

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 904 274**

51 Int. Cl.:

G09B 19/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.03.2014 PCT/IB2014/000289**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.09.2014 WO14140722**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2014 E 14720221 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.12.2021 EP 2973514**

54 Título: **Sistema y método que proporcionan una combinación de soldadura por arco de realidad virtual y visualización tridimensional (3D)**

30 Prioridad:

11.03.2013 US 201313792288

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

04.04.2022

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**PETERS, CARL y
WALLACE, MATTHEW WAYNE**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 904 274 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema y método que proporcionan una combinación de soldadura por arco de realidad virtual y visualización tridimensional (3D)

5 La presente solicitud de patente de EE. UU. reivindica la prioridad y es una solicitud de continuación en parte (CIP) de la solicitud de patente de EE. UU. pendiente número de acta 12/501.257 presentada el 10 de julio de 2009.

CAMPO DE LA INVENCION

10 La invención está relacionada con un sistema para proporcionar capacitación de soldadura por arco según la reivindicación 1 y con un método para proporcionar capacitación de soldadura por arco según la reivindicación 4. Algunas realizaciones se relacionan con la simulación de realidad virtual. Más particularmente, ciertas realizaciones se refieren a sistemas y métodos para proporcionar capacitación de soldadura por arco en un entorno de realidad virtual simulado o entorno de realidad aumentada utilizando retroalimentación de charco de soldadura en tiempo real y datos tridimensionales (3D) en un formato de transmisión estereoscópico en 3D.

ANTECEDENTES TÉCNICOS

20 Aprender a soldar por arco tradicionalmente requiere muchas horas de instrucción, capacitación y práctica. Existen muchos tipos diferentes de soldaduras por arco y procesos de soldadura por arco que se pueden aprender. Por lo general, un estudiante aprende a soldar utilizando un sistema de soldadura real y realizando operaciones de soldadura en piezas de metal reales. Este tipo de capacitación en el mundo real puede agotar los escasos recursos de soldadura y consumir materiales de soldadura limitados. Sin embargo, recientemente la idea de capacitación con simulaciones de soldadura se ha vuelto más popular. Algunas simulaciones de soldadura se implementan a través de ordenadores personales y/o en línea a través de Internet. Sin embargo, las simulaciones de soldadura conocidas actualmente tienden a estar limitadas en su enfoque de capacitación. Por ejemplo, algunas simulaciones de soldadura se enfocan en capacitaciones solo para la "memoria muscular", que simplemente capacita a un estudiante de soldadura sobre cómo sostener y colocar una herramienta de soldadura. Otras simulaciones de soldadura se centran en mostrar efectos visuales y sonoros del proceso de soldadura, pero solo de una manera limitada y, a menudo, poco realista, lo que no brinda al estudiante la retroalimentación deseada que es altamente representativa de la soldadura en el mundo real. Esa retroalimentación real es la que dirige al estudiante a hacer los ajustes necesarios para hacer una buena soldadura. La soldadura se aprende observando el arco y/o charco, no mediante la memoria muscular. El documento US20110183304 divulga una simulación de soldadura por arco que proporciona una simulación de pruebas e inspección virtuales destructivas y no destructivas de soldaduras virtuales con fines de capacitación.

35 Otras limitaciones y desventajas de los enfoques convencionales, tradicionales y propuestos resultarán evidentes para un experto en la técnica, a través de la comparación de dichos enfoques con realizaciones de la presente invención como se expone en el resto de la presente solicitud con referencia a los dibujos.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

45 Un objeto de la invención es superar las limitaciones y desventajas mencionadas en la presente. Este problema se resuelve mediante un sistema para proporcionar capacitación de soldadura por arco según la reivindicación 1 y mediante un método para proporcionar capacitación de soldadura por arco según la 4. Otras realizaciones de la invención están sujetas a las subreivindicaciones.

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

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

55 La figura 1 ilustra una primera realización de ejemplo de un diagrama de bloques del sistema de un sistema que proporciona capacitación de soldadura por arco en un entorno de realidad virtual en tiempo real;
La figura 2 ilustra una realización de ejemplo de una consola de soldadura simulada combinada y un dispositivo de visualización del observador (ODD) del sistema de la figura 1;
la figura 3 ilustra una realización de ejemplo del dispositivo de visualización del observador (ODD) de la figura 2;
la figura 4 ilustra una realización de ejemplo de una parte frontal de la consola de soldadura simulada de la figura 2 que muestra una interfaz de usuario de soldadura (WUI) física;
60 la figura 5 ilustra una realización de ejemplo de una herramienta de soldadura falsa (MWT) del sistema de la figura 1;
la figura 6 ilustra una realización de ejemplo de una mesa/sopORTE (T/S) del sistema de la figura 1;
la figura 7A ilustra una realización de ejemplo de un cupón de soldadura (WC) de tubería del sistema de la figura 1;
la figura 7B ilustra el WC de tubería de la figura 7A montado en un brazo de la mesa/sopORTE (TS) de la figura 6;
65 la figura 8 ilustra varios elementos de una realización de ejemplo del rastreador espacial (ST) de la figura 1;

la figura 9A ilustra una realización de ejemplo de un dispositivo de visualización montado en el rostro (FMDD) del sistema de la figura 1;

la figura 9B es una ilustración de cómo se fija el FMDD de la figura 9A en la cabeza del usuario;

la figura 9C ilustra una realización de ejemplo del FMDD de la figura 9A montado dentro de un casco de soldadura;

5 la figura 10 ilustra una realización de ejemplo de un diagrama de bloques de subsistema de un subsistema basado en un procesador programable (PPS) del sistema de la figura 1;

la figura 11 ilustra una realización de ejemplo de un diagrama de bloques de una unidad de procesamiento de gráficos (GPU) del PPS de la figura 10;

la figura 12 ilustra una realización de ejemplo de un diagrama de bloques funcional del sistema de la figura 1;

10 la figura 13 es un diagrama de flujo de una realización de un método de capacitación que usa el sistema de capacitación de realidad virtual de la figura 1;

las figuras 14A-14B ilustran el concepto de un mapa de desplazamiento de píxeles de soldadura (wexel), según una realización de la presente invención;

15 la figura 15 ilustra una realización de ejemplo de un espacio de cupón y un espacio de soldadura de un cupón de soldadura (WC) plana simulada en el sistema de la figura 1;

la figura 16 ilustra una realización de ejemplo de un espacio de cupón y un espacio de soldadura de un cupón de soldadura (WC) de esquina (unión en T) simulada en el sistema de la figura 1;

la figura 17 ilustra una realización de ejemplo de un espacio de cupón y un espacio de soldadura de un cupón de soldadura (WC) de tubería simulada en el sistema de la figura 1;

20 la figura 18 ilustra una realización de ejemplo del cupón de soldadura (WC) de tubería de la figura 17;

las figuras 19A-19C ilustran una realización de ejemplo del concepto de un modelo de charco de doble desplazamiento del sistema de la figura 1;

la figura 20 ilustra una segunda realización de ejemplo de un diagrama de bloques del sistema de un sistema que proporciona capacitación de soldadura por arco en un entorno de realidad virtual en tiempo real; y

25 la figura 21 ilustra una realización de ejemplo de un diagrama de bloques del sistema de un sistema que proporciona una visualización estereoscópica en 3D de elementos virtuales generados como parte de un entorno de soldadura virtual utilizando el sistema de la figura 20.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

30 Una realización de la presente invención comprende un sistema de soldadura por arco de realidad virtual (VRAW) que comprende un subsistema basado en un procesador programable, un rastreador espacial conectado operativamente al subsistema basado en el procesador programable, al menos una herramienta de soldadura falsa capaz de ser rastreada espacialmente por el rastreador espacial y al menos un dispositivo de visualización

35 conectado operativamente al subsistema basado en el procesador programable. El sistema puede simular, en un espacio de realidad virtual, un charco de soldadura que tiene fluidez del metal fundido en tiempo real y características de disipación de calor. El sistema también puede mostrar el charco de soldadura simulada en el dispositivo de visualización en tiempo real. Las características de fluidez del metal fundido en tiempo real y de disipación de calor del charco de soldadura simulada proporcionan retroalimentación visual en tiempo real al usuario de la herramienta de soldadura falsa cuando se muestra, lo que le permite al usuario ajustar o mantener una técnica de soldadura en tiempo real en respuesta a la retroalimentación visual en el tiempo (es decir, ayuda al usuario a aprender a soldar de manera correcta). El charco de soldadura visualizado representa un charco de soldadura que se formaría en el mundo real según la técnica de soldadura del usuario y el proceso y los parámetros de soldadura seleccionados. Al ver un charco (por ejemplo, forma, color, escoria, tamaño, acabados de monedas apiladas), un

40 usuario puede modificar su técnica para hacer una buena soldadura y determinar la tipo de soldadura que se está realizando. La forma del charco responde al movimiento de la pistola o varilla. Como se usa en la presente, el término "tiempo real" significa percibir y experimentar en el tiempo en un entorno simulado de la misma manera que un usuario percibiría y experimentaría en un escenario de soldadura del mundo real. Además, el charco de soldadura responde a los efectos del entorno físico, incluida la gravedad, lo que permite al usuario practicar de manera realista la soldadura en varias posiciones, incluida la soldadura por encima de la cabeza y varios ángulos de soldadura de tubería (por ejemplo, 1G, 2G, 5G, 6G). Como se usa en la presente, el término "soldadura virtual" se refiere a una parte soldada simulada que existe en el espacio de realidad virtual. Por ejemplo, un cupón de soldadura simulada que se ha soldado virtualmente como se describe en la presente es un ejemplo de una

55 soldadura virtual.

La figura 1 ilustra una realización de ejemplo de un diagrama de bloques del sistema de un sistema 100 que proporciona capacitación de soldadura por arco en un entorno de realidad virtual en tiempo real. El sistema 100 incluye un subsistema basado en procesador programable (PPS) 110. El sistema 100 incluye además un rastreador espacial (ST) 120 conectado operativamente al PPS 110. El sistema 100 también incluye una interfaz de usuario de soldadura (WUI) física 130 conectada operativamente al PPS 110 y un dispositivo de visualización montado en el

60 rostro (FMDD) 140 conectado operativamente al PPS 110 y al ST 120. El sistema 100 incluye además un dispositivo de visualización del observador (ODD) 150 conectado operativamente al PPS 110. El sistema 100 también incluye al menos una herramienta de soldadura falsa (MWT) 160 conectada operativamente al ST 120 y al PPS 110. El sistema 100 incluye además una mesa/soporte (T/S) 170 y al menos un cupón de soldadura (WC) 180 que se puede

unir a T/S 170. Según una realización alternativa de la presente invención, se proporciona una botella de gas simulada (no mostrada) que simula una fuente de gas protector y tiene un regulador de flujo ajustable.

La figura 2 ilustra una realización de ejemplo de una consola de soldadura simulada combinada 135 (que simula una interfaz de usuario de fuente de poder de soldadura) y un dispositivo de visualización del observador (ODD) 150 del sistema 100 de la figura 1. La WUI física 130 reside en una parte frontal de la consola 135 y proporciona perillas, botones y una palanca de mando para que el usuario seleccione varios modos y funciones. El ODD 150 está conectado a una parte superior de la consola 135. La MWT 160 se posiciona en un soporte unido a una parte lateral de la consola 135. Internamente, la consola 135 contiene el PPS 110 y una parte de ST 120.

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

Como se muestra en la figura 3, el ODD 150 puede mostrar una primera escena de usuario que muestra varios parámetros de soldadura 151 que incluyen la posición, la punta para la pieza de trabajo, el ángulo de soldadura, el ángulo de desplazamiento y la velocidad de desplazamiento. Estos parámetros pueden seleccionarse y visualizarse en tiempo real en forma gráfica y se utilizan para enseñar la técnica de soldadura adecuada. Además, como se muestra en la figura 3, el ODD 150 puede mostrar estados de discontinuidad de soldadura simulada 152 que incluyen, por ejemplo, tamaño de soldadura inadecuado, colocación deficiente del cordón, cordón cóncavo, convexidad excesiva, mordeduras, porosidad, fusión incompleta, inclusión de escoria, exceso de salpicaduras, sobrellenado y quemadura (penetración excesiva). La mordedura es una ranura derretida en el metal base adyacente a la soldadura o la raíz de la soldadura y dejada sin rellenar por el metal de soldadura. La mordedura se debe a menudo a un ángulo de soldadura incorrecto. La porosidad corresponde a discontinuidades de tipo cavidad formadas por el atrapamiento de gas durante la solidificación, a menudo causadas al mover el arco demasiado lejos del cupón.

Además, como se muestra en la figura 3, el ODD 150 puede mostrar las selecciones del usuario 153 que incluyen menú, acciones, indicios visuales, cupón nuevo y pasada final. Estas selecciones de usuario están vinculadas a los botones de usuario de la consola 135. Cuando un usuario realiza varias selecciones, por ejemplo, a través de una pantalla táctil del ODD 150 o mediante la WUI física 130, las características mostradas pueden cambiar para proporcionar información seleccionada y otras opciones al usuario. Además, el ODD 150 puede visualizar una vista observada por un soldador que lleva el FMDD 140 en la misma vista angular del soldador o en varios ángulos diferentes, por ejemplo, elegidos por un instructor. El ODD 150 puede ser visto por un instructor y/o estudiantes para varios propósitos de capacitación. Por ejemplo, la vista se puede girar alrededor de la soldadura terminada, lo que permite una inspección visual por parte de un instructor. Según una realización alternativa de la presente invención, el video del sistema 100 puede enviarse a una ubicación remota, por ejemplo, a través de Internet para la visualización y/o crítica remota. Además, se puede proporcionar audio, lo que permite la comunicación de audio en tiempo real entre un estudiante y un instructor remoto.

La figura 4 ilustra una realización de ejemplo de una parte frontal de la consola de soldadura simulada 135 de la figura 2 que muestra una interfaz de usuario de soldadura física (WUI) 130. La WUI 130 incluye un conjunto de botones 131 correspondientes a las selecciones de usuario 153 visualizadas en el ODD 150. Los botones 131 están coloreados para corresponder a los colores de las selecciones de usuario 153 mostradas en el ODD 150. Cuando se presiona uno de los botones 131, se envía una señal al PPS 110 para activar la función correspondiente. La WUI 130 también incluye una palanca de mando 132 que puede ser utilizada por un usuario para seleccionar varios parámetros y selecciones que se visualizan en el ODD 150. La WUI 130 incluye además un dial o perilla 133 para ajustar la velocidad de alimentación de hilo/amperaje, y otro dial o perilla 134 para ajustar voltajes/trim. La WUI 130 también incluye un dial o perilla 136 para seleccionar un proceso de soldadura por arco. Según una realización de la presente invención, se pueden seleccionar tres procesos de soldadura por arco que incluyen soldadura por arco con núcleo de fundente (FCAW) que incluyen procesos con protección de gas y autoprotección; soldadura por arco metálico con gas (GMAW) que incluye arco corto, pulverización axial, STT y pulsos; soldadura por arco de tungsteno con gas (GTAW); y soldadura por arco de metal blindado (SMAW) que incluye electrodos E6010 y E7010. La WUI 130 incluye además un dial o perilla 137 para seleccionar una polaridad de soldadura. Según una realización de la presente invención, se pueden seleccionar tres polaridades de soldadura por arco que incluyen corriente alterna (CA), corriente continua positiva (CC+) y corriente continua negativa (CC-).

La figura 5 ilustra una realización de ejemplo de una herramienta de soldadura falsa (MWT) 160 del sistema 100 de la figura 1. La MWT 160 de la figura 5 simula una herramienta de soldadura con varilla para soldadura de placas y tuberías e incluye un soporte 161 y un electrodo de varilla simulada 162. Se usa un gatillo en MWT 160 para comunicar una señal al PPS 110 para activar un proceso de soldadura simulada seleccionado. El electrodo de varilla simulada 162 incluye una punta táctil resistiva 163 para simular la retroalimentación resistiva que se produce, por ejemplo, durante un procedimiento de soldadura de pasada de raíz en la soldadura de tuberías del mundo real o al

soldar una placa. Si el usuario mueve el electrodo de varilla simulada 162 demasiado lejos de la raíz, el usuario podrá percibir o sentir la resistencia más baja, obteniendo así retroalimentación para su uso en el ajuste o mantenimiento del proceso de soldadura actual.

