

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 734 290**

51 Int. Cl.:

B25J 5/00 (2006.01)

F22B 37/00 (2006.01)

F22B 37/38 (2006.01)

G21C 17/013 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.02.2010** **PCT/US2010/025610**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.09.2010** **WO10099457**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2010** **E 10746923 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2019** **EP 2401117**

54 Título: **Sistema de inspección y proceso de inspección utilizando un vehículo de inspección magnético**

30 Prioridad:

27.02.2009 US 156121 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.12.2019

73 Titular/es:

**ROLLS-ROYCE NUCLEAR FIELD SERVICES INC.
(100.0%)
6546 Pound Road
Williamson NY 14589, US**

72 Inventor/es:

**WEBSTER, BRIAN;
BATES, NATHAN y
PUDLO, BRYAN**

74 Agente/Representante:

MILTENYI , Peter

ES 2 734 290 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 de inspección y proceso de inspección utilizando un vehículo de inspección magnético

5 CAMPO DE LA INVENCION

Esta invención se refiere a un procedimiento y a un aparato para inspeccionar un generador de vapor y, más particularmente, a un procedimiento y a un aparato para inspeccionar a distancia componentes internos de un generador de vapor.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En un reactor de agua a presión (Pressurized Water Reactor, PWR), el calor generado por la reacción nuclear en el lado primario se pasa al refrigerante del reactor. El refrigerante del reactor, a su vez, pasa a un tramo caliente de un generador de vapor (por ejemplo, un generador de vapor Westinghouse Modelo 51), se desplaza a través de unos tubos en U ("haz de tubos") del generador de vapor (que pasa calor al agua en el lado secundario del generador de vapor), y pasa a través de un tramo "frío" del generador de vapor para volver al reactor para completar y perpetuar el circuito.

20 El generador de vapor PWR es típicamente un recipiente a presión cilíndrico vertical con unas secciones extremas semiesféricas, revestidas en las superficies internas con acero inoxidable austenítico. En un extremo inferior de la sección cilíndrica hay dispuesta una placa transversal, una placa tubular, que divide el generador de vapor en un lado primario, que es la sección semiesférica inferior debajo de la placa tubular, y un lado secundario por encima de la placa tubular. Dos vías de acceso de 40,64 cm (16 pulgadas) de diámetro permiten el acceso para inspección y mantenimiento durante los períodos de interrupción. Una pared vertical divide el lado primario en una sección de entrada y una sección de salida. La placa tubular también soporta los tubos en U, indicados anteriormente, en sus extremos inferiores. La placa tubular comprende miles de orificios (por ejemplo, 11252 orificios) en la sección de entrada y la sección de salida con un extremo de cada tubo en U insertado en un orificio en la sección de entrada y el otro extremo del tubo en U insertado en un orificio en la sección de salida (por ejemplo, 5626 tubos). De este modo, cada tubo en U se comunica, en un extremo, con la sección de entrada del lado primario, y el otro extremo se comunica con la sección de salida del lado primario. Los tubos en U se sostienen a distintas alturas por encima de la placa tubular mediante unas placas de soporte (por ejemplo, siete placas de soporte de tubos, de aproximadamente 2,5 cm (1 pulgada) de grosor y separadas aproximadamente 99,1 cm (39 pulgadas). Las placas de soporte de tubos comprenden unas aberturas para cada tubo en U, presentando dichas placas de soporte, por ejemplo, una configuración de tipo retícula o un cuadrifolio (en forma de trébol), con las mismas placas de soporte soportadas mediante unos tirantes y el revestimiento cilíndrico del generador de vapor. Por encima de la placa tubular se disponen dos aberturas para la mano para proporcionar acceso limitado al lado secundario de la placa tubular.

40 El revestimiento cilíndrico del generador de vapor, indicado anteriormente, está dispuesto entre el haz de tubos y la carcasa del generador de vapor y define entre ellos una cámara "bajante" anular, que termina a una distancia predeterminada por encima de la placa tubular. En una parte superior del lado secundario del generador de vapor se introduce un fluido secundario ("agua de alimentación") para desplazarse por la cámara anular formada entre la superficie interior del cilindro del generador de vapor y la superficie exterior de el revestimiento del generador de vapor y hacia la placa tubular, radialmente hacia el interior a lo largo de la placa tubular y hacia arriba entre los tubos en U dentro del revestimiento para circular alrededor de los tubos en U, por encima de la placa tubular, en una relación de transferencia de calor con el exterior de los tubos en U. Debido a esta transferencia de calor, una parte del agua de alimentación se convierte en vapor y el vapor pasa a las turbinas de vapor para generar energía.

50 Existen diversos mecanismos que se reconoce que causan una degradación de la seguridad de la barrera entre el lado primario y el lado secundario y/o de la eficiencia de la transferencia de calor del lado primario al lado secundario, tal como corrosión general, corrosión intergranular, picado, y agrietamiento por corrosión bajo tensión (Stress Corrosion Cracking, SCC), desgaste, abolladuras, etcétera.

