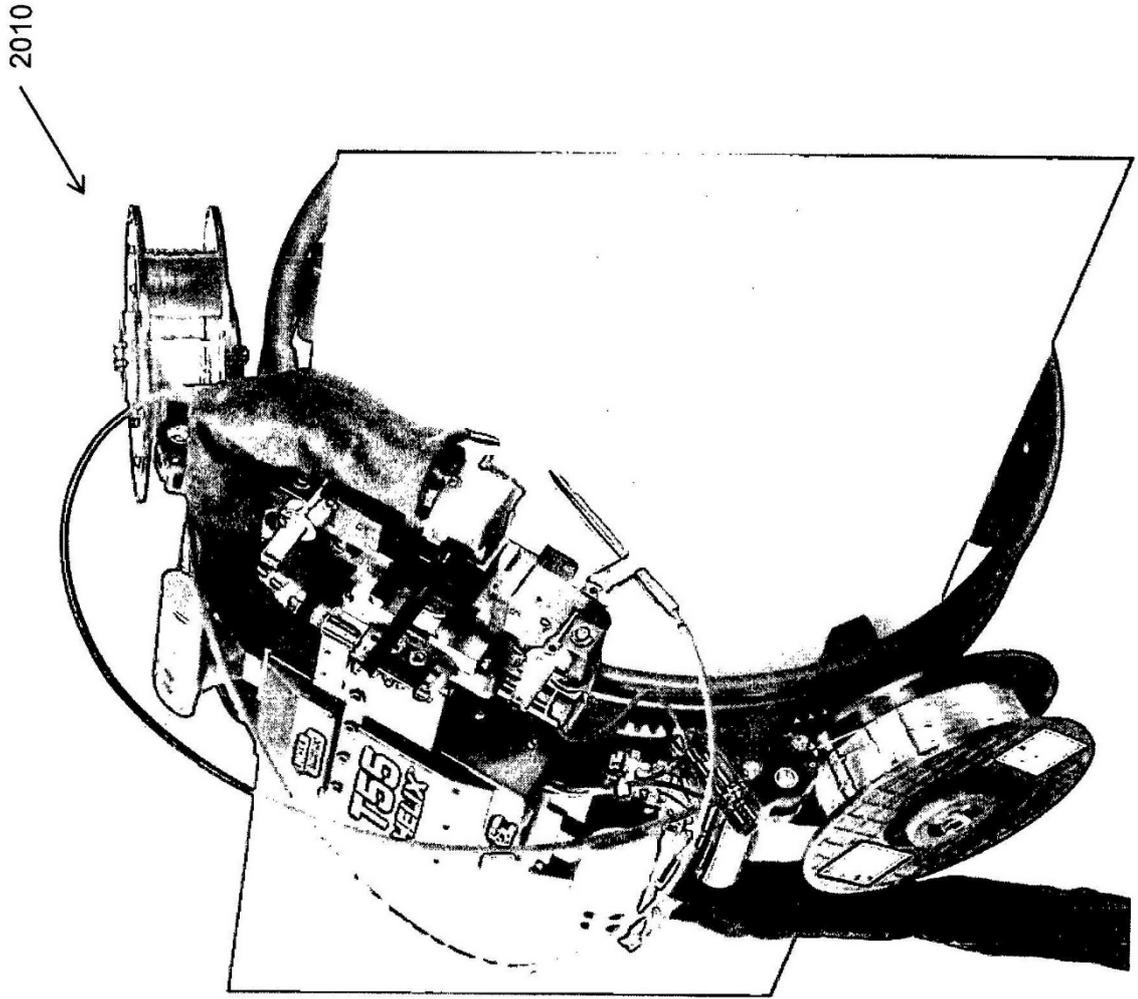


FIG. 21

2020  
↙

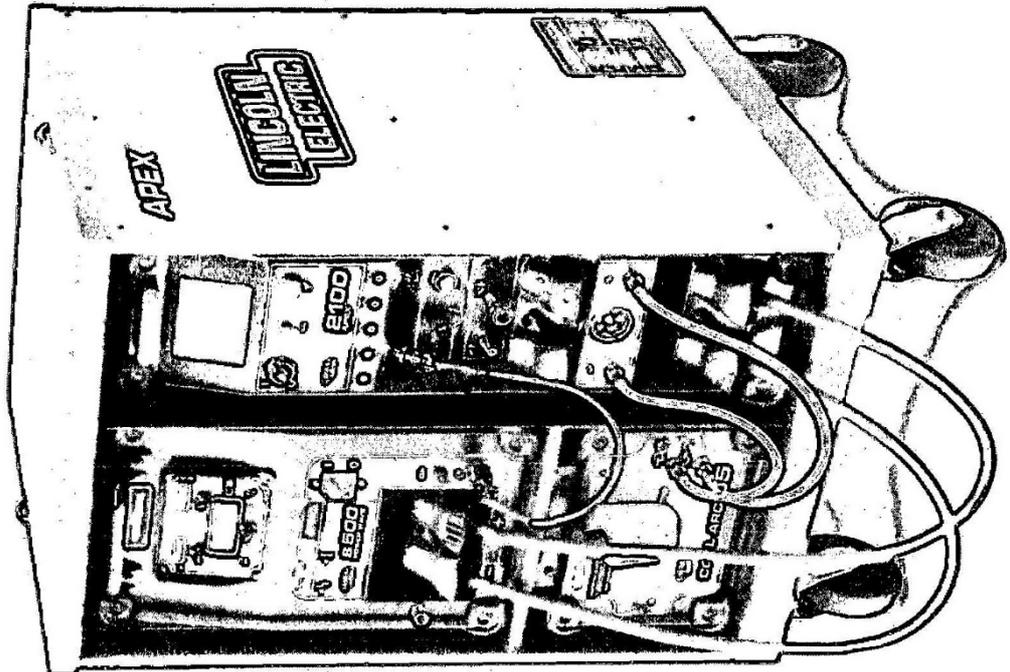