5 Se contempla que la herramienta de soldadura con varilla puede incorporar un accionador, no mostrado, que retira el electrodo de varilla simulada 162 durante el proceso de soldadura virtual. Es decir, cuando un usuario realiza una actividad de soldadura virtual, la distancia entre el soporte 161 y la punta del electrodo de varilla simulada 162 se reduce para simular el consumo del electrodo. La tasa de consumo, es decir, la retirada del electrodo de varilla 162, puede ser controlada por el PPS 110 y más específicamente por instrucciones codificadas ejecutadas por el PPS
10 110. La tasa de consumo simulada también puede depender de la técnica del usuario. Cabe mencionar aquí que como el sistema 100 facilita la soldadura virtual con diferentes tipos de electrodos, la tasa de consumo o la reducción del electrodo de varilla 162 pueden cambiar con el procedimiento de soldadura utilizado y/o la configuración del sistema 100.

15 También son posibles otras herramientas de soldadura falsa, según otras realizaciones de la presente invención, que incluyen MWD que simula una pistola de soldadura semiautomática de mano que tiene un electrodo de hilo alimentado a través de la pistola, por ejemplo. Además, según otras realizaciones determinadas de la presente invención, se podría usar una herramienta de soldadura real como MWT 160 para simular mejor la sensación real de la herramienta en las manos del usuario, aunque, en el sistema 100, la herramienta no se utilizaría para crear un arco real. Además, se puede proporcionar una herramienta de amolado simulada, para su uso en un modo de rectificado simulado del simulador 100. De manera similar, se puede proporcionar una herramienta de corte simulada, para su uso en un modo de corte simulado del simulador 100. Además, se puede proporcionar un soplete de soldadura por arco de tungsteno de gas (GTAW) simulada o material de relleno para su uso en el simulador 100.

25 La figura 6 ilustra una realización de ejemplo de una mesa/soporte (T/S) 170 del sistema 100 de la figura 1. La T/S 170 incluye una mesa ajustable 171, un soporte o base 172, un brazo ajustable 173 y un poste vertical 174. La mesa 171, el soporte 172 y el brazo 173 están unidos cada uno al poste vertical 174. Cada uno de la mesa 171 y el brazo 173 pueden ajustarse manualmente hacia arriba, hacia abajo y rotacionalmente con respecto al poste vertical 174. El brazo 173 se usa para sostener varios cupones de soldadura (por ejemplo, cupón de soldadura 175) y un usuario puede descansar su brazo sobre la mesa 171 durante la capacitación. El poste vertical 174 está indexado con información de posición para que el usuario pueda saber exactamente dónde están posicionados verticalmente el brazo 173 y la mesa 171 en el poste 171. Esta información de posición vertical puede ser ingresada en el sistema
30 por un usuario mediante el uso de WUI 130 y ODD 150.

35 Según una realización alternativa de la presente invención, las posiciones de la mesa 171 y el brazo 173 pueden ser configuradas automáticamente por el PSS 110 mediante ajustes preprogramados, o mediante la WUI 130 y/o el ODD 150 según lo ordene el usuario. En esa realización alternativa, la T/S 170 incluye, por ejemplo, motores y/o servomecanismos, y los comandos de señal del PPS 110 activan los motores y/o servomecanismos. Según otra realización alternativa de la presente invención, las posiciones de la mesa 171 y el brazo 173 y el tipo de cupón son detectados por el sistema 100. De esta manera, un usuario no tiene que ingresar manualmente la información de posición a través de la interfaz de usuario. En esa realización alternativa, la T/S 170 incluye detectores de posición y orientación y envía comandos de señal al PPS 110 para proporcionar información de posición y orientación, y el WC 175 incluye sensores que detectan la posición (por ejemplo, sensores en espiral para detectar campos magnéticos). Un usuario puede ver una representación del ajuste de T/S 170 en el ODD 150 a medida que se cambian los
40 parámetros de ajuste, según una realización de la presente invención.

La figura 7A ilustra una realización de ejemplo de un cupón de soldadura (WC) de tubería 175 del sistema 100 de la figura 1; El WC 175 simula dos tuberías de seis pulgadas de diámetro de 175' y 175" colocadas juntas para formar una raíz 176 que se va a soldar. El WC 175 incluye una parte de conexión 177 en un extremo del WC 175, lo que permite que el WC 175 se fije de manera precisa y repetible al brazo 173. La figura 7B ilustra el WC de tubería 175 de la figura 7A montado en el brazo 173 de la mesa/soporte (TS) 170 de la figura 6. La manera precisa y repetible en la que el WC 175 se puede unir al brazo 173 permite que la calibración espacial del WC 175 se realice solo una vez en la fábrica. Luego, en el campo, siempre que se le indique al sistema 100 la posición del brazo 173, el sistema 100 puede rastrear la MWT 160 y el FMDD 140 con respecto al WC 175 en un entorno virtual. Una primera parte del
50 brazo 173, al que está unido el WC 175, puede inclinarse con respecto a una segunda parte del brazo 173, como se muestra en la figura 6. Esto permite al usuario practicar la soldadura de tubería con la tubería en cualquiera de las diferentes orientaciones y ángulos.

La figura 8 ilustra varios elementos de una realización de ejemplo del rastreador espacial (ST) 120 de la figura 1. ST 120 es un rastreador magnético que puede interactuar operativamente con el PPS 110 del sistema 100. ST 120 incluye una fuente magnética 121 y un cable de fuente, al menos un sensor 122 y un cable asociado, un software anfitrión en el disco 123, una fuente de alimentación 124 y un cable asociado, cables USB y RS-232 125 y una unidad de seguimiento del procesador 126. La fuente magnética 121 puede conectarse operativamente a la unidad de seguimiento del procesador 126 mediante un cable. El sensor 122 puede conectarse operativamente a la unidad de seguimiento del procesador 126 mediante un cable. La fuente de alimentación 124 puede conectarse
60 de seguimiento del procesador 126 mediante un cable. La fuente de alimentación 124 puede conectarse

operativamente a la unidad de seguimiento del procesador 126 mediante un cable. La unidad de seguimiento del procesador 126 es un cable que se conecta operativamente al PPS 110 a través de un cable USB o RS-232 125. El software anfitrión en el disco 123 se puede cargar en el PPS 110 y permite la comunicación funcional entre ST 120 y PPS 110.

5 Con referencia a la figura 6, la fuente magnética 121 de ST 120 está montada en la primera parte del brazo 173. La fuente magnética 121 crea un campo magnético alrededor de la fuente 121, incluido el espacio que abarca el WC 175 unido al brazo 173, que establece un marco de referencia espacial 3D. T/S 170 es en gran parte no metálico (no férreo y no conductor) para no distorsionar el campo magnético creado por la fuente magnética 121. El sensor 122 incluye tres bobinas de inducción alineadas ortogonalmente a lo largo de tres direcciones espaciales. Cada una de las bobinas de inducción del sensor 122 mide la fuerza del campo magnético en cada una de las tres direcciones y proporciona esa información a la unidad de seguimiento del procesador 126. Como resultado, el sistema 100 puede saber dónde está cualquier parte del WC 175 con respecto al marco de referencia espacial 3D establecido por el campo magnético cuando el WC 175 está montado en el brazo 173. El sensor 122 puede estar unido a la MWT 160 o al FMDD 140, permitiendo que la MWT 160 o el FMDD 140 sean rastreados por ST 120 con respecto al marco de referencia espacial 3D tanto en el espacio como en la orientación. Cuando se proporcionan dos sensores 122 y se conectan operativamente a la unidad de seguimiento del procesador 126, se pueden seguir tanto la MWT 160 como el FMDD 140. De esta manera, el sistema 100 puede crear un WC virtual, una MWT virtual y una T/S virtual en el espacio de realidad virtual y mostrar el WC virtual, la MWT virtual y la T/S virtual en el FMDD 140 y/o el ODD 150 como la MWT 160 y el FMDD 140 se rastrean con respecto al marco de referencia espacial 3D.

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

La figura 9A ilustra una realización de ejemplo del dispositivo de visualización montado en el rostro 140 (FMDD) del sistema 100 de la figura 1. La figura 9B es una ilustración de cómo se fija el FMDD 140 de la figura 9A en la cabeza del usuario. La figura 9C ilustra una realización de ejemplo del FMDD 140 de la figura 9A integrado en un casco de soldadura 900. El FMDD 140 se conecta operativamente al PPS 110 y a ST 120 ya sea a través de medios cableados o de forma inalámbrica. Un sensor 122 de ST 120 se puede conectar al FMDD 140 o al casco de soldadura 900, según varias realizaciones de la presente invención, permitiendo que el FMDD 140 y/o el casco de soldadura 900 sean rastreados con respecto al marco de referencia espacial 3D creado por ST 120.

Según una realización de la presente invención, el FMDD 140 incluye dos micropantallas OLED 3D SVGA de alto contraste pueden suministrar video fluido de movimiento completo en los modos de video de fotogramas secuenciales y 2D. El video del entorno de realidad virtual se proporciona y se muestra en el FMDD 140. Puede proporcionarse un modo de ampliación (por ejemplo, 2X), que permite al usuario simular una lente tramposa, por ejemplo.

El FMDD 140 incluye además dos altavoces de auricular 910, lo que permite al usuario escuchar sonidos ambientales y relacionados con la soldadura simulada producidos por el sistema 100. El FMDD 140 puede interactuar operativamente con el PPS 110 a través de medios alámbricos o inalámbricos, según varias realizaciones de la presente invención. Según una realización de la presente invención, el PPS 110 proporciona video estereoscópico al FMDD 140, proporcionando al usuario una percepción de profundidad mejorada. Según una realización alternativa de la presente invención, un usuario puede usar un control en la MWT 160 (por ejemplo, un botón o interruptor) para llamar y seleccionar menús y mostrar opciones en el FMDD 140. Esto puede permitir al usuario restablecer fácilmente una soldadura si comete un error, cambiar ciertos parámetros o retroceder un poco para volver a hacer una parte de la trayectoria de un cordón de soldadura, por ejemplo.

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

La figura 11 ilustra una realización de ejemplo de un diagrama de bloques de una unidad de procesamiento de gráficos (GPU) 115 del PPS 110 de la figura 10. Cada GPU 115 admite la implementación de algoritmos de datos en paralelo. Según una realización de la presente invención, cada GPU 115 proporciona dos salidas de video 118 y 119 capaces de proporcionar dos vistas de realidad virtual. Dos de las salidas de video se pueden enrutar al FMDD 140, representando el punto de vista del soldador, y una tercera salida de video se puede enrutar al ODD 150, por

ejemplo, representando el punto de vista del soldador o algún otro punto de vista. La cuarta salida de video restante puede dirigirse a un proyector, por ejemplo. Ambas GPU 115 realizan los mismos cálculos de física de soldadura pero pueden representar el entorno de realidad virtual desde el mismo punto de vista o puntos de vista diferentes. La GPU 115 incluye una arquitectura unificada de dispositivos de cómputo (CUDA) 116 y un sombreador 117. La CUDA 116 es el motor informático de la GPU 115 al que pueden acceder los desarrolladores de software a través de lenguajes de programación estándar de la industria. La CUDA 116 incluye núcleos paralelos y se utiliza para ejecutar el modelo físico de la simulación del charco de soldadura que se describe en la presente. La CPU 111 proporciona datos de entrada de soldadura en tiempo real a la CUDA 116 en la GPU 115. El sombreador 117 es responsable de dibujar y aplicar todas las ilustraciones de la simulación. Las ilustraciones de cordones y charcos están controladas por el estado de un mapa de desplazamiento de Wexel que se describe más adelante en la presente. Según una realización de la presente invención, el modelo físico se ejecuta y se actualiza a una velocidad de aproximadamente 30 veces por segundo.

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

La funcionalidad de la arquitectura interna 1207 proporciona la logística de software de nivel superior de los procesos del sistema 100 que incluye, por ejemplo, cargar archivos, retener información, administrar subprocesos, encender el modelo físico y activar menús. La funcionalidad de la arquitectura interna 1207 se ejecuta en la CPU 111, según una realización de la presente invención. Ciertas entradas en tiempo real al PPS 110 incluyen ubicación del arco, posición de la pistola, FMDD o posición del casco, estado de encendido/apagado de la pistola y estado de contacto realizado (sí/no).

La funcionalidad de interfaz gráfica del usuario 1213 permite a un usuario, a través del ODD 150 usando la palanca de mando 132 de la interfaz física del usuario 130, configurar un escenario de soldadura. Según una realización de la presente invención, la configuración de un escenario de soldadura incluye seleccionar un idioma, ingresar un nombre de usuario, seleccionar una placa de práctica (es decir, un cupón de soldadura), seleccionar un proceso de soldadura (por ejemplo, FCAW, GMAW, SMAW) y los métodos asociados de pulverización axial, pulso o arco corto, seleccionar un tipo de gas y velocidad de flujo, seleccionar un tipo de electrodo de varilla (por ejemplo, 6010 o 7018) y seleccionar un tipo de hilo con núcleo de fundente (por ejemplo, autoprotegido, protegido con gas). La configuración de un escenario de soldadura también incluye seleccionar la altura de la mesa, la altura del brazo, la posición del brazo y la rotación del brazo de la T/S 170. La configuración de un escenario de soldadura incluye además la selección de un entorno (por ejemplo, un entorno de fondo en el espacio de realidad virtual), establecer una velocidad de alimentación de hilo, establecer un nivel de voltaje, establecer un amperaje, seleccionar una polaridad y activar indicios visuales particulares en o apagado.

Durante un escenario de soldadura simulada, la funcionalidad de gráficos 1214 reúne los parámetros de rendimiento del usuario y proporciona los parámetros de rendimiento del usuario a la funcionalidad de la interfaz gráfica del usuario 1213 para su visualización en un formato gráfico (por ejemplo, en el ODD 150). La información de seguimiento de ST 120 se alimenta a la funcionalidad de gráficos 1214. La funcionalidad de gráficos 1214 incluye un módulo de análisis simple (SAM) y un módulo de análisis de látigo/oscilación (WWAM). El SAM analiza los parámetros de soldadura del usuario, incluidos el ángulo de desplazamiento de la soldadura, la velocidad de desplazamiento, el ángulo de soldadura, la posición y la distancia de la punta con respecto a la pieza de trabajo, comparando los parámetros de soldadura con los datos almacenados en las tablas de cordón. El WWAM analiza los parámetros de oscilación del usuario, incluido el espaciado entre charcos, el tiempo de látigo y el tiempo de charco. El WWAM también analiza los parámetros de oscilación del usuario, incluido el ancho de oscilación, el espaciado de oscilación y el tiempo de oscilación. El SAM y el WWAM interpretan los datos de entrada sin procesar (por ejemplo, datos de posición y orientación) en datos funcionalmente utilizables para la representación gráfica. Para cada parámetro analizado por el SAM y el WWAM, una ventana de tolerancia se define mediante límites de parámetro alrededor de una entrada de punto de ajuste óptimo o ideal en tablas de cordón usando el editor de tolerancia 1221, y se realiza la funcionalidad de puntuación y tolerancia 1220.

El editor de tolerancia 1221 incluye un medidor de soldadura que se aproxima al uso de material, uso eléctrico y tiempo de soldadura. Además, cuando ciertos parámetros están fuera de tolerancia, pueden ocurrir discontinuidades de soldadura (es decir, defectos de soldadura). El estado de cualquier discontinuidad de soldadura es procesado por la funcionalidad de gráficos 1214 y presentado a través de la funcionalidad de la interfaz gráfica del usuario 1213 en un formato gráfico. Tales discontinuidades de soldadura incluyen tamaño de soldadura inadecuado, colocación

deficiente del cordón, cordón cóncavo, convexidad excesiva, mordeduras, porosidad, fusión incompleta, atrapamiento de escoria, sobrellenado, perforación y exceso de salpicaduras. 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.

5 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 de puntuación y tolerancia 1220 proporcionan varias puntuaciones dependiendo de cómo de próximo a óptimo (ideal) se encuentra un usuario para un parámetro particular y en función del nivel de discontinuidades o defectos presentes en la soldadura. Los valores óptimos se derivan de datos del mundo real. La información de la funcionalidad de puntuación y tolerancia 1220 y de la funcionalidad de gráficos 1214 puede ser utilizada por la funcionalidad de informes de estudiantes 1215 para crear un informe de rendimiento para un instructor y/o un estudiante.