55 El Título 10 del Código de Reglamentos Federales (10 CFR) establece los requisitos reglamentarios fundamentales respecto a la integridad de los tubos en U de un generador de vapor indicando, en los criterios de diseño generales (General Design Criteria, GDC) en el Apéndice A del 10 CFR Parte 50, que el límite de presión del refrigerante del reactor (RCPB) entre el lado primario y el lado secundario tiene que "diseñarse, fabricarse, instalarse y probarse para que tenga una probabilidad extremadamente baja de fugas anormales, fallos de rápida propagación y roturas bruscas" (GDC 14), tiene que "diseñarse, fabricarse, instalarse y probarse para cumplir con los estándares de calidad más altos" (GDC 30), y tiene que "diseñarse para permitir inspecciones y pruebas periódicas de áreas y características importantes para evaluar su integridad estructural y de estanqueidad" (GDC 32). Dada la importancia de la integridad del tubo del generador de vapor, los licenciarios de PWR tienen especificaciones técnicas que rigen la inspección de los tubos en U del generador de vapor, pero tales especificaciones técnicas generalmente no

prescriben procedimientos de prueba no destructivos para inspeccionar tubos ni especifican dónde tiene que utilizarse una metodología particular, tal como se indica en la carta genérica (GL) 2004-01 emitida por la Comisión Reguladora Nuclear de los Estados Unidos. Tal como se indica más adelante, los tubos en U del generador de vapor también están sujetos a los requisitos de garantía de calidad de 10 CFR Parte 50, Apéndice B. A pesar de que las especificaciones técnicas (TS) no especifican procedimientos de prueba no destructivos o en qué ubicaciones tienen que emplearse procedimientos de prueba particulares, Criterio IX de 10 CFR Parte 50, Apéndice B, "Control de Procesos Especiales", se requiere, en parte, que las pruebas no destructivas sean controladas y realizadas por personal cualificado utilizando procedimientos cualificados de acuerdo con códigos, normas, especificaciones, criterios aplicables, y otros requisitos especiales.

La carta genérica de NRC 97-06 trata sobre la integridad de tubos en U de un generador de vapor y mecanismos de fallo relacionados con la degradación del soporte de los tubos en U incluyendo, por ejemplo, degradación basada en la corrosión de soportes de retícula del generador de vapor, que se descubren mediante inspecciones visuales del lado secundario realizadas durante una interrupción. La carta genérica de NRC 97-05 también se ocupó de las técnicas de inspección de tubos de generadores de vapor. Anteriormente, el Anuncio Informativo de NRC (IN) 79-27 destacó el potencial de las rupturas de los tubos en U de generadores de vapor como resultado de material extraño en el lado secundario de los generadores de vapor. Las directrices del Instituto de Investigación de Energía Eléctrica (EPRI) y NEI 97-06, que es una norma genérica autoimpuesta por la industria que establece criterios de inspección, mantenimiento y reparación para generadores de vapor, proporcionan una guía sobre la inspección de generadores de vapor.

Para satisfacer dichos requisitos y directrices, se llevaron a cabo previamente inspecciones empujando manualmente vídeo sondas hacia el generador de vapor, lo cual era y es desventajosamente intensivo en dosis de radiación (requiere protección del trabajador y limitación del tiempo de exposición), o utilizando rastreadores de inspección, que podrían inspeccionar la región del anillo, pero no podían inspeccionar la región anular y la región de alto flujo dentro del haz entre la placa tubular y el primer soporte del tubo.

La solicitud de patente KR 10-2008-0105488-A describe un vehículo de inspección que comprende cuatro ruedas magnéticas, una cámara de navegación y una cámara de inspección. Un motor acciona la rueda trasera y delantera del lado izquierdo, mientras que otro motor acciona la rueda trasera y delantera del lado derecho.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, un vehículo de inspección configurado para inspeccionar generadores de vapor incluye un bastidor delantero que tiene dos ruedas magnéticas accionadas independientemente, un bastidor trasero que tiene dos ruedas magnéticas accionadas independientemente y un elemento de conexión que conecta de manera flexible el bastidor delantero con el bastidor trasero para permitir un movimiento relativo entre el bastidor delantero y el bastidor trasero a lo largo de por lo menos un eje. El elemento de conexión, el bastidor delantero, y el bastidor trasero definen colectivamente una zona de recepción. El vehículo de inspección también incluye una cámara de navegación dispuesta en el bastidor delantero y un conjunto de cámara de inspección de desplazamiento e inclinación que incluye un primer brazo giratorio accionado por un primer motor, un segundo brazo giratorio dispuesto sobre una parte distal del primer brazo giratorio, siendo accionado el segundo brazo giratorio por un segundo motor, y una cámara de inspección dispuesta de manera giratoria en una parte distal del segundo brazo, siendo accionada la cámara de inspección por un tercer motor, estando dimensionado el conjunto de cámara para alojarse dentro de la zona de recepción en una posición recogida.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, un vehículo de inspección configurado para inspeccionar generadores de vapor incluye un bastidor delantero que comprende dos ruedas magnéticas accionadas independientemente, en el que las ruedas magnéticas están desplazadas entre sí, y un bastidor trasero que comprende dos ruedas magnéticas accionadas independientemente, en el que las ruedas magnéticas están desplazadas entre sí. Una articulación conecta de manera flexible el bastidor delantero con el bastidor trasero para permitir un movimiento angular relativo entre el bastidor delantero y el bastidor trasero. El elemento de conexión, el bastidor delantero, y el bastidor trasero definen colectivamente una zona de recepción en la cual un conjunto de cámara de inspección de desplazamiento e inclinación está configurado para quedar recogido. El conjunto de cámara de inspección de desplazamiento e inclinación comprende un primer brazo giratorio accionado por un primer motor, un segundo brazo giratorio dispuesto en una parte distal del primer brazo giratorio, siendo accionado el segundo brazo giratorio por un segundo motor, y una cámara de inspección dispuesta de manera giratoria en una parte distal del segundo brazo, siendo accionada la cámara de inspección por un tercer motor. El vehículo de inspección comprende, además, un circuito de auto-orientación configurado para orientar automáticamente el vehículo de inspección a una orientación establecida.