FIG. 22

2030

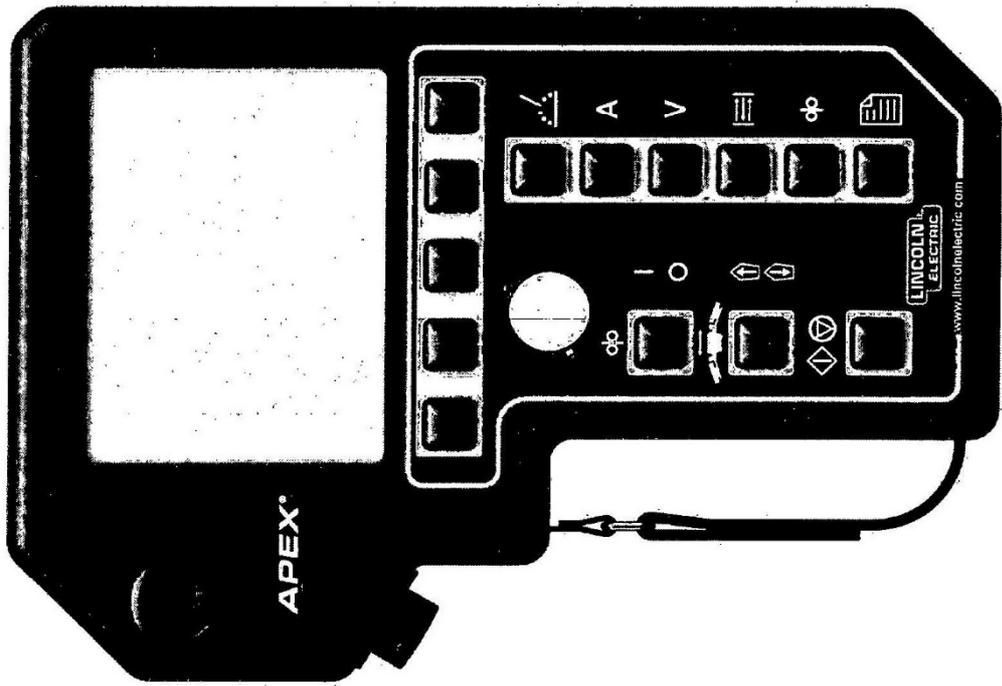


FIG. 23