15 El sistema 100 también es capaz de analizar y visualizar los resultados de la actividad de soldadura virtual. Mediante análisis de los resultados, se entiende que el sistema 100 es capaz de determinar cuándo durante la pasada de soldadura y dónde a lo largo de las juntas de soldadura, el usuario se desvía de los límites aceptables del proceso de soldadura. Una puntuación puede atribuirse al rendimiento del usuario. En una realización, la puntuación puede ser en función de la desviación en posición, orientación y velocidad de la herramienta de soldadura falsa 160 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 sistema 100 según se elija para la puntuación del rendimiento del usuario. La puntuación puede visualizarse numérica o alfanuméricamente. Adicionalmente, el rendimiento del usuario puede visualizarse gráficamente mostrando, en tiempo y/o posición a lo largo de la junta de soldadura, lo cerca que la herramienta de soldadura falsa atravesó 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 en el mundo real. En otra realización, el análisis de los defectos correspondientes al rendimiento del usuario también pueden incorporarse y visualizarse en el ODD 150. En esta realización, puede representarse una gráfica que indica qué tipo de discontinuidad resultó de la medición de los diversos parámetros monitoreados durante la actividad de soldadura virtual. Aunque puede que las oclusiones no sean visibles en el ODD 150, pueden haberse producido defectos como resultado del rendimiento del usuario, cuyos resultados pueden seguir siendo visualizados de manera correspondiente, es decir representarse gráficamente.

35 La funcionalidad de indicios visuales 1219 proporciona una retroalimentación inmediata al usuario visualizando colores e indicadores superpuestos en el FMDD 140 y/o ODD 150. Los indicios visuales se proporcionan para cada uno de los parámetros de soldadura 151 que incluyen posición, distancia de la punta con respecto a la pieza de trabajo, ángulo de soldadura, ángulo de desplazamiento, velocidad de desplazamiento y longitud del arco (por ejemplo, soldadura con varilla) e indican visualmente al usuario si debe ajustarse algún aspecto de la técnica de soldadura del usuario basándose en los límites o tolerancias predefinidos. También pueden proporcionarse indicios visuales para la técnica de látigo/oscilación y espaciado entre "charcos" de cordón de soldadura, por ejemplo. Los indicios visuales pueden establecerse de forma independiente o en cualquier combinación deseada.

45 La funcionalidad de calibración 1208 proporciona la capacidad de emparejar componentes físicos en el espacio del mundo real (marco de referencia en 3D) con componentes visuales en el espacio de realidad virtual. Cada tipo de cupón de soldadura (WC) diferente se calibra en la fábrica montando el WC en el brazo 173 de la T/S 170 y tocando el WC en puntos predefinidos (indicados por, por ejemplo, tres hoyos en el WC) con una pluma de calibración conectada de manera operativa a ST 120. La ST 120 lee las intensidades de campo magnético en los puntos predefinidos, proporciona información de posición al PPS 110, y el PPS 110 usa la información de posición para realizar la calibración (es decir, el traslado del espacio del mundo real al espacio de realidad virtual).

50 Cualquier tipo particular de WC, se ajusta en el brazo 173 de la T/S 170 de la misma manera repetible dentro de tolerancias muy ajustadas. Por lo tanto, una vez que se calibra un tipo de WC en particular, ese tipo de WC no tiene que volver a calibrarse (es decir, la calibración de un tipo particular de WC es un evento único). Los WC del mismo tipo son intercambiables. La calibración garantiza que la realimentación física percibida por el usuario durante un procedimiento de soldadura coincida con lo que visualiza el usuario en el espacio de realidad virtual, haciendo que la simulación parezca más real. Por ejemplo, si el usuario desliza la punta de MWT 160 alrededor de la esquina de un WC 180 real, el usuario verá la punta deslizándose alrededor de la esquina del WC virtual en el FMDD 140 cuando el usuario siente que la punta se está deslizando alrededor de la esquina real. Según una realización de la presente invención, la MWT 160 se coloca en una plantilla colocada previamente y se calibra de una manera similar, basándose en la posición de la plantilla conocida.

65 Según otra realización de la presente invención, se proporcionan cupones "inteligentes" que tienen sensores, por ejemplo, en las esquinas del cupón "inteligente". La ST 120 es capaz de rastrear las esquinas de un cupón "inteligente" de manera que el sistema 100 sabe continuamente dónde está el cupón "inteligente" en el espacio en

3D del mundo real. Según una realización alternativa de la presente invención, se proporcionan claves de licencia para “desbloquear” cupones de soldadura. Cuando se compra un WC particular, se proporciona una clave de licencia que permite que el usuario introduzca la clave de licencia en el sistema 100, desbloqueando el software asociado con ese WC. Según una realización alternativa de la presente invención, pueden proporcionarse cupones de soldadura no habituales especiales basándose en dibujos de CAD del mundo real de partes. Los usuarios pueden capacitarse en la soldadura de una parte de CAD incluso antes de que la parte se produzca en el mundo real.

La funcionalidad de contenido de sonidos 1204 y los sonidos de soldadura 1205 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 procesos y parámetros de soldadura. Por ejemplo, en un proceso de soldadura por arco de pulverización MIG, se proporciona un sonido de agrietado cuando el usuario no tiene la MWT 160 colocada correctamente, y se proporciona un sonido de siseo cuando la MWT 160 está colocada correctamente. En un proceso de soldadura por arco corto, se proporciona un sonido de crujido o fritura constante para una técnica de soldadura adecuada, y se puede proporcionar un sonido de siseo cuando se está produciendo una mordedura. Estos sonidos imitan sonidos del mundo real correspondientes a técnicas de soldadura correctas e incorrectas.

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, según varias realizaciones de la presente invención. Según una realización de la presente invención, el volumen y dirección percibidos del sonido se modifican dependiendo de la posición, orientación y distancia de la cabeza del usuario (suponiendo que el usuario lleva un FMDD 140 que es rastreado por la ST 120) con respecto al arco simulado entre la MWT 160 y el WC 180. El sonido puede proporcionarse al usuario por medio de altavoces del auricular 910 en el FMDD 140 o a través de altavoces configurados en la consola 135 o la T/S 170, por ejemplo.

Los modelos de entorno 1203 se proporcionan para proporcionar varias escenas de fondo (estáticas y en movimiento) en el espacio de realidad virtual. Dichos entornos de fondo pueden incluir, por ejemplo, un taller de soldadura interno, una pista de carreras al aire libre, un garaje, etc. y pueden incluir coches en movimiento, personas, pájaros, nubes y diversos sonidos ambientales. El entorno de fondo puede ser interactivo, según una realización de la presente invención. Por ejemplo, un usuario puede tener que inspeccionar un área de fondo, antes de comenzar a soldar, para asegurarse de que el ambiente sea adecuado (por ejemplo, seguro) para soldar. Se proporcionan los modelos de soplete y pinza 1202 que modelan varias MWT 160 que incluyen, por ejemplo, pistolas, soportes con electrodos de varilla, etc. en el espacio de la realidad virtual.

Se proporcionan modelos de cupón 1210 que modelan varios WC 180, incluidos, por ejemplo, cupones de placa plana, cupones de junta en T, cupones de unión a tope, cupones de soldadura de ranura y cupones de tubería (por ejemplo, tubería de 2 pulgadas de diámetro y 6 pulgadas de diámetro) en el espacio de realidad virtual. Se proporciona un modelo de soporte/mesa 1206 que modela las diversas partes de T/S 170 que incluyen una mesa ajustable 171, un soporte 172, un brazo ajustable 173 y un poste vertical 174 en el espacio de realidad virtual. Se proporciona un modelo de interfaz física 1201 que modela las diversas partes de la interfaz de usuario de soldadura 130, consola 135 y ODD 150 en el espacio de realidad virtual.

Según una realización de la presente invención, se logra una simulación de un charco o acumulación de soldadura en el espacio de realidad virtual cuando el charco de soldadura simulada tiene características de fluidez de metal fundido en tiempo real y de disipación de calor. En la parte central de la simulación de charco de soldadura se encuentra la funcionalidad de física de soldadura 1211 (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 la fluidez/viscosidad dinámica, la solidez, el gradiente de calor (absorción y disipación del calor), la estela de charco y la forma del cordón, y se describe con más detalle en la presente con respecto a las figuras 14A-14C.

La funcionalidad de física de soldadura 1211 se comunica con la funcionalidad de representación de cordón 1217 para representar un cordón de soldadura en todos los estados desde el estado fundido calentado al estado solidificado enfriado. La funcionalidad de representación de cordón 1217 usa información procedente de la funcionalidad de física de soldadura 1211 (por ejemplo, calor, fluidez, desplazamiento, espaciado entre charcos) para representar de manera precisa y realista un cordón de soldadura en el espacio de realidad virtual en tiempo real. La funcionalidad de texturas en 3D 1218 proporciona mapas de textura a la funcionalidad de representación de cordón 1217 para superponer texturas adicionales (por ejemplo, quemaduras, escoria, grano) sobre el cordón de soldadura simulada. Por ejemplo, la escoria puede mostrarse representada sobre un cordón de soldadura durante y justo después de un proceso de soldadura, y luego se retira para revelar el cordón de soldadura subyacente. La funcionalidad de representación 1216 se usa para representar diversas características específicas no relacionadas con el charco usando información procedente del módulo de efectos especiales 1222 que incluyen chispas, salpicaduras, humo, chisporroteo de arco, humos y gases, y determinadas discontinuidades tales como, por ejemplo, mordedura y porosidad.

La herramienta de ajuste de física interna 1212 es una herramienta de ajuste de precisión que permite definir, actualizar y modificar diversos parámetros de física de soldadura para los diversos procesos de soldadura. Según una realización de la presente invención, la herramienta de ajuste de física interna 1212 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 de ajuste de física interna 1212 incluyen parámetros relacionados con cupones de soldadura, parámetros de proceso que permiten cambiar un proceso sin tener que reiniciar un cupón 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 capacitación que usa el sistema de capacitación de realidad virtual 100 de la figura 1. En la etapa 1310, se mueve una herramienta de soldadura falsa con respecto a un cupón 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 el cupón de soldadura en un espacio de realidad virtual a medida que la herramienta de soldadura falsa simulada deposita un material de cordón de soldadura simulada sobre al menos una superficie simulada del cupón de soldadura simulada formado un charco de soldadura simulada en las proximidades de un arco simulado que emite desde dicha herramienta de soldadura falsa simulada. En la etapa 1340, se observan en el elemento de visualización, las características de fluidez de metal fundido en tiempo real y de disipación de calor del charco de soldadura simulada. En la etapa 1350, se modifica en tiempo real, al menos un aspecto de la técnica de soldadura en respuesta a la visualización de las características de fluidez de metal fundido en tiempo real y de disipación de calor del charco de soldadura simulada.

El método 1300 ilustra cómo un usuario puede ver un charco de soldadura en espacio de realidad virtual y modificar su técnica de soldadura en respuesta a la observación de diversas características del charco de soldadura simulada, 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 del charco en tiempo real y espaciado entre charcos. La observación y respuesta a características del charco 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 doble desplazamiento de la funcionalidad de física de soldadura 1211 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 y/o proceso de soldadura o uno diferente (por ejemplo, un segundo). En tal situación de segunda pasada, la simulación muestra la herramienta de soldadura falsa simulada, el cupón de soldadura y el material de cordón de soldadura simulada original en el espacio de realidad virtual a medida que la herramienta de soldadura falsa simulada deposita un segundo material de cordón de soldadura simulada fusionándose con el primer material de cordón de soldadura simulada formando un segundo charco de soldadura simulada en las proximidades de un arco simulado que emite desde la herramienta de soldadura falsa simulada. Las pasadas posteriores adicionales que usan las mismas herramientas o proceso 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 charco 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 cupón subyacente según determinadas realizaciones de la presente invención. Tales pasadas posteriores pueden ser necesarias para realizar una soldadura en ángulo o ranura de gran tamaño, 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 relleno y tapado después de una pasada de raíz, tal como se realiza en soldadura de tuberías. Según diversas realizaciones de la presente invención, el material de cordón de soldadura y de base puede incluir acero suave, acero inoxidable, aluminio, aleaciones basadas en níquel u otros materiales.

Las figuras 14A-14B ilustran el concepto de un mapa de desplazamiento 1420 de elemento de soldadura (wexel), según una realización de la presente invención. La figura 14A muestra una vista lateral de un cupón de soldadura (WC) plana 1400 que tiene una superficie superior plana 1410. El cupón de soldadura 1400 existe en el mundo real tal como, por ejemplo, una parte de plástico, y también existe en el espacio de realidad virtual como un cupón de soldadura simulada. La figura 14B muestra una representación de la superficie superior 1410 del WC 1400 simulada rota para dar una red o serie de elementos de soldadura (es decir, wexels) que forman un mapa de wexels 1420. Cada wexel (por ejemplo, el wexel 1421) define una pequeña parte de la superficie 1410 del cupón 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 proceso de soldadura simulada. Los valores de parámetro de canal intercambiables corresponden a los charcos de canales (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 la presente PHED para charco, calor, extra, y desplazamiento, respectivamente.

5 La figura 15 ilustra una realización de ejemplo de un espacio de cupón y un espacio de soldadura del cupón de soldadura (WC) plana 1400 de la figura 14 simulada en el sistema 100 de la figura 1. Los puntos O, X, Y, y Z definen el espacio de cupón en 3D local. En general, cada tipo de cupón define el mapeo a partir del espacio de cupón en 3D hasta un espacio de soldadura de realidad virtual en 2D. El mapa de wexel 1420 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 cupón en 3D como en el espacio de soldadura en 2D en la figura 15.

15 Cada tipo de cupón define la dirección de desplazamiento para cada ubicación en el mapa de wexel. Para el cupón 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 cupón 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 rectangular 1410 del cupón de soldadura 1400.

20 La figura 16 ilustra una realización de ejemplo de un espacio de cupón y un espacio de soldadura de un cupón de soldadura (WC) de esquina (unión en T) 1600 simulada en el sistema 100 de la figura 1. El WC de esquina 1600 tiene dos superficies 1610 y 1620 en el espacio de cupón en 3D que se mapean con respecto un espacio de soldadura en 2D tal como se muestra en la figura 16. Los puntos O, X, Y, y Z definen de nuevo el espacio de cupón en 3D local. Las coordenadas de textura del mapa de wexel se muestran como S, T tanto en el espacio de cupón 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 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 cupón 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 cupón en 3D, hacia la esquina opuesta tal como se muestra en la figura 16.

30 La figura 17 ilustra una realización de ejemplo de un espacio de cupón y un espacio de soldadura de un cupón de soldadura (WC) de tubería 1700 simulada en el sistema 100 de la figura 1. El WC de tubería 1700 tiene una superficie curva 1710 en el espacio de cupón en 3D que se mapea con respecto a un espacio de soldadura en 2D como se muestra en la figura 17. Los puntos O, X, Y, y Z definen de nuevo el espacio de cupón en 3D local. Las coordenadas de textura del mapa de wexel se muestran como S, T tanto en el espacio de cupón 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 cupón en 3D y el espacio de soldadura en 2D, respectivamente, en la figura 17. La dirección de desplazamiento está alejada de la línea Y-O (es decir, alejada del centro de la tubería). La figura 18 ilustra una realización de ejemplo del cupón de soldadura (WC) 1700 de tubería de la figura 17. El WC de tubería 1700 está realizado de un plástico no férrico, no conductor y simula dos piezas de tubería 1701 y 1702 que se juntan para formar una junta de raíz 1703. También se muestra una pieza de unión 1704 para unirse al brazo 173 de la T/S 170.

45 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 un cupón 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 (contracción del término elemento de fotografía). 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.

55 Según una realización de la presente invención, el formato de un wexel se resume como canales PHED (charco, 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 charco 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 manera, la parte que puede soldarse del cupón puede mostrar desplazamiento debido a un cordón soldado, un "charco" de superficie brillante debido al metal líquido, color debido al calor, etc. Todos estos efectos se logran mediante los sombreadores de vértice y pixel aplicados a la superficie que puede soldarse.

65 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 charco 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 charco de soldadura que incluyen charco y desplazamiento. El charco es “temporal” y solo dura siempre y cuando haya partículas y calor presentes. El desplazamiento es “permanente”. El desplazamiento de charco es el metal líquido 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 simulada en el espacio de realidad virtual funciona de la siguiente manera: se crea una corriente de partículas procedente del emisor (emisor de la MWT 160 simulada) en un cono delgado. En primer lugar, las partículas entran en contacto con la superficie del cupón de soldadura simulada en donde la superficie se define mediante un mapa de wexel. Las partículas interactúan entre sí y el mapa de wexel y se acumulan en tiempo real. Se añade más calor cuanto más cerca un wexel esté con respecto al emisor. El calor se modela en función de la distancia desde el punto de arco y la cantidad de tiempo que se introduce el calor desde el arco. Determinados visuales (por ejemplo, color, etc.) se activan mediante el calor. Se crea o presenta un charco de soldadura en el espacio de realidad virtual para los wexels que tienen suficiente calor. Donde haya suficiente calor, el mapa de wexel se licua, provocando que el desplazamiento del charco se “eleve” para esas ubicaciones de wexel. El desplazamiento del charco 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 del charco se convierte gradualmente en desplazamiento (es decir, un cordón solidificado). El desplazamiento añadido es equivalente al charco retirado de manera que la altura global no cambia. Los tiempos de vida de las partículas se ajustan para que persistan hasta que se completa la solidificación. Determinadas propiedades de partícula que se modelan en el sistema 100 incluyen atracción/repulsión, velocidad (relacionada con el calor), amortiguación (relacionada con la disipación de calor), dirección (relacionada con la gravedad).