De acuerdo con todavía otro aspecto de la invención, se dispone un procedimiento para inspeccionar un lado secundario de un generador de vapor y comprende los actos de inserción, a través de una abertura para la mano, en

el lado secundario del generador de vapor, de un vehículo de inspección, comprendiendo el vehículo de inspección un bastidor delantero que comprende dos ruedas magnéticas accionadas independientemente, un bastidor trasero que comprende dos ruedas magnéticas accionadas independientemente, una articulación que conecta de manera flexible el bastidor delantero con el bastidor trasero para permitir un movimiento angular relativo entre el bastidor delantero y el bastidor trasero, una zona de recepción definida por el elemento de conexión, el bastidor delantero y el bastidor trasero, un conjunto de cámara de inspección de desplazamiento e inclinación que comprende un primer brazo giratorio accionado por un primer motor, un segundo brazo giratorio dispuesto en una parte distal del primer brazo giratorio, siendo accionado el segundo brazo giratorio por un segundo motor, y una cámara de inspección dispuesta de manera giratoria en una parte distal del segundo brazo, siendo accionada la cámara de inspección por un tercer motor, estando dimensionado el conjunto de cámara para alojarse dentro de la zona de recepción en una posición recogida, y un circuito de auto-orientación configurado para orientar automáticamente el vehículo de inspección hacia una orientación establecida. El procedimiento comprende, además, los actos de mover el vehículo de inspección a una fila inicial de tubos en U, desplazar la cámara de inspección entre la placa tubular y el deflector de distribución de flujo para inspeccionar la placa tubular, los tubos en U, y el deflector de distribución de flujo, avanzar el vehículo de inspección una fila a una fila siguiente de tubos en U, y desplazar la cámara de inspección entre el deflector de distribución de flujo y la placa tubular para inspeccionar la placa tubular, los tubos en U, y el deflector de distribución de flujo. De acuerdo con este procedimiento, los actos de movimiento y desplazamiento se repiten secuencialmente.

Para los expertos en la materia serán claros aspectos adicionales de la invención en vista de la descripción detallada de varias realizaciones, la cual se da con referencia a los dibujos, de las cuales da a continuación una breve descripción.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1a es una vista en perspectiva de una realización de la presente invención con un conjunto de cámara en una configuración recogida.

La figura 1b es otra vista en perspectiva de la realización de la presente invención representada en la figura 1a, con el conjunto de cámara en una primera configuración.

La figura 1c es otra vista en perspectiva de la realización de la presente invención representada en las figuras anteriores, con el conjunto de cámara en una segunda configuración.

La figura 1d es otra vista en perspectiva de la realización de la presente invención representada en las figuras anteriores, con el conjunto de cámara en una tercera configuración.

La figura 1e es otra vista en perspectiva de la realización de la presente invención representada en las figuras anteriores, con el conjunto de cámara en una cuarta configuración.

La figura 1f es otra vista en perspectiva de la realización de la presente invención representada en las figuras anteriores, con el conjunto de cámara en una quinta configuración.

La figura 1g es otra vista en perspectiva de la realización de la presente invención representada en las figuras anteriores, con el conjunto de cámara en una sexta configuración.

La figura 1h es otra vista en perspectiva de la realización de la presente invención representada en las figuras anteriores, con el conjunto de cámara en una séptima configuración.

La figura 1i es otra vista en perspectiva de la realización de la presente invención representada en las figuras anteriores, con el conjunto de cámara en una octava configuración.

La figura 1j muestra una vista en perspectiva diferente de la realización de la presente invención tal como se representa en la figura 1i.

La figura 1k muestra todavía otra vista en perspectiva de la realización de la presente invención tal como se representa en las figuras 1i-1j.

La figura 1l muestra una primera vista lateral de la realización de la presente invención tal como se representa en las figuras 1i-1k.

La figura 1m muestra una vista posterior de la realización de la presente invención tal como se representa en las figuras 1i-1l.

La figura 1n muestra una segunda vista lateral de la realización de la presente invención tal como se representa en las figuras 1i-1m.

La figura 1o muestra una vista frontal de la realización de la presente invención tal como se representa en las figuras i-1n.

La figura 1p muestra una vista lateral de la realización de la presente invención tal como se representa en las figuras 1a-1m, con el conjunto de cámara en una configuración recogida.

La figura 2a representa un vehículo de inspección de acuerdo con por lo menos algunos aspectos de los conceptos presentes dispuestos en un generador de vapor, con una cámara de inspección orientada hacia abajo hacia la placa tubular.

La figura 2b representa un vehículo de inspección de acuerdo con por lo menos algunos aspectos de los presentes conceptos dispuestos en un generador de vapor, con una cámara de inspección orientada hacia arriba hacia la interfaz deflector de distribución de flujo (Flow Distribution Baffle, FDB)/revestimiento.

La figura 3 muestra otra vista de un vehículo de inspección de acuerdo con por lo menos algunos aspectos de los presentes conceptos dispuestos en un generador de vapor, con una cámara de inspección orientada hacia arriba hacia la interfaz deflector de distribución de flujo (FDB)/revestimiento.

La figura 4 muestra una vista isométrica del vehículo de inspección mostrado en la figura 3.

5 La figura 5 ilustra el funcionamiento de un sistema de auto-corrección de la orientación de un vehículo de inspección de acuerdo con por lo menos algunos aspectos de los presentes conceptos.

La figura 6 ilustra un ejemplo de un circuito de auto-corrección de la orientación de acuerdo con por lo menos algunos aspectos de los presentes conceptos.

10 La figura 7 ilustra un ejemplo de un dispositivo de gestión de cables de acuerdo con por lo menos algunos aspectos de los presentes conceptos.

La figura 8 ilustra un ejemplo de un dispositivo de gestión de cables montado en una brida de una abertura para la mano de un generador de vapor de acuerdo con por lo menos algunos aspectos de los presentes conceptos.

15 Aunque la invención es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, en los dibujos se han mostrado unas realizaciones específicas a modo de ejemplo y se describirán con detalle aquí. Debe entenderse, sin embargo, que la invención no pretende limitarse a las formas particulares descritas. Más bien, la invención pretende cubrir todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que se encuentren dentro del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

20 DESCRIPCIÓN DETALLADA

Aunque esta invención es susceptible de realización en muchas formas diferentes, en los dibujos se muestra y se describirán aquí en detalle unas realizaciones preferidas de la invención entendiendo que la presente descripción debe considerarse como un ejemplo de los principios de la invención y no pretende limitar el aspecto amplio de la invención a las realizaciones ilustradas.

25 Los conceptos actualmente descritos se refieren, por lo menos en algunos aspectos, a un sistema de inspección que utiliza un vehículo de inspección magnético 100 y, más particularmente, a un sistema de inspección de anillo envolvente del revestimiento de un generador de vapor que comprende un vehículo de inspección magnético 100, tal como se muestra a modo de ejemplo en las figuras 1a-1p. El sistema de inspección descrito aquí comprende un sistema de cámara remota empleado en combinación con un vehículo de inspección 100, estando configurado dicho sistema de inspección para realizar inspecciones visuales, tal como para observar la presencia de lodo libre o solidificado y/o material u objetos extraños en la región anular de un generador de vapor, siendo representadas dichas inspecciones visuales a modo de ejemplo en las figuras 2a-2b y 3-4. Este sistema está configurado para examinar 360° de la parte superior del anillo de la placa tubular y tubos periféricos desde el nivel de la placa tubular hasta el borde inferior del deflector de distribución de flujo (FDB), que proporciona particularmente unas vistas de las regiones de alto flujo en el lado secundario de generadores de vapor. Este sistema también está configurado para inspeccionar por lo menos tres tubos en el haz de tubos.

40 Este vehículo de inspección 100 comprende tres partes o sistemas principales, una plataforma de entrega, un conjunto de cámara, y un elemento umbilical, tal como se describe más adelante.

La plataforma de entrega comprende un coche delantero 10 y un coche trasero 20 conectados entre sí por un elemento de conexión (por ejemplo, una articulación 170) que permite un movimiento relativo entre el coche delantero 10 y el coche trasero 20 a lo largo de por lo menos un eje. Cada uno del coche delantero 10 y el coche trasero 20 comprende dos ruedas 105, en la realización representada, siendo accionada cada una de las ruedas 105 por separado por un motor 106. Un ejemplo de un motor adecuado es el MicroMo 1331T012S 14/1, fabricado por MicroMo Electronics, Inc. de Clearwater, Florida, EE.UU. Los motores 106 de la rueda 105 proporcionan a las ruedas magnéticas una potencia para accionarlas alrededor del anillo. Las ruedas magnéticas 105, que comprenden unos imanes de samario o neodimio (por ejemplo, Nd₂Fe₁₄B, Sm₂CO₁₇, etc.), están configuradas para proporcionar suficiente atracción magnética para evitar que el sistema deslice en el revestimiento del generador de vapor durante el funcionamiento. El elemento de conexión (por ejemplo, la articulación 170) permite que el sistema se articule en el diámetro interior curvo del revestimiento para garantizar el contacto con la superficie en todo momento.