Las figuras 19A-19C ilustran una realización de ejemplo del concepto de un modelo de charco de doble desplazamiento (desplazamiento y partículas) del sistema 100 de la figura 1. Los cupones de soldadura se simulan en el espacio de realidad virtual que tiene al menos una superficie. Las superficies del cupón de soldadura se simulan en el espacio de realidad virtual como una capa de doble desplazamiento que incluye una capa de desplazamiento sólida y una capa de desplazamiento del charco. La capa de desplazamiento del charco puede modificar la capa de desplazamiento sólida.

Como se describe en la presente, el “charco” se define por una zona del mapa de wexel en donde el valor de charco se ha elevado por la presencia de partículas. El proceso 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 rectangulares sin sombrear 1910 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 sombreados 1940 muestran cuánto charco se ha añadido encima del desplazamiento como resultado de las partículas. La altura del charco de soldadura no se configura de manera instantánea a los valores muestreados dado que el charco 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 proceso de solidificación a medida que el charco (rectángulos sombreados) se reduce gradualmente y el desplazamiento (rectángulos sin sombrear) crece gradualmente desde abajo para ocupar el lugar exacto del charco. 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 proceso de soldadura particular, el usuario puede observar las características de fluidez del metal fundido y las características de disipación de calor del charco de soldadura en tiempo real en el espacio de realidad virtual y usar esta información para ajustar o mantener su técnica de soldadura.

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

Según una realización alternativa de la presente invención, las partículas de charco pueden generarse dentro o debajo de la superficie del cupón de soldadura. En una realización de este tipo, el desplazamiento puede modelarse

como positivo o negativo con respecto al desplazamiento de superficie original de un cupón virgen (es decir, sin soldar). De esta manera, las partículas de charco pueden no solo acumularse sobre la superficie de un cupón de soldadura, sino que también pueden penetrar en el cupón de soldadura. Sin embargo, el número de wexels sigue siendo fijo y las partículas de charco 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 desplazamiento de wexel que tiene más canales para modelar la fluidez del charco. O, en lugar de modelar partículas, puede modelarse un mapa de vóxel denso. O, 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 sistema 100 mediante técnicas de diezmado de wexel. Si la cantidad de calor absorbida por un wexel se determina que es demasiado elevada por el sistema 100, ese wexel puede marcarse o designarse como quemado y presentarse como tal (por ejemplo, presentarse como un orificio). Por consiguiente, sin embargo, puede producirse una reconstitución de wexel para determinados procedimientos de soldadura (por ejemplo, soldadura de tubería) en donde material se vuelve a añadir tras haberse quemado inicialmente. En general, el sistema 100 simula diezmado de wexel (retirar material) y reconstitución de wexel (es decir, añadir material de nuevo). Además, la retirada de material en la soldadura de pasada de raíz se simula de manera adecuada en el sistema 100.

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

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 de soldadura falsa 160 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 pasada de raíz para retirar el material en respuesta al movimiento del mismo. Se comprenderá que puede permitirse que el usuario retire demasiado material. De una manera similar a la descrita anteriormente, pueden resultar orificios u otros defectos (descritos anteriormente) si el usuario amola demasiado material. De hecho, pueden implementarse límites duros o retenes, es decir, programados para impedir que el usuario retire demasiado material o para indicar cuándo se está retirando demasiado material.

Además de las partículas de "charco" no visibles descritas en la presente, el sistema 100 también usa tres tipos adicionales de partículas visibles para representar efectos de arco, llama, y chispa, según una realización de la presente invención. Estos tipos de partículas no interactúan con otras partículas de ningún tipo, sino que solo interactúan con el mapa de desplazamiento. Aunque estas partículas impactan con la superficie de soldadura simulada, no interactúan entre sí. Solo las partículas de charco 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 del cupón simulado o cordón de soldadura 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 tales 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 gotas de llamas naranjas-rojas con bordes rojos que se elevan hacia arriba y se desvanecen. Otros tipos de partículas sin charco pueden implementarse en el sistema 100, según otras realizaciones de la presente invención. Por ejemplo, pueden modelarse y simularse partículas de humo de una manera similar a las partículas de llama.

Las etapas finales en la visualización simulada se gestionan por los sombreadores de vértice y pixel proporcionados por los sombreadores 117 de las GPU 115. Los sombreadores de vértice y pixel aplican un charco 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 la presente, 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
 5 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 cupones 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 la presente.

10 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 charco caliente ya no está lo suficientemente caliente para denominarse "charco", se guarda un tiempo en esa ubicación y se denomina "estela de cordón". El resultado final es que el código de sombreador puede usar el mapa de textura en
 15 1D para crear las "ondas" que proporcionan a un cordón su aspecto único que retrata la dirección en la que se dispuso el cordón. Según una realización alternativa de la presente invención, el sistema 100 puede simular, en espacio de realidad virtual, y visualizar un cordón de soldadura que tiene una característica de estela de cordón de soldadura en tiempo real que resulta de una transición de fluidez a solidificación en tiempo real del charco, a medida que el charco de soldadura simulada se mueve a lo largo de una trayectoria de soldadura.

20 Según una realización alternativa de la presente invención, el sistema 100 puede enseñar a un usuario cómo manejar una máquina de soldadura. Por ejemplo, un modo de manejo del sistema puede capacitar a un usuario para asegurarse de que configura el sistema correctamente (por ejemplo, caudal de flujo de gas correcto, cable de alimentación correcto conectado, etc.). Según otra realización alternativa de la presente invención, el sistema 100
 25 puede grabar y reproducir de nuevo una sesión de soldadura (o al menos una parte de una sesión de soldadura, por ejemplo, N tramas). Una bola de desplazamiento puede proporcionarse para desplazarse a través de tramas de video, lo que permite a un usuario o instructor evaluar una sesión de soldadura. La reproducción también puede proporcionarse a velocidades seleccionables (por ejemplo, velocidad completa, velocidad media, a un cuarto de velocidad). Según una realización de la presente invención, puede proporcionarse una reproducción de pantalla dividida, lo que permite la visualización de dos sesiones de soldadura una al lado de otra, por ejemplo, en el ODD
 30 150. Por ejemplo, una "buena" sesión de soldadura puede observarse al lado de una "mala" sesión de soldadura con fines comparativos.

35 Según ciertas realizaciones, se proporciona la visualización de elementos de realidad virtual en un formato de transmisión estereoscópica en 3D. La estereoscopia (imagen en 3D) es una técnica para generar o mejorar la percepción de profundidad en una imagen mediante estereopsis para visión binocular. Los métodos estereoscópicos suelen presentar dos imágenes desplazadas, por separado, en el ojo derecho y en el ojo izquierdo de una persona que mira las imágenes. El cerebro de la persona tiende a combinar las imágenes, que son imágenes
 40 bidimensionales, para proporcionar la ilusión de profundidad tridimensional. Los métodos estereoscópicos se diferencian de los métodos simples en 3D que simplemente muestran una imagen en tres dimensiones completas. Los métodos estereoscópicos permiten al espectador observar más información sobre los objetos tridimensionales que se muestran moviendo los ojos y/o la cabeza. Muchas técnicas estereoscópicas requieren que el usuario use gafas en 3D, como gafas en 3D activas o pasivas. Sin embargo, la técnica de autoestereoscopia permite ver y visualizar imágenes estereoscópicas sin el uso de gafas en 3D por parte del usuario.

45 Una realización proporciona un sistema que incluye un subsistema basado en un procesador programable configurado para generar datos de simulación correspondientes a una soldadura virtual generada en tiempo real en el espacio de realidad virtual. El sistema también incluye una unidad de conversión en 3D operativamente conectada al subsistema basado en procesador programable y configurada para convertir al menos una parte de los datos de simulación, que representa al menos una parte de la soldadura virtual, en datos 3D en un formato de transmisión
 50 estereoscópica en 3D. El sistema incluye además un dispositivo de facilitación de visualización en 3D conectado operativamente a la unidad de conversión en 3D y configurado para recibir los datos en 3D de la unidad de conversión en 3D y facilitar la visualización de una representación estereoscópica de los datos en 3D. El dispositivo de facilitación de visualización en 3D puede ser un proyector en 3D o un televisor en 3D, por ejemplo. Una parte del cordón de soldadura de la soldadura virtual puede resultar de un charco de soldadura simulada que características de fluidez de metal fundido en tiempo real y de disipación de calor que brindan una transición de fluidez a solidificación en tiempo real del charco de soldadura simulada a medida que el charco de soldadura simulada se mueve para formar la parte del cordón de soldadura de la soldadura virtual. El sistema también puede incluir una pantalla de visualización conectada operativamente al dispositivo de facilitación de visualización en 3D y configurada
 55 para mostrar la representación estereoscópica de los datos en 3D, y gafas en 3D configuradas para ser usadas por un usuario para ver la representación de los datos estereoscópicos en 3D en el pantalla de visualización como una imagen en 3D en el espacio en 3D. El sistema puede incluir además una interfaz de usuario en 3D que interactúa operativamente con el dispositivo de facilitación de visualización en 3D y configurada para permitir que un usuario maneje una orientación espacial de la representación estereoscópica de los datos en 3D en la pantalla de
 60

visualización. Los datos de simulación pueden representar al menos una parte de la sección transversal de la soldadura virtual.

5 Una realización proporciona un método que incluye la generación de datos de simulación correspondientes a un
 10 cordón de soldadura simulada generada en tiempo real, en un espacio de realidad virtual, que tiene características
 de estela de cordón de soldadura en tiempo real. Los datos de simulación pueden representar al menos una parte
 de la sección transversal del cordón de soldadura simulada. El método también incluye convertir los datos de
 simulación, representativos del cordón de soldadura, en datos en 3D en un formato de transmisión estereoscópica
 en 3D y visualizar una representación estereoscópica de los datos en 3D. El cordón de soldadura simulado puede
 15 resultar de un charco de soldadura simulada que tiene características de fluidez de metal fundido en tiempo real y de
 disipación de calor que proporcionan una transición de fluidez a solidificación en tiempo real del charco de soldadura
 simulada a medida que el charco de soldadura simulada se mueve para formar el cordón de soldadura simulada.
 Visualizar la representación estereoscópica de los datos en 3D puede incluir proyectar la representación
 estereoscópica de los datos en 3D en una pantalla de visualización. La visualización de la representación
 estereoscópica de los datos en 3D puede incluir la visualización de la representación estereoscópica de los datos en
 20 3D en una pantalla de visualización de un televisor en 3D. El método puede incluir además la visualización de la
 representación estereoscópica mostrada de los datos en 3D utilizando gafas en 3D configuradas para ser usadas
 por el usuario. El método también puede incluir manejar una orientación espacial de la representación
 estereoscópica mostrada de los datos en 3D.

Una realización proporciona un método que incluye generar datos de simulación correspondientes a un entorno de
 soldadura virtual en un espacio de realidad virtual. El método también incluye convertir una parte de los datos de
 simulación, representativos de una parte del entorno de soldadura virtual, en datos en 3D en un formato de
 transmisión estereoscópica en 3D y visualizar una representación estereoscópica de los datos en 3D. La parte del
 25 entorno de soldadura virtual puede incluir uno o más de un electrodo de soldadura simulada (por ejemplo, varilla o
 hilo), una herramienta de soldadura simulada, una soldadura simulada o un cupón de soldadura simulado. El método
 también puede incluir manejar una orientación espacial de la representación estereoscópica mostrada de los datos
 en 3D. El método puede incluir además la visualización de la representación estereoscópica mostrada de los datos
 en 3D utilizando gafas en 3D configuradas para ser usadas por el usuario. Adicionalmente, el formato de transmisión
 estereoscópica en 3D puede ser un formato autoestereoscópico donde no se utilizan gafas en 3D para la
 30 visualización.

La figura 20 ilustra una segunda realización de ejemplo de un diagrama de bloques del sistema de un sistema 2000
 que proporciona capacitación de soldadura por arco en un entorno de realidad virtual en tiempo real. El sistema
 35 2000 es similar al sistema 100 de la figura 1. Sin embargo, el sistema 2000 incluye una unidad de conversión en 3D
 2010 conectada operativamente al PPS 110. La unidad de conversión en 3D 2010 está configurada para recibir
 datos de simulación del PPS 110 y convertir los datos de simulación en datos en 3D en un formato de transmisión
 estereoscópica en 3D.

40 Los datos de simulación pueden representar cualquier parte de un entorno de soldadura de realidad virtual simulada,
 que incluye, por ejemplo, una soldadura simulada, un cordón de soldadura simulada, un electrodo de soldadura
 simulada (por ejemplo, varilla o hilo), una herramienta de soldadura simulada (por ejemplo, pistola o soplete), o un
 cupón de soldadura simulada. Por ejemplo, una parte de sección transversal de una soldadura simulada o cordón de
 soldadura permite al usuario ver el interior de una soldadura virtual para comprobar si hay defectos internos. Según
 45 una realización, un usuario puede usar la interfaz de usuario de soldadura 130 para seleccionar qué parte de un
 entorno de soldadura virtual convertir a datos en 3D. El formato de transmisión estereoscópica en 3D permite al
 usuario ver una parte seleccionada del entorno de soldadura virtual, presentado en una pantalla de visualización,
 como una imagen en 3D que aparece en un espacio en 3D. Ejemplos de tipos de formatos de transmisión
 estereoscópica en 3D son secuencial de tramas, paquete de tramas, lado a lado y damero. También son posibles
 50 otros formatos de transmisión, según otras realizaciones.

La figura 21 ilustra una realización de ejemplo de un diagrama de bloques del sistema de un sistema 2100 que
 proporciona una visualización estereoscópica en 3D de elementos virtuales generados como parte de un entorno de
 soldadura virtual utilizando el sistema 2000 de la figura 20. El sistema 2100 incluye el sistema 2000 de la figura 20,
 55 un dispositivo de facilitación de visualización en 3D (por ejemplo, un televisor en 3D o un proyector en 3D) 2110
 conectado operativamente al sistema 2000, una pantalla de visualización 2120 conectada operativamente al
 dispositivo de facilitación de visualización en 3D 2110 y una interfaz de usuario 2130.

Los datos en 3D de la unidad de conversión 3D 2010 del sistema 2000 pueden transmitirse al dispositivo que facilita
 60 la visualización en 3D 2110 en un formato de transmisión estereoscópica en 3D. El dispositivo que facilita la
 visualización 2110 en 3D recibe los datos en 3D y proporciona una representación estereoscópica de los datos en
 3D a la pantalla de visualización 2120 para su visualización (por ejemplo, mediante proyección). Si el formato de
 transmisión estereoscópica en 3D es un formato autoestereoscópico, entonces un usuario puede visualizar la
 representación de los datos estereoscópicos en 3D en la pantalla de visualización 2120 como una imagen en 3D que
 65 aparece en el espacio en 3D sin la ayuda de gafas en 3D (por ejemplo, anteojos en 3D). De lo contrario, el sistema

2100 puede incluir un conjunto de gafas en 3D 2140 configuradas para que las use un usuario para visualizar la representación de los datos estereoscópicos en 3D en la pantalla de visualización 2120 como una imagen en 3D que aparece en el espacio en 3D. Las gafas en 3D pueden ser de tipo pasivo o activo, dependiendo de la configuración del televisor en 3D o del proyector en 3D.

5 La interfaz de usuario 2130 permite a un estudiante o instructor de soldadura manipular o cambiar la orientación espacial de los datos en 3D en la pantalla de visualización. Como resultado, un estudiante o instructor de soldadura que visualiza en estereoscópico en 3D, por ejemplo, los resultados de una soldadura virtual creada por el estudiante usando el sistema de la figura 21 puede tener una mejor comprensión de lo que está viendo, aumentar la comprensión y retener lo que ha aprendido de manera más eficaz a lo largo del tiempo. La interfaz de usuario en 3D 2130 puede incluir, por ejemplo, uno o más de un teclado, un ratón de ordenador, una palanca de mando o una rueda de desplazamiento.

15 Según una realización, los datos en 3D generados por la unidad de conversión en 3D pueden estar en forma de tramas estáticas en 3D o video dinámico en 3D. Por ejemplo, un instructor de soldadura puede ver una pistola de soldadura virtual en relación con una soldadura virtual en 3D, creada durante una sesión de soldadura virtual por un estudiante de soldadura y registrada por el sistema 2100. De esta manera, el instructor de soldadura puede reproducir y visualizar la sesión de soldadura grabada en 3D y observar cómo el estudiante colocó y movió la pistola de soldadura para crear la soldadura virtual. Según una realización, la interfaz de usuario 2130 puede proporcionar herramientas de medición, lo que permite al usuario realizar mediciones de regiones de interés de una imagen presentada en 3D. Además, la interfaz de usuario 2130 puede permitir a un usuario segmentar una región de la imagen mostrada en 3D y agrandar la región segmentada para una mejor visualización.

25 Según una realización, el sistema 2100 puede almacenar una biblioteca de imágenes y/o videos formateados en 3D que muestran, por ejemplo, varios tipos de soldaduras y técnicas de soldadura creadas usando el sistema 2000, planos, cupones de soldadura u otras imágenes o videos instructivos. que se pueden visualizar más fácilmente en 3D utilizando el sistema 2100. Por ejemplo, el sistema 2000 o el sistema 2100 pueden incluir un dispositivo de almacenamiento 2020 o 2150 (por ejemplo, un disco duro o un subsistema de base de datos) configurado para almacenar la información formateada en 3D.

30 Aunque la invención se ha descrito con referencia a ciertas realizaciones, los expertos en la técnica entenderán que se pueden hacer varios cambios y los equivalentes pueden sustituirse sin apartarse del alcance de la invención. Además, se pueden hacer muchas modificaciones para adaptar una situación o material particular a las enseñanzas de la invención sin apartarse su alcance. Por lo tanto, se pretende que la invención no se limite a ninguna realización particular divulgada, sino que la invención incluya todas las realizaciones que se contemplen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

NÚMEROS DE REFERENCIA

40	100 sistema	135 consola
	110 subsistema basado en procesador	136 perilla
	111 unidad de procesamiento central	137 perilla
	115 unidad de procesamiento de gráficos	140 dispositivo de visualización montado en el rostro
	116 arquitectura unificada de dispositivos de cómputo	150 dispositivo de visualización del observador
45	117 sombreador	151 parámetros de soldadura
	118 salida de video	152 estado de discontinuidad de soldadura
	119 salida de video	153 selección
	120 rastreador espacial	160 herramienta de soldadura falsa
50	121 fuente magnética	161 soporte
	122 sensor	162 electrodo
	123 disco	163 punta
	124 fuente de alimentación	170 mesa/soporte
	125 cable	171 mesa
55	126 unidad de seguimiento	172 soporte/ base
	130 interfaz de usuario de soldadura	173 brazo
	131 conjunto de botones	174 poste vertical
	132 palanca de mando	175 cupón de soldadura
	133 perilla	175' tubería
60	134 perilla	175" tubería
	177 parte	176 raíz
	180 cupón de soldadura	1218 textura en 3D
	900 casco de soldadura	1219 funcionalidad de indicios visuales
	910 altavoces de auricular	1220 funcionalidad de puntuación y tolerancia
65	1201 interfaz física	1221 editor de tolerancia
		1222 módulo de efectos especiales

ES 2 904 274 T3

(continuación)
NÚMEROS DE REFERENCIA

	1202 modelo de pinza	1300 método
5	1203 modelo de entorno	1310 etapa
	1204 funcionalidad de contenido sonoro	1320 etapa
	1205 sonido de soldadura	1330 etapa
	1206 modelo de soporte/mesa	1340 etapa
	1207 funcionalidad de arquitectura interna	1350 etapa
10	1208 funcionalidad de calibración	1400 cupón de soldadura
	1210 modelo de cupón	1410 superficie
	1211 física de soldadura	1420 mapa de wexel
	1212 herramienta de ajuste de física interna / tweaker	1421 wexel
15	1213 funcionalidad de la interfaz gráfica del usuario	1600 cupón de soldadura
	1214 funcionalidad gráfica	1610 superficie
	1215 funcionalidad de informes de estudiantes	1620 superficie
	1216 representador	1700 cupón de soldadura
	1217 representación de cordón	1701 parte de tubería
20	1704 parte	1702 1703 unta de raíz de parte de tubería
	1710 superficie	2130 interfaz de usuario
	1910 barra rectangular sin sombrear	2140 gafas
	1920 partícula	O /punto / espacio de cupón X punto/espacio de cupón
	1930 altura de partícula	Y punto/ espacio de cupón
25	1940 rectángulo sombreado	Z punto/ espacio de cupón
	2000 sistema	S coordenada de textura
	2010 unidad de conversión	T coordenada de textura
	2100 sistema	B punto
	2110 dispositivo que facilita la visualización	E punto
30	2120 pantalla de visualización	U coordenada de textura
		V coordenada de textura

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (100, 2000, 2100) que comprende:

5 un subsistema basado en procesador programable (110) configurado para generar datos de simulación correspondientes a una soldadura virtual generada en tiempo real en el espacio de realidad virtual, y un dispositivo de facilitación de visualización en 3D (2110) conectado operativamente a una unidad de conversión en 3D (2010) y configurado para recibir los datos en 3D de la unidad de conversión en 3D y facilitar la visualización de una representación estereoscópica de los datos en 3D, en un formato de visualización estereoscópica en tiempo real,
 10 en donde la unidad de conversión tridimensional (3D) (2010) está operativamente conectada al subsistema basado en el procesador programable (110) y configurada para convertir al menos una parte de los datos de simulación, que representan al menos una parte de la soldadura virtual, en datos en 3D en formato de transmisión estereoscópica en 3D, en tiempo real, y en donde una parte del cordón de soldadura de la soldadura virtual resulta de un charco de soldadura simulada que tiene características de fluidez de metal fundido en tiempo real y de disipación de calor que proporcionan una transición de fluidez a solidificación en tiempo real del charco de soldadura simulada ya que el charco de soldadura simulada se mueve para formar la parte del cordón de soldadura de la soldadura virtual, caracterizado porque el dispositivo de facilitación de visualización en 3D comprende un proyector en 3D y/o un televisor en 3D, y porque el sistema comprende además:

20 una pantalla de visualización (2120) operativamente conectada al dispositivo de facilitación de visualización en 3D (2110) y configurada para visualizar la representación estereoscópica de los datos en 3D; y gafas en 3D (2140) configuradas para que las use un usuario para visualizar la representación de los datos estereoscópicos en 3D en la pantalla de visualización (2120) como una imagen en 3D en el espacio en 3D, en donde el formato de transmisión estereoscópica en 3D incluye uno de los formatos de trama secuencial, secado de trama, lado a lado o damero.

2. El sistema de la reivindicación 1, caracterizado porque el sistema comprende además una interfaz de usuario en 3D (130, 2130) que interactúa operativamente con el dispositivo de facilitación de visualización en 3D (2110) y configurada para permitir que un usuario maneje una orientación espacial de la representación estereoscópica de los datos en 3D en la pantalla de visualización (2120).

3. El sistema (100, 2000, 2100) de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque los datos de simulación son representativos de por menos una parte de la sección transversal de la soldadura virtual.

35 4. Un método que comprende:

generar datos de simulación correspondientes a un cordón de soldadura simulada generada en tiempo real, en un espacio de realidad virtual, que tiene características de estela de cordón de soldadura en tiempo real y
 40 visualizar una representación estereoscópica de los datos en 3D en tiempo real, caracterizado porque convertir los datos de simulación, representativos del cordón de soldadura, en datos en 3D en un formato de transmisión estereoscópica en 3D en tiempo real, en donde el cordón de soldadura simulado resulta de un charco de soldadura simulada que tiene características de fluidez de metal fundido en tiempo real y de disipación de calor que proporcionan una transición de fluidez a solidificación en tiempo real del charco de soldadura simulada a medida que el charco de soldadura simulada se mueve para formar el cordón de soldadura simulada.
 45 en donde el formato de transmisión estereoscópica en 3D incluye uno de los formatos de trama secuencial, secado de trama, lado a lado o damero en donde visualizar la representación estereoscópica de los datos en 3D incluye proyectar la representación estereoscópica de los datos en 3D en una pantalla de visualización y/o en una pantalla de visualización de un televisor en 3D.

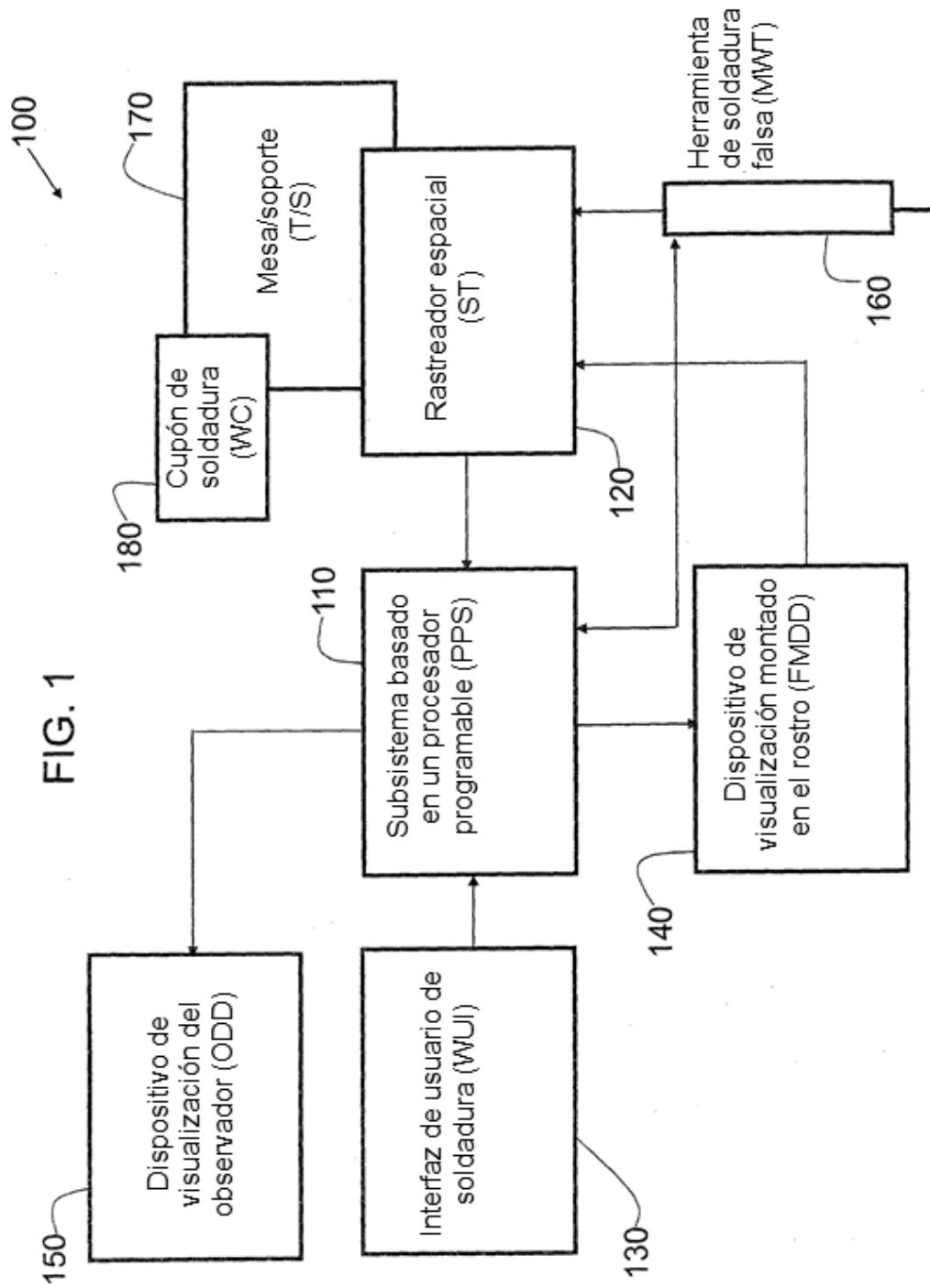
5. El método de la reivindicación 4, caracterizado porque los datos de simulación son representativos de por lo menos una parte de la sección transversal del cordón de soldadura simulado.

55 6. Un método de cualquiera de las reivindicaciones 4 a 5, caracterizado porque el método comprende además: generar datos de simulación correspondientes a un entorno de soldadura virtual en el espacio de realidad virtual.

7. El método de cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, caracterizado porque la parte del entorno de soldadura virtual incluye uno o más de un electrodo de soldadura simulada, una herramienta de soldadura simulada, una soldadura simulada o un cupón de soldadura simulada.

8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, caracterizado porque el método comprende además manipular una orientación espacial de la representación estereoscópica visualizada de los datos en 3D.

9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 4 a 8, caracterizado porque el método comprende además visualizar la representación estereoscópica mostrada de los datos en 3D utilizando gafas en 3D configuradas para ser usadas por el usuario.
- 5 10. El método de cualquiera de las reivindicaciones 4 a 9, caracterizado porque el formato de transmisión estereoscópica en 3D es un formato autoestereoscópico.