55 En una configuración actualmente preferida, las ruedas 105 están unidas directamente al extremo del motor de accionamiento 106 y las ruedas están dispuestas desplazadas para mantener la envolvente dimensional global del vehículo de inspección dentro de las restricciones típicas impuestas por penetraciones de la abertura para la mano del generador de vapor (por ejemplo, debe haber a través de una abertura de 148 mm de diámetro (5,83")). Tal como se muestra, las dimensiones generales del vehículo de inspección 100 son 203 mm (8,00") (L) x 124 mm (4,90") (W) x 51 mm (2,00") (H), excluyendo el conector 300, el cual se describe a continuación. La envolvente dimensional total del conjunto de cámara que comprende el primer brazo 110, el segundo brazo 120, y la cámara de inspección 140 es 124 mm (4,90") (L) x 85 mm (3,35") (W) x 34 mm (1,33") (H). Las ruedas 105 tienen un diámetro

de 25 mm (1,00"). Otros recipientes, tuberías o sistemas a presión a inspeccionar pueden permitir variaciones correspondientes a la realización representada aquí donde no existan restricciones de tamaño similares.

La plataforma de entrega también comprende unas luces auxiliares 155 dispuestas alrededor de la parte delantera del coche trasero 10, cuatro luces en el ejemplo ilustrado, para proporcionar iluminación en la dirección del movimiento del vehículo de inspección 100. En un aspecto, las luces 155 comprenden luces LED blancas tales como luces LED blancas de Nichia Corp., modelo no. NSPW500BS, o LEDS DRAGONtape® White 430 Lumen, Modelo No. OSRAM DT6-W4F-854, pero sin limitarse a éstos.

El conjunto de cámara comprende un primer brazo 110 que lleva un motor de desplazamiento, un segundo brazo 120 que lleva un motor de inclinación, un motor de extensión 130 (debajo del alojamiento representado) y una cámara 140, tal como se muestra en general en las figuras 1a-1p. Estos brazos y motores confieren capacidades totales de desplazamiento e inclinación a la cámara de inspección 140 acoplada. En un aspecto actualmente preferido, uno o más del motor de desplazamiento, el motor de giro, y el motor de extensión son un micromotor de CC MicroMo 0816008S + 08/1 1024:1, fabricado por MicroMo Electronics, Inc. de Clearwater, Florida, EE.UU.

En la parte delantera del vehículo de inspección 100 se dispone opcionalmente una cámara de navegación adicional 150 para proporcionar una vista en la dirección del movimiento del vehículo de inspección 100 y, por lo tanto, facilitar la "conducción" del vehículo de inspección por parte de un operario remoto situado fuera del generador de vapor (u otro entorno de inspección). En un aspecto actualmente preferido, la cámara de inspección 140 representada es una cámara de color CCD STC-N64 o STC-P64 de alta resolución y alto rendimiento fabricada por Sensor Technologies America, Inc., de Carrollton, TX., EE.UU., configurada para proporcionar vídeo en vivo. La cámara de accionamiento 150 puede comprender la STC-N64, o puede comprender otra marca y modelo de cámara, tal como la cámara KT&C KPC-EX20P3 o KPC-S20CP3. Además, en una configuración alternativa a la que se muestra en las figuras adjuntas, la cámara de navegación 150 se omite y la cámara de inspección 140 se utiliza para las funciones tanto de navegación como de inspección.

Por lo tanto, tal como se muestra, el sistema de inspección está equipado con dos conjuntos de cámaras, una cámara fija de color orientada hacia adelante 150 (y una iluminación 155) utilizada para navegación y observación general, y una cámara de color de desplazamiento/inclinación montada en la parte superior 140 (y una iluminación 145) utilizada para inspección. El motor de desplazamiento en el primer brazo 110 permite a la cámara desplazarse hacia la izquierda y hacia la derecha y el motor de inclinación del segundo brazo 120 permite a cámara mirar hacia arriba y hacia abajo. El motor de extensión 130 permite que el primer brazo 110 se mueva dentro y fuera de la carrocería del vehículo de inspección 100.