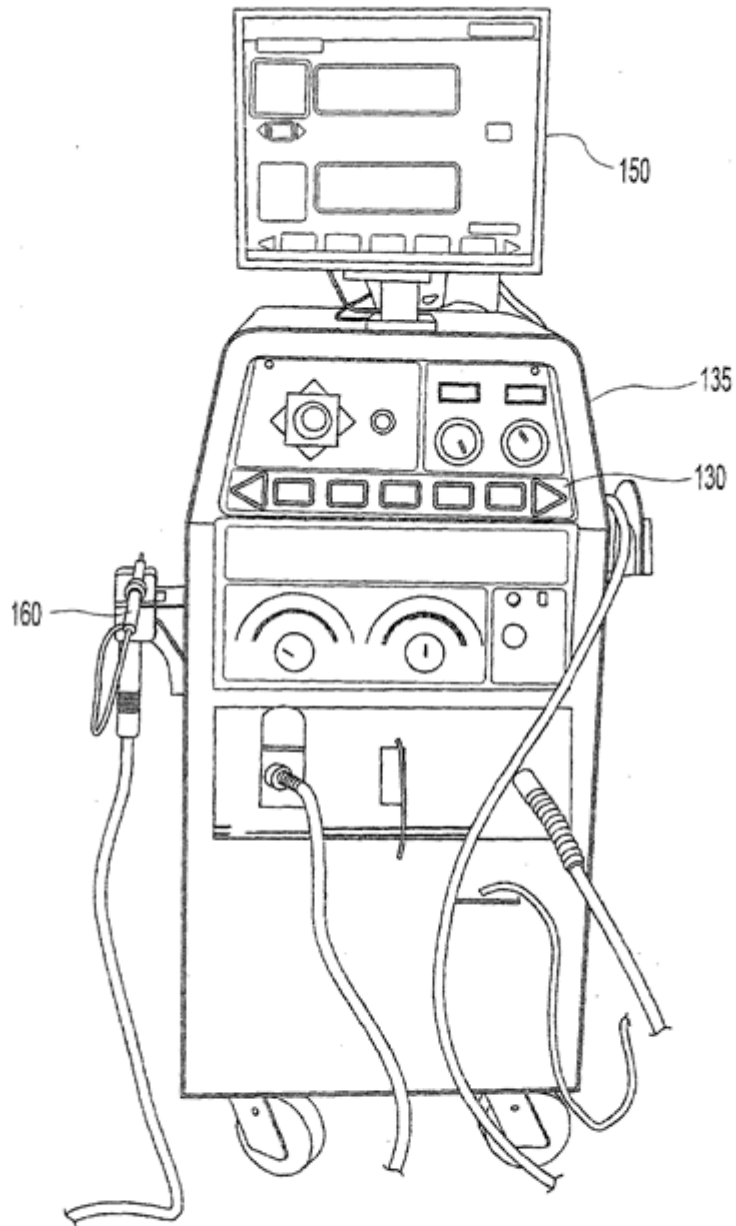


Fig. 2

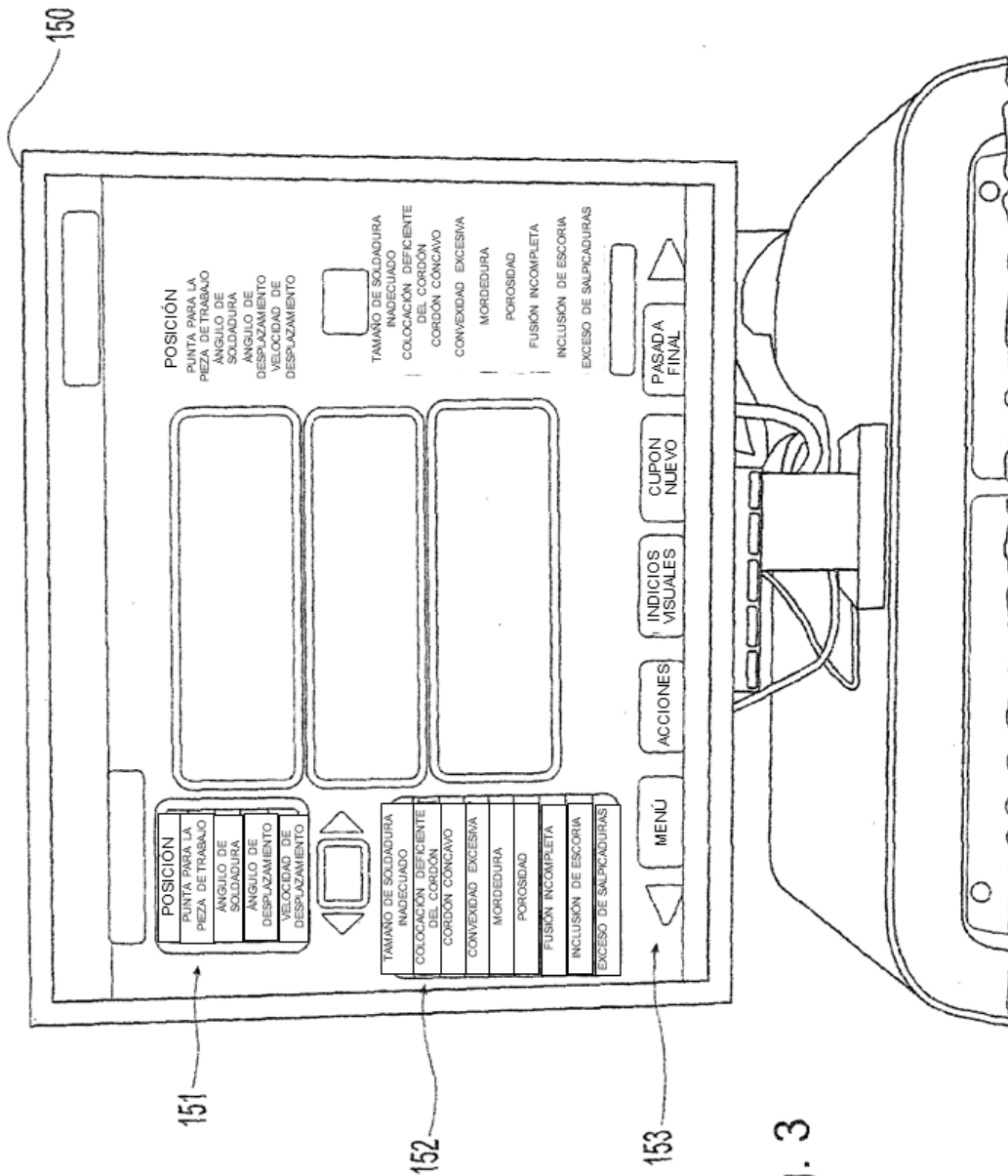


Fig. 3

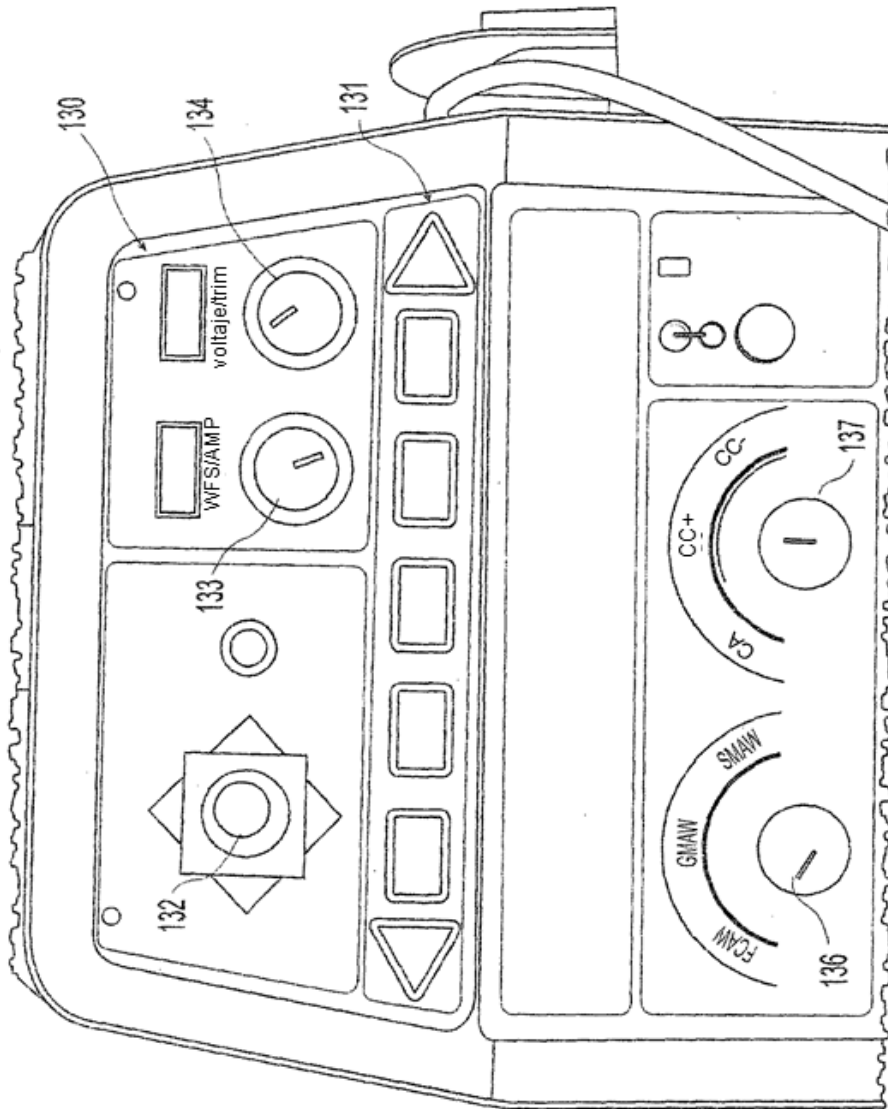


Fig. 4

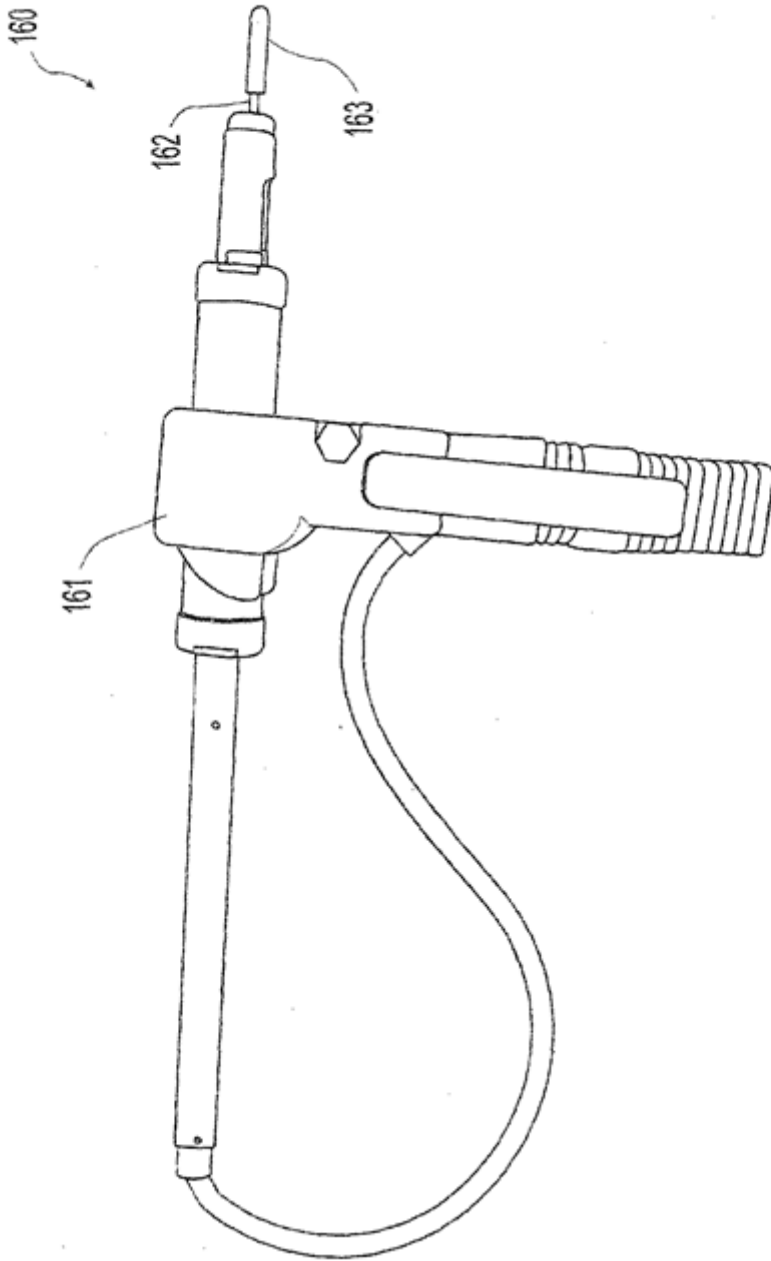


Fig. 5

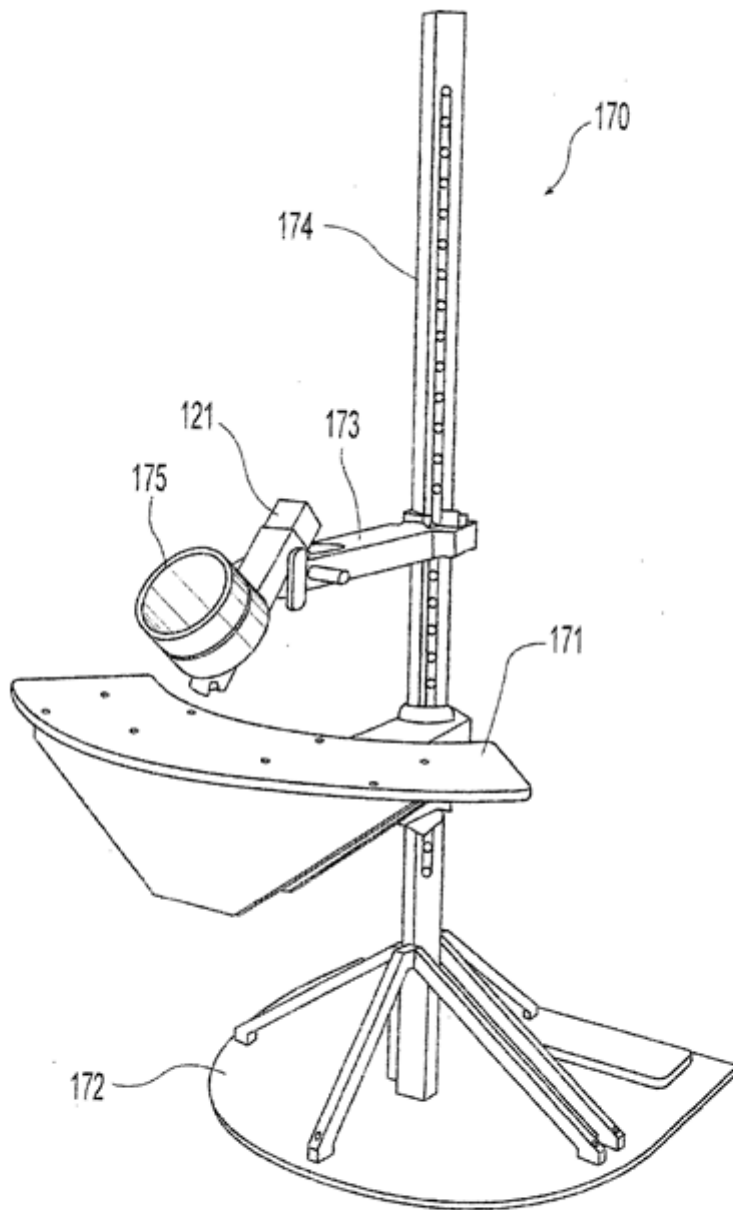


Fig. 6

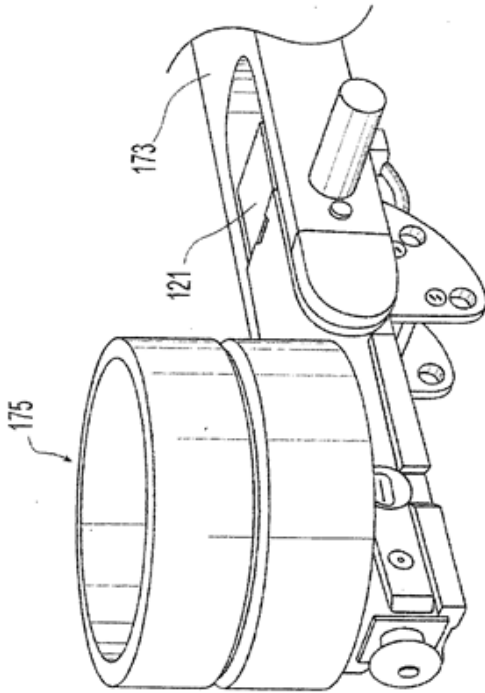


Fig. 7B

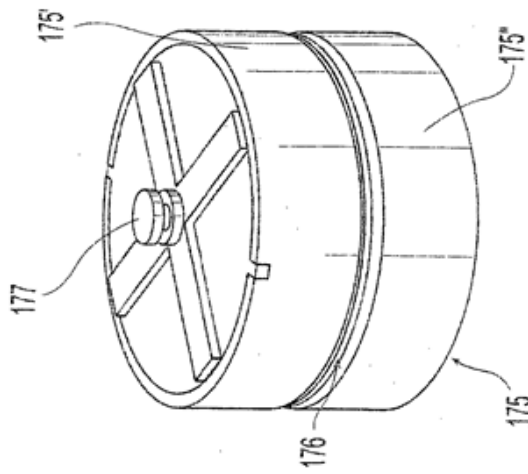


Fig. 7A

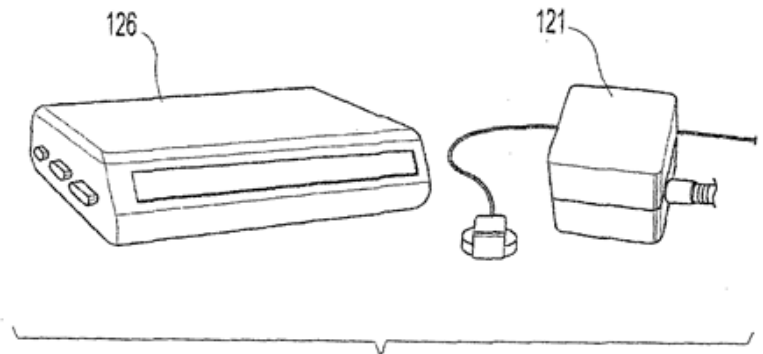
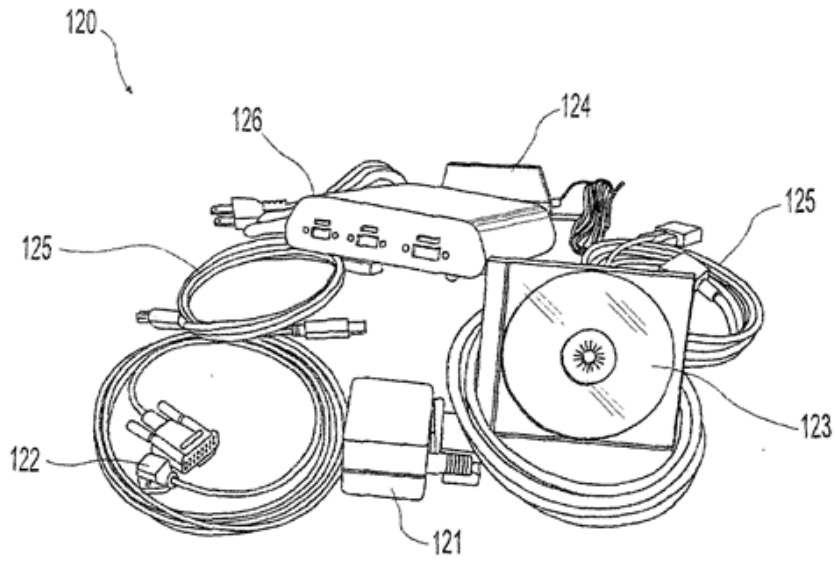


Fig. 8

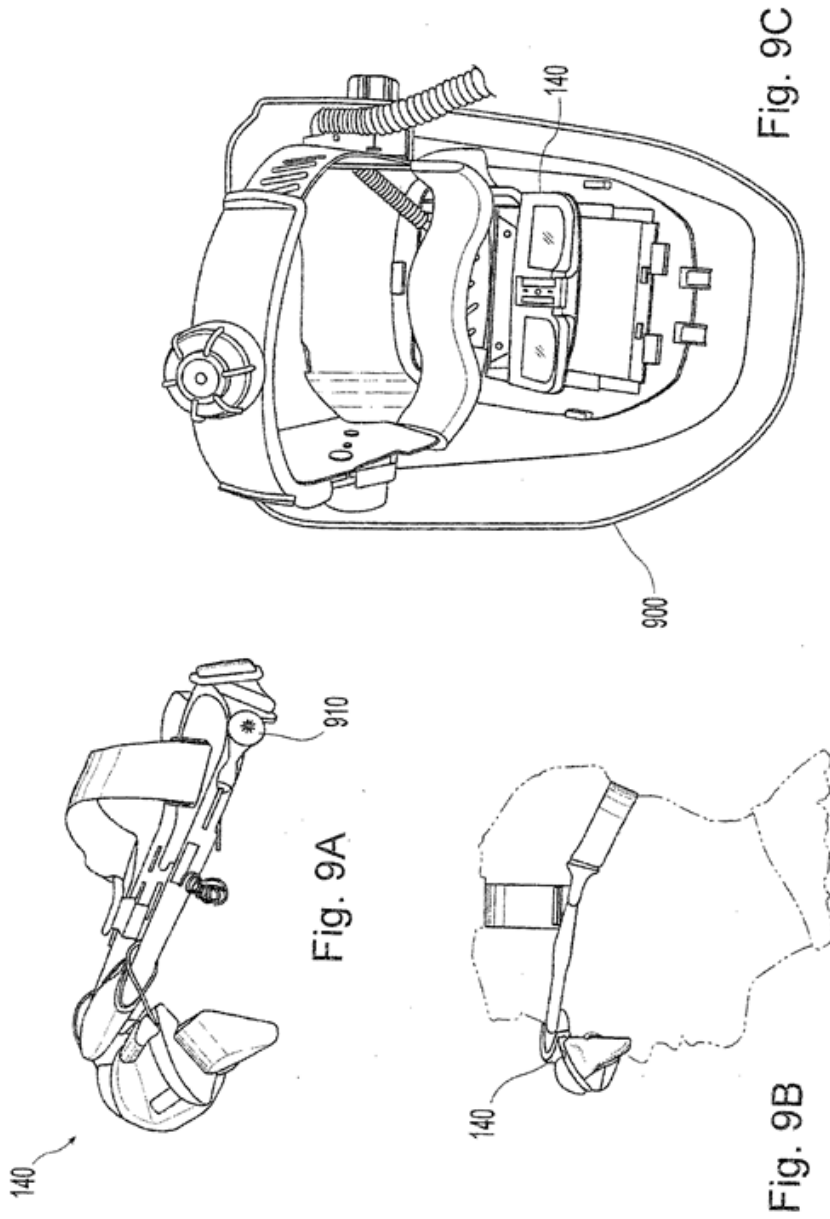


FIG. 10

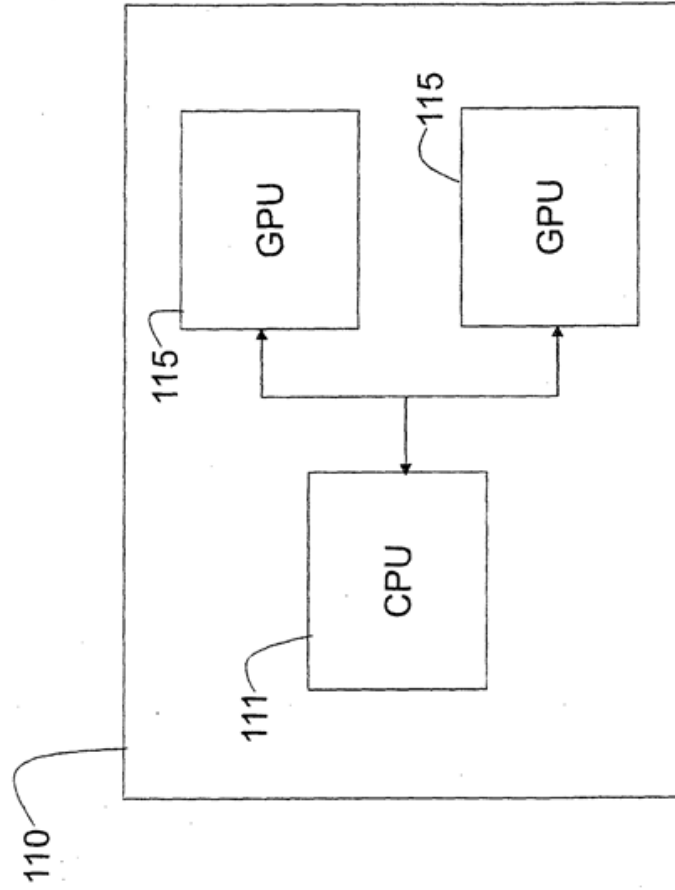
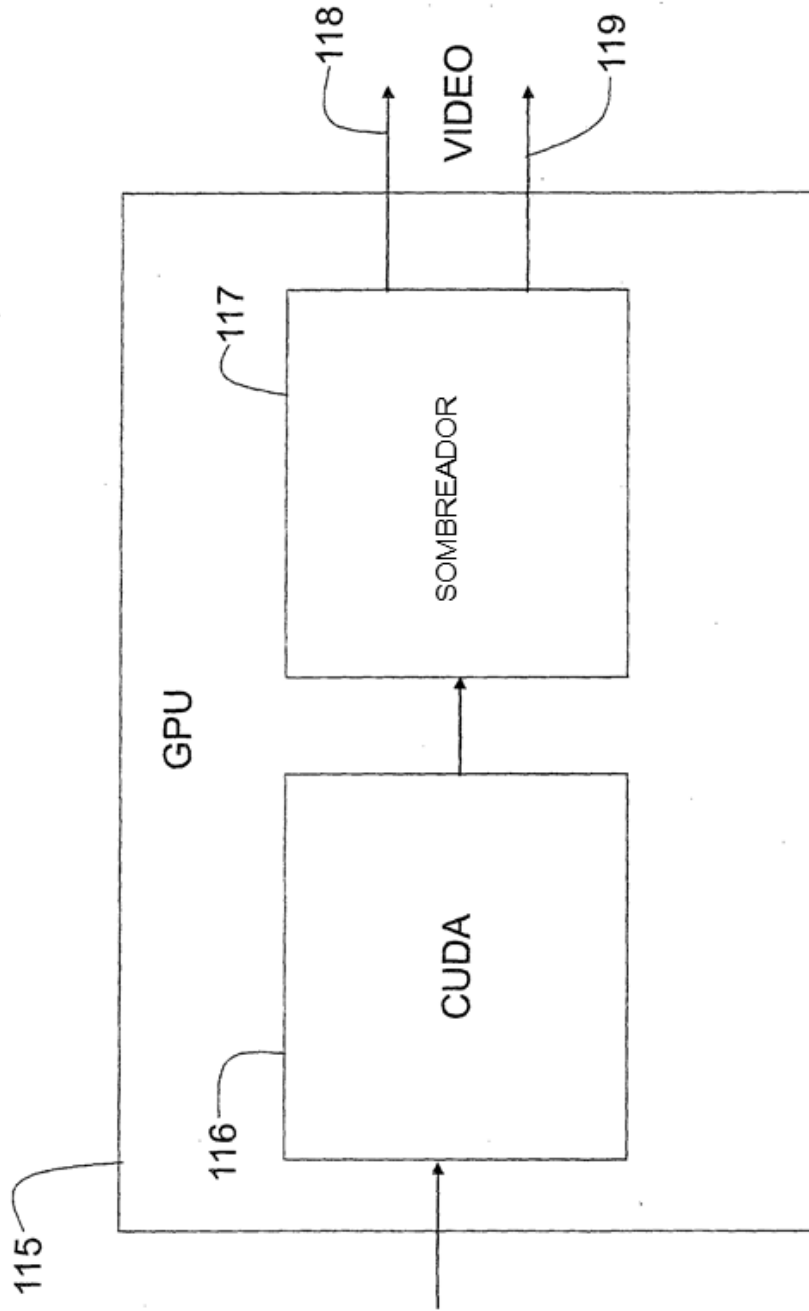