El elemento umbilical se refiere en general a la conexión entre el vehículo de inspección 100 y el operario del vehículo de inspección e incluye el puerto de conexión 165, un conector neumático 300, un colector neumático 310, y un cable 200 (figura 5). En por lo menos algunos aspectos de los presentes conceptos, un primer cordón umbilical suministra energía al vehículo de inspección 100, permitiendo la transmisión de señales (por ejemplo, señales de vídeo, señales de control, etc.) entre el vehículo de inspección 100 y el operario, y un segundo cordón umbilical que proporciona gas comprimido (por ejemplo, aire) a un sistema de suministro neumático que comprende el conector neumático 300 y el distribuidor neumático 310. En por lo menos algunos aspectos, la longitud umbilical es de aproximadamente 15,2 m (50 pies), pero la longitud umbilical puede ser mayor (por ejemplo, 30,5 m (100'), 45,7 m (150')) o menor para adaptarse a la aplicación particular.

El sistema de suministro neumático también comprende unos tubos neumáticos flexibles (no mostrados) que están dispuestos para conectar las boquillas de salida del colector neumático 310 a unas boquillas de entrada correspondientes de las partes centrales de aire o accesorios neumáticos 160, que están acoplados a una parte superior de cada bloque de ruedas 107. El gas comprimido (por ejemplo, aire) se transfiere entonces a través de un orificio en la parte superior del bloque de ruedas 107, a través de uno o más conductos, a una o más aberturas (por ejemplo, 3 orificios pequeños o boquillas convergentes) (no mostrados) formadas en un radio interior del bloque de ruedas. En otras palabras, la(s) abertura(s) se encuentra(n) generalmente adyacente(s) a la superficie de la rueda y está(n) configurada(s) para dirigir gas comprimido a la rueda respectiva 105 para eliminar partículas (por ejemplo, magnetita) o residuos que se adhieren a las ruedas magnéticas. En diversos aspectos, el suministro de gas comprimido puede ser controlado localmente por el operario y puede dejarse abierto, para suministrar continuamente gas comprimido (por ejemplo, aire) al vehículo de inspección, o bien aislado selectivamente cuando no sea necesario. Alternativamente, el colector neumático 310 puede comprender válvulas que pueden funcionar en un ciclo selectivamente (o automáticamente) para descargar el aire por una o más aberturas formadas en un radio interno del bloque de ruedas para que impacte sobre la rueda respectiva o para desviar el aire de una o más de las ruedas a una o más de las otras ruedas.

En configuraciones alternativas, el sistema de aire comprimido puede utilizarse en combinación con elementos raspadores (no mostrados) formados por Delrin o acero inoxidable, por ejemplo, y colocarse proximal a cada rueda 105, o puede omitirse a favor del mismo.

Volviendo a la serie de imágenes representadas en las figuras 1a-1p, figura 1a muestra un ejemplo en el que la cámara 140, el primer brazo 110, y el segundo brazo 120 quedan recogidos en un espacio o área de recepción con una forma correspondiente (por ejemplo, sustancialmente coincidente) formado entre el coche delantero 10 del vehículo de inspección, el coche trasero 20 del vehículo de inspección, y el elemento de conexión (por ejemplo, la articulación 170) que conectan el coche delantero al coche trasero. En esta configuración recogida, las superficies superiores de la cámara 140, el primer brazo 110, y el segundo brazo 120 están dimensionados para que tengan una altura inferior o igual a la superficie superior de la carcasa del motor de extensión 130 y otros componentes, tal como se muestra en la figura 1p, limitando así la altura del vehículo de inspección 100. Lateralmente, las superficies distales o exteriores de la cámara de inspección 140 también quedan en el interior de las superficies exteriores de las ruedas 105.

La figura 1b muestra el primer brazo 110 en una primera posición inclinada (por ejemplo, 30°, tal como se muestra) desde su posición inicial recogida. El primer brazo está unido directamente al eje del motor de extensión 130 de modo que el giro del eje del motor provoca un giro correspondiente del primer brazo. La figura 1c muestra el primer brazo 110 en una segunda posición inclinada (por ejemplo, 90°, tal como se muestra) desde su posición inicial recogida. La figura 1d muestra igualmente, después de la configuración representada en la figura 1c, el movimiento del segundo brazo 110 a una primera posición inclinada (por ejemplo, 30°, tal como se muestra) desde su posición inicial recogida en las figuras 1a-1c. Es decir, muestra el segundo brazo 120 movido a una segunda posición inclinada (por ejemplo, 90°, tal como se muestra) desde su posición inicial recogida. Al igual que con el primer brazo 110, el segundo brazo 120 está unido directamente al eje del motor de desplazamiento dispuesto en el primer brazo 110, de modo que el giro del eje del motor de desplazamiento provoca un giro correspondiente del segundo brazo 120.