FIG. 11



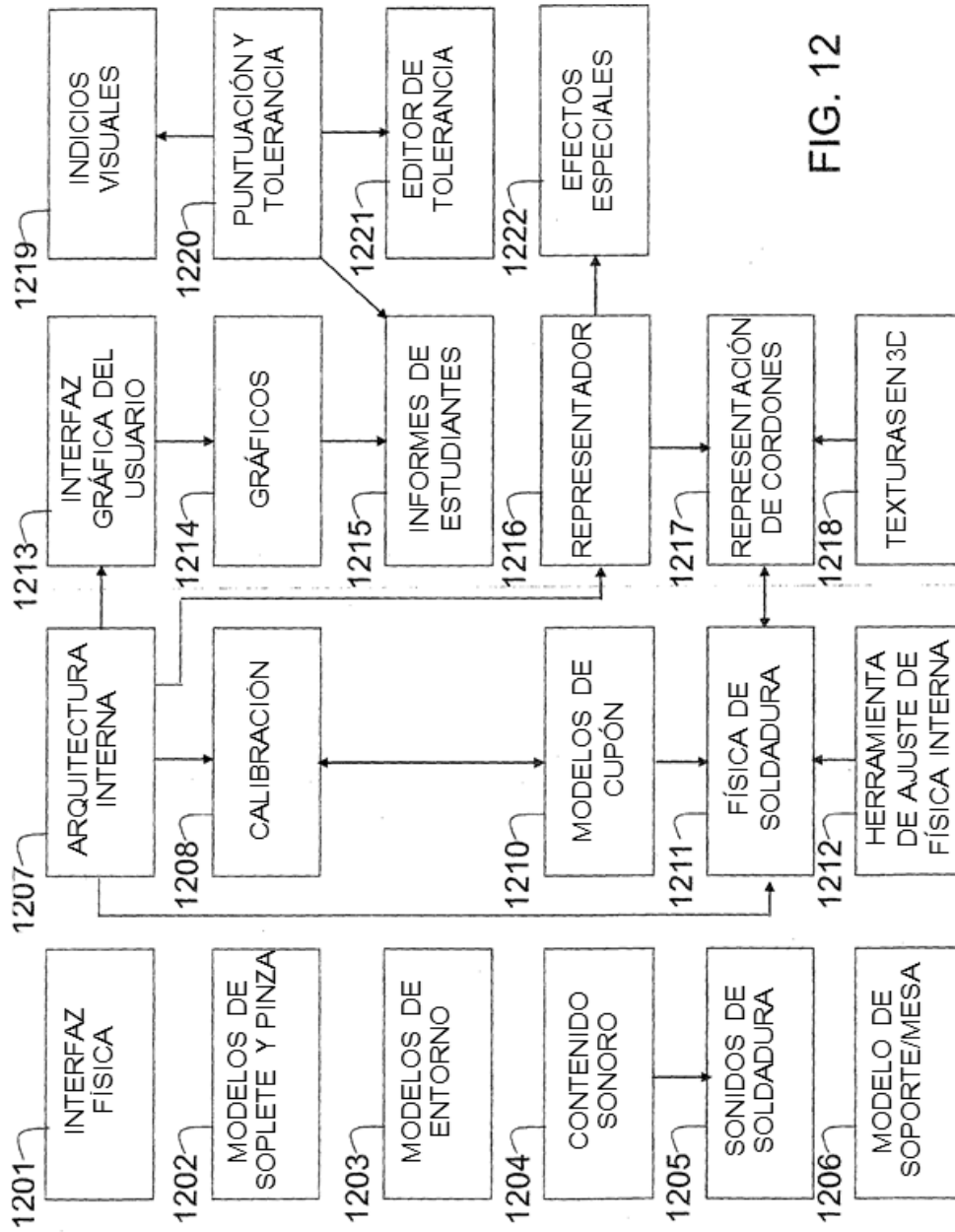


FIG. 12

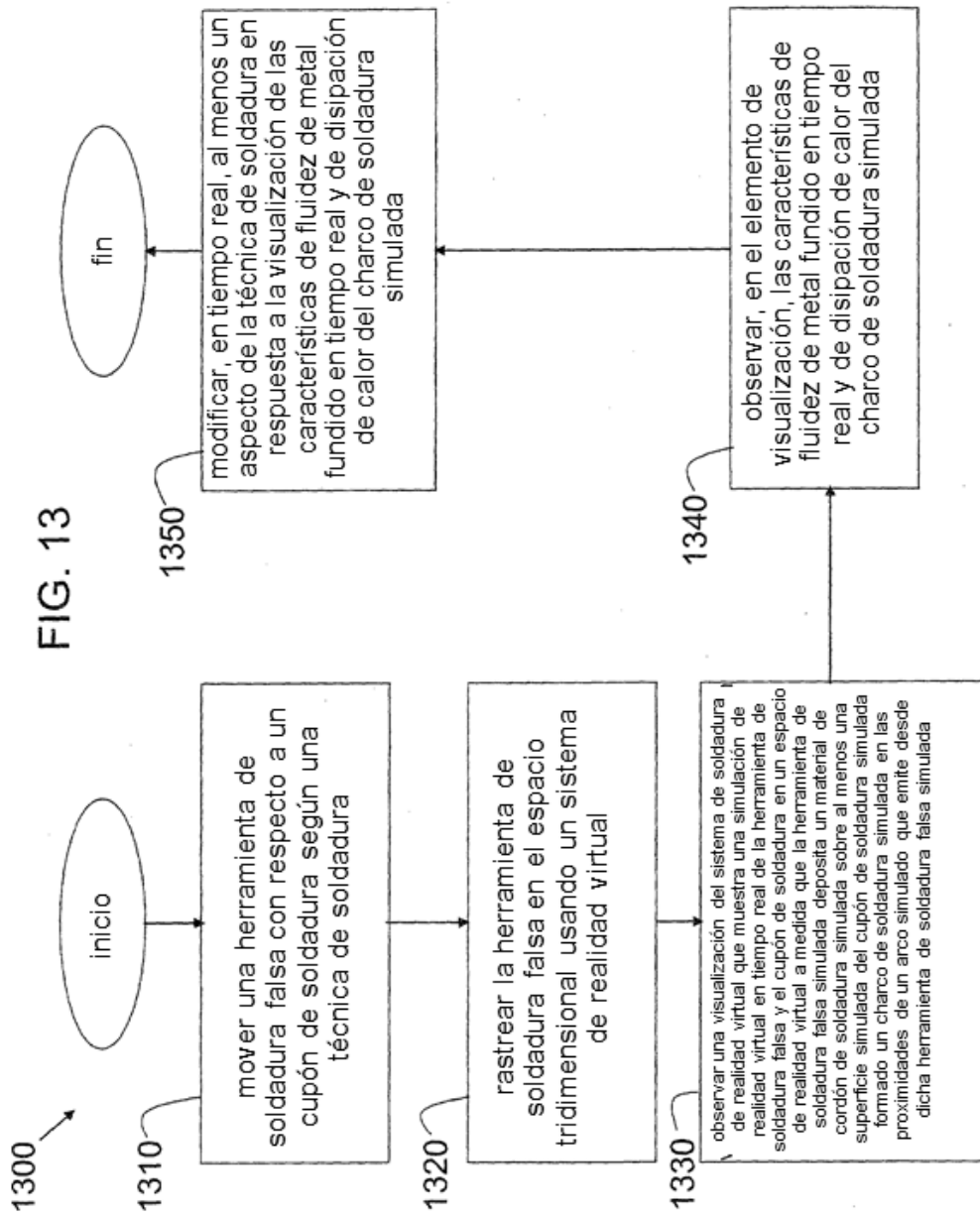


FIG. 13

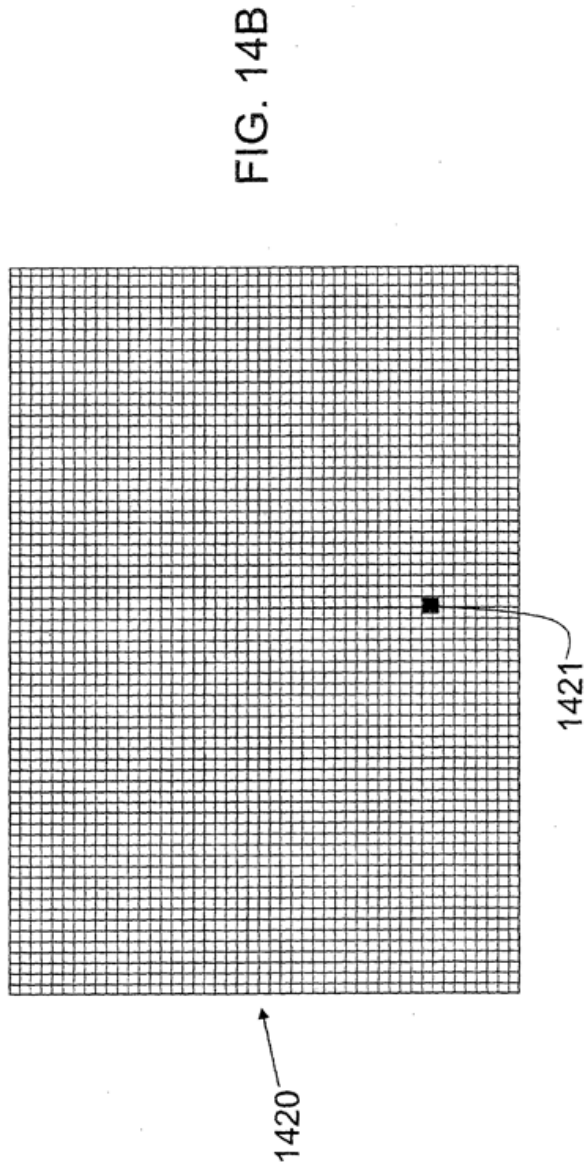
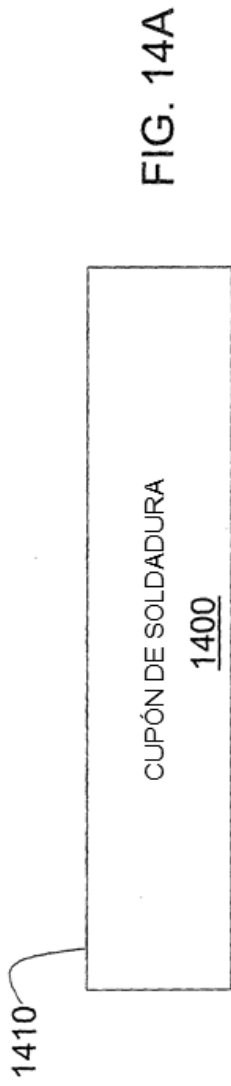
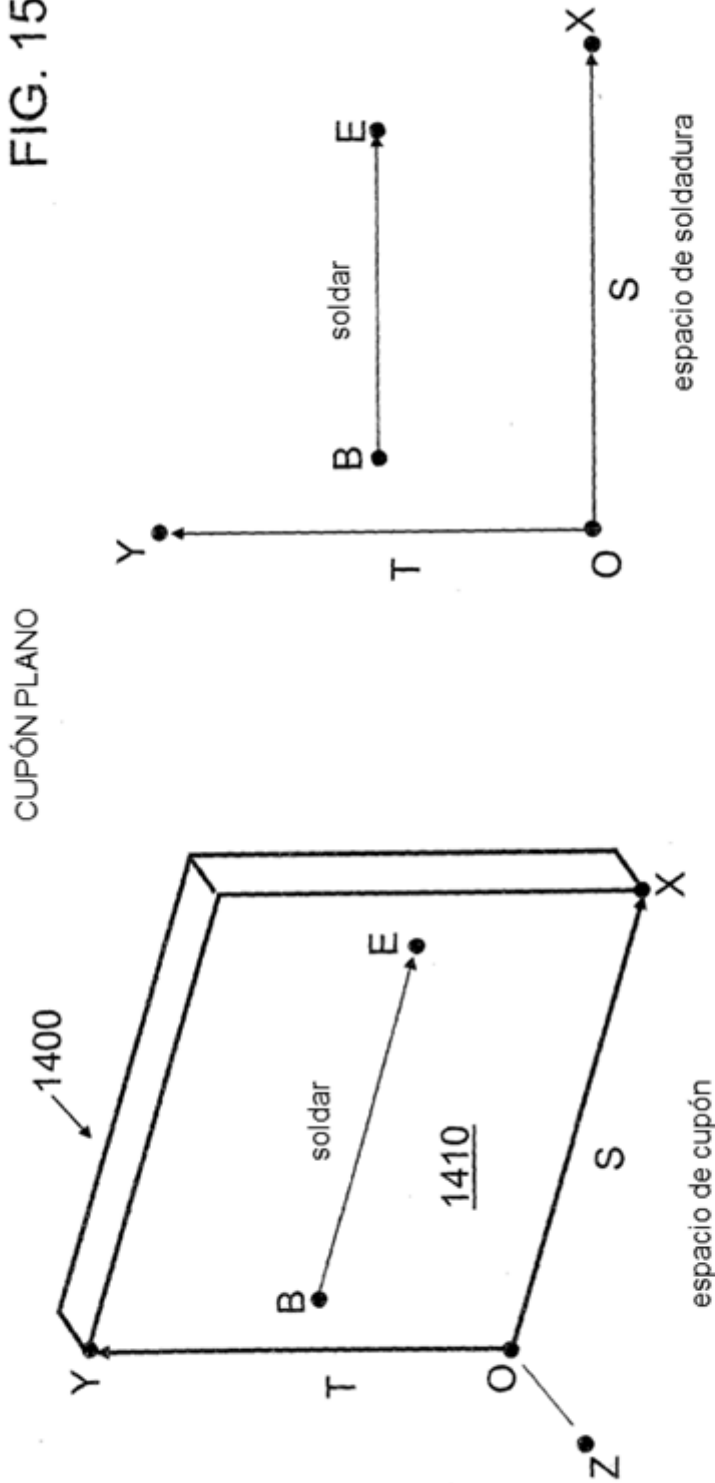


FIG. 15



Ancho = $|X-O|$

Altura = $|Y-O|$

Desplazamiento = $|Z-O|$

FIG. 16

CUPÓN DE ESQUINA

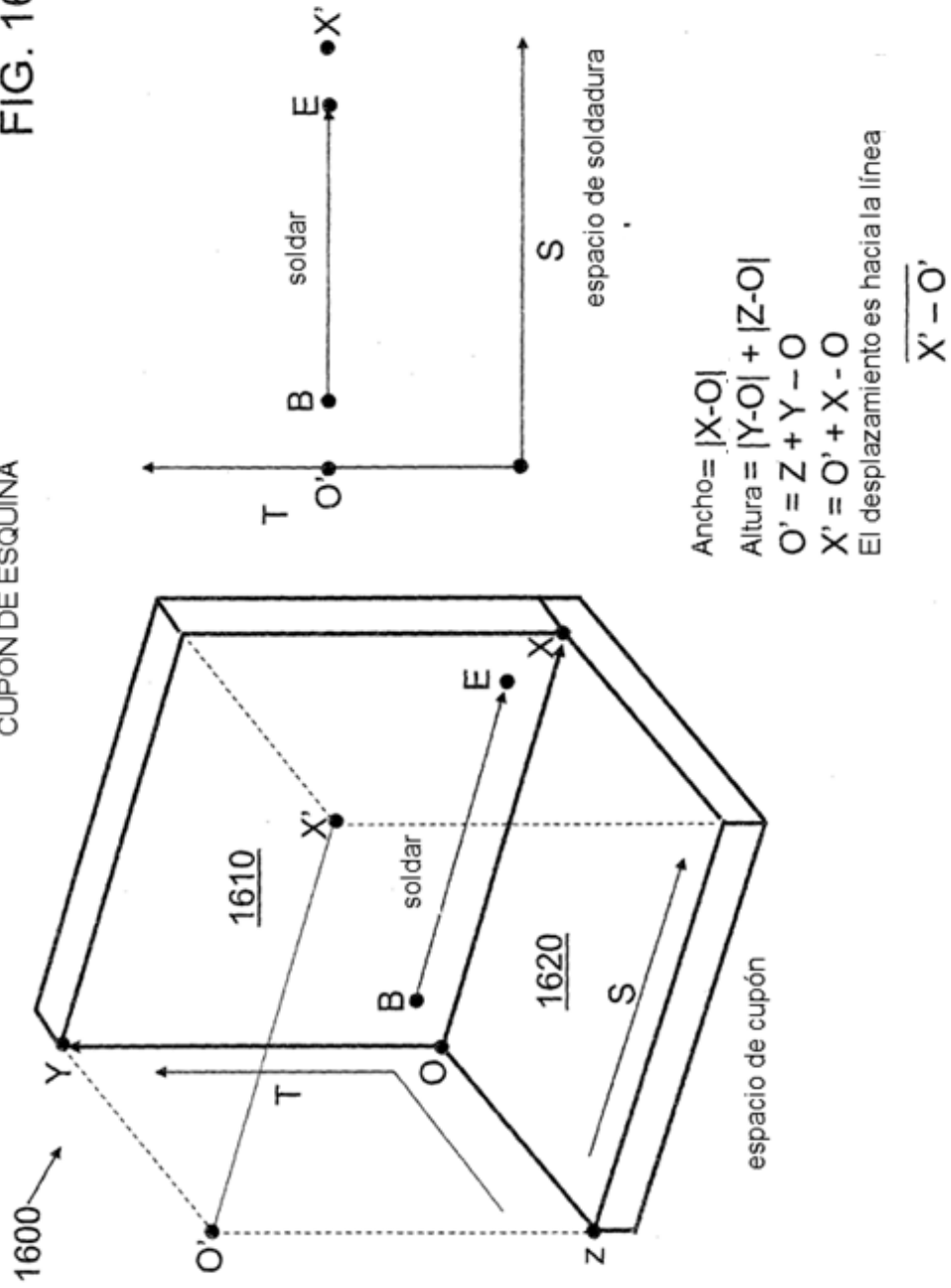
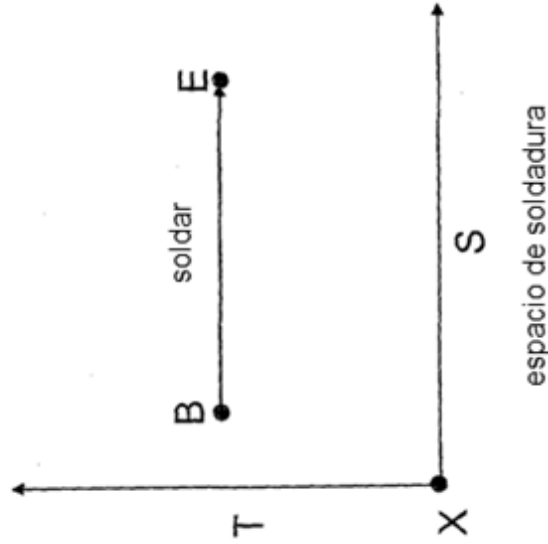
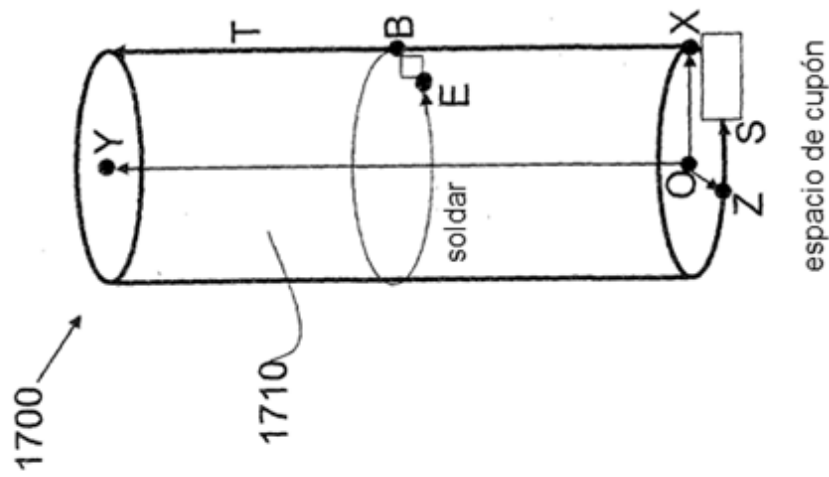


FIG. 17

CUPÓN DE TUBERÍA



Radio = $|X-O|$

Lente = $|Y-O|$

Ancho = $2\pi r$ (radio)

Altura = lente

El desplazamiento es lejos de la línea

$\overline{Y-O}$

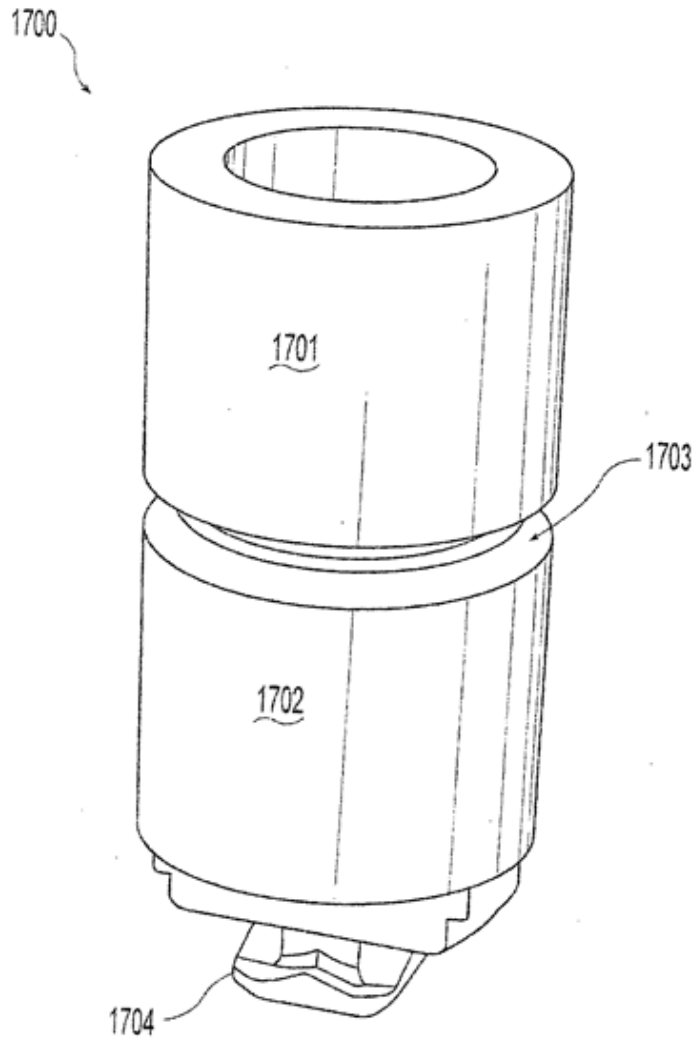


Fig. 18

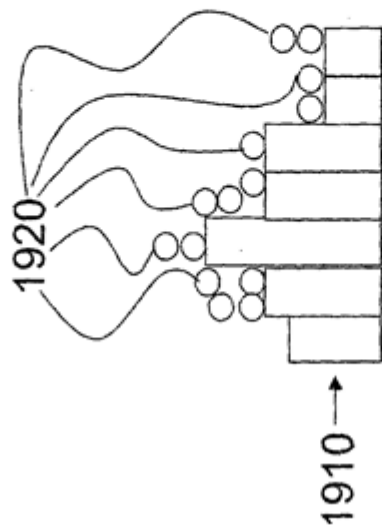


FIG. 19A

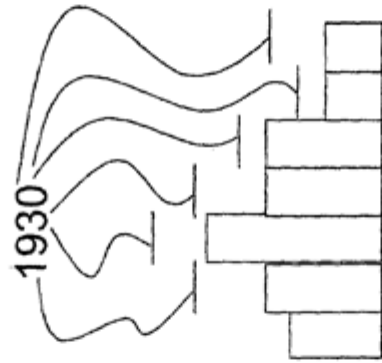


FIG. 19B

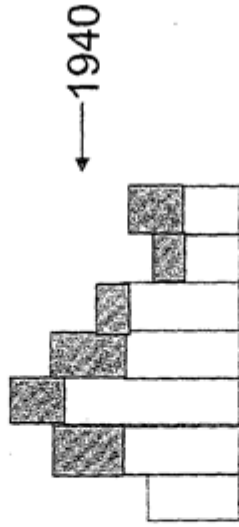


FIG. 19C