La figura 1f muestra, después de la configuración representada en la figura 1e, el movimiento de la cámara de inspección 140 hacia una primera posición inclinada (por ejemplo, 30°, tal como se muestra) desde su posición inicial recogida en las figuras 1a-1e. La figura 1g muestra la cámara de inspección 140 movida hacia una segunda posición inclinada (por ejemplo, 90°, tal como se muestra) desde su posición inicial recogida. La figura 1h muestra la cámara de inspección 140 movida hacia una tercera posición inclinada (por ejemplo, 120°, tal como se muestra) desde su posición inicial recogida. La figura 1i muestra la cámara de inspección 140 movida hacia una cuarta posición inclinada (por ejemplo, aproximadamente 175°, tal como se muestra) desde su posición inicial recogida. En una configuración, la cámara de inspección 140 está acoplada directamente al eje del motor de inclinación dispuesto en el segundo brazo 120, de modo que el giro del eje del motor de inclinación provoca un giro correspondiente de la cámara de inspección 140. En una configuración alternativa, el eje de giro de la cámara de inspección puede ser accionado por una polea y una configuración de correa alojada dentro del segundo brazo 120, mientras que la polea es accionada, a su vez, por un piñón acoplado al eje del motor de inclinación. El giro de la cámara de inspección 140 también podría efectuarse utilizando una rueda de compresión o cualquier otra fuerza motriz.

Las figuras 1j-1k muestran vistas isométricas del vehículo de inspección 100 en la misma configuración representada en la figura 1i, con la figura 1j mostrando una vista predominantemente trasera y la figura 1k mostrando una vista predominantemente frontal. Las figuras 1l-1o muestran asimismo una primera vista lateral, una vista posterior, una segunda vista lateral, y una vista frontal de la configuración representada en la figura 1i.

La figura 1p muestra una vista lateral del vehículo de inspección 100 representado en la figura 1a, con la cámara de inspección 140 en una configuración recogida.

En una aplicación de inspección de un generador de vapor, tal como se muestra en las figuras 2a-2b y 3-4, la cámara de inspección 140 está configurada para inspeccionar todo el anillo de un generador de vapor 500, incluyendo un campo de visión de 360° alrededor de la circunferencia del generador de vapor, desde la parte superior del anillo de la placa tubular del generador de vapor (es decir, en la región bajante entre el generador de vapor 500 y el revestimiento cilíndrico del generador de vapor 510) hasta el nivel de la placa tubular, observando los tubos periféricos y algunos tubos interiores desde el borde inferior del deflector de distribución de flujo del generador de vapor hasta la placa tubular. Debe observarse que, por simplicidad y claridad, la conexión umbilical entre el vehículo de inspección 100 y el vehículo de inspección del operario 100 no se muestra en las figuras 2a-2b y 3-4.

Tal como se muestra en el cono de visualización 400 en las figuras 2a-2b, la cámara de inspección 140 está configurada para proporcionar al operario imágenes de vídeo de un mínimo de tres columnas de tubos 520 en paquete desde la placa tubular 600 (por ejemplo, se muestran aproximadamente siete columnas de tubos que se encuentran contenidas dentro del cono de visión 400 en la figura 2a) hasta la parte inferior de la interfaz deflector de distribución de flujo (FDB)/placa de soporte.

En la aplicación de inspección de un generador de vapor representada en las figuras 2a-2b y 3-4, el vehículo de inspección 100 puede utilizarse, por ejemplo, para realizar inspecciones visuales para buscar y localizar objetos extraños que puedan estar presentes en la zona del anillo del generador de vapor, la placa tubular, o tubos en U

El vehículo de inspección 100 también opcionalmente, pero ventajosamente, comprende un sensor de inclinación 250, representado en las figuras 1a-1p. El sensor de inclinación 250 envía señales que se utilizan, ya sea a bordo o utilizando un dispositivo de procesamiento remoto, para proporcionar una señal de autocorrección (por ejemplo, auto-nivelación) a las ruedas del vehículo 105 para accionar las ruedas 105 para posicionar el vehículo paralelo o substancialmente paralelo a la placa tubular o cualquier otra referencia. El sensor de inclinación 250 y la característica de autocorrección asociada están adaptados, en parte, para accionar ruedas individuales 105 del vehículo de inspección 100 con el fin de alinear el vehículo de inspección 100 con una orientación deseada, que podría ser cualquier orientación preseleccionada. Aunque en algunos aspectos la orientación deseada sería horizontal o substancialmente horizontal, para que sea paralela o substancialmente paralela a la placa tubular en una inspección del generador de vapor, pueden seleccionarse otras orientaciones. Por lo tanto, la característica de autocorrección del vehículo de inspección 100 puede configurarse para alinear el vehículo de inspección 100 con una orientación seleccionada por un usuario.

Tal como se muestra en la figura 5, el vehículo de inspección 100 se muestra para auto-corriger su posición a medida que se mueve en la dirección de la flecha, de modo que el vehículo de inspección 100 mantiene una orientación paralela a la placa tubular 600. Sin embargo, no es necesario un movimiento hacia adelante del vehículo de inspección 100 para que tenga lugar la auto-nivelación y la función de auto-nivelación también está activa cuando el vehículo de inspección 100 está parado. Por ejemplo, la auto-nivelación puede conseguirse mediante un giro de selección de cada una de las ruedas 105 o ruedas seleccionadas. Además, el sensor de inclinación 250 puede estar integrado opcionalmente en otras partes del vehículo, el puerto del conector umbilical 165, un cordón/tubo/cable 200 conectado al vehículo de inspección 100 o un conector neumático 300, o el conector neumático 300, siempre que indique fielmente una orientación del vehículo de inspección 100.

En por lo menos un aspecto de los presentes conceptos, la característica de autocorrección se basa en una señal de realimentación que proporciona el sensor de inclinación 250. Entre el vehículo de inspección 100 y una caja de control de circuito abierto (no mostrada) operada por el operario del vehículo de inspección se forma un circuito cerrado analógico. La caja de control de circuito abierto comprende un sistema de control de bucle abierto (OLCS) o un sistema de control manual que se utiliza preferiblemente para operar el vehículo e incluye controles (por ejemplo, un mando) para permitir el ajuste con una finura deseada de la orientación deseada del sensor de inclinación. Puede disponerse cualquier cantidad de orientaciones predeterminadas como opciones seleccionables para el operario. A modo de ejemplo, pueden disponerse dos orientaciones predeterminadas separadas 180°, permitiéndose dichas orientaciones predeterminadas mediante un interruptor de selección, para permitir al operario, por ejemplo, utilizar el vehículo de inspección 100 desde el mismo puerto de acceso para inspeccionar el lado del tramo caliente o el tramo frío del anillo.

La figura 6 muestra un ejemplo de un circuito que puede utilizarse para proporcionar las funciones de autocorrección indicadas anteriormente. La señal de realimentación de corrección o nivelación se utiliza para polarizar una etapa diferencial (etapa de suma de amplificador operacional) del circuito cerrado analógico. La señal se amplifica después proporcionalmente (% de $\pm V_{max}$) a través de una etapa de accionamiento del amplificador operacional de CC que proporciona energía a los motores de accionamiento.

Se dispone ventajosamente un sistema de gestión de cables 700 para alimentar y controlar los cables y tubos que conectan el vehículo de inspección 100 con sistemas externos (por ejemplo, un ordenador utilizado por el operario, una caja de control de bucle abierto, etc.), y se representa a modo de ejemplo en las figuras 7-8. El sistema de gestión de cables 700 comprende, en el ejemplo ilustrado, una brida de montaje 701 para permitir montar el sistema de gestión de cables la abertura para la mano 550 del generador de vapor (véase la figura 4). La configuración particular de la brida de montaje 701 está configurada ventajosamente, pero no necesariamente, para ser adaptable a diferentes configuraciones de generadores de vapor. Por ejemplo, la brida de montaje puede comprender placas extraíbles, de manera que las placas seleccionadas pueden extraerse y sustituirse por diferentes placas intercambiables adaptadas para su uso con una configuración particular de abertura para la mano del generador de vapor.

El sistema de administración de cables 700 también comprende un alojamiento de rodillos 702 que aloja los rodillos y motores que agarran o "aprietan" el cable (por ejemplo, 200) y lo impulsan hacia adentro o hacia afuera del generador de vapor en respuesta o sincrónicamente con señales de control proporcionadas por el operario del

vehículo de inspección 100. Los motores de accionamiento eléctrico, tales como los motores MicroMo 2842S012S + 30/1 246:1, presentan, cada uno, unos rodillos acoplados a los mismos que aprietan y empujan el cable hacia adentro o hacia afuera de la abertura para la mano.

- 5 El sistema de gestión de cables 700 también comprende un regulador de tensión 703 que comprende un eje del cual puede tirarse para facilitar la instalación del cable. El regulador de tensión 703 también comprende un muelle para mantener la tensión sobre el(los) cable(s). Una caja de interfaz eléctrica 704 comprende el punto de conexión eléctrica o interfaz entre los servomotores eléctricos internos de corriente continua del vehículo de inspección 100 y el módulo de control, el sistema de control de circuito abierto (OLCS). Con referencia a la figura 8, también se
- 10 muestra la brida de la abertura para la mano del generador de vapor 705 y la brida de la abertura para la mano del generador de vapor 706 respecto al sistema de gestión de cables 700 instalado. Una vez que el sistema de administración de cables 700 se ha instalado en la brida 705 de la abertura para la mano del generador de vapor, el cierre del cable mantiene el cable (por ejemplo, 200) dentro del alojamiento del rodillo.
- 15 Antes de la operación, se lleva a cabo deseablemente una verificación del sistema para verificar que el vehículo de inspección 100 y las cámaras están funcionando, por ejemplo, verificando los controles del motor con ajustes de velocidad que se espera utilizar (por ejemplo, alta, baja) para probar direcciones de conducción hacia adelante, hacia atrás, izquierda y, derecha y verificar una respuesta correcta del motor. También es ventajoso probar las
- 20 cámaras del vehículo de inspección 100, por ejemplo, verificando que el motor de extensión del brazo se extiende en ambas direcciones, verificando que la cámara de inspección 140 se inclina en ambas direcciones, y verificando que la cámara de inspección 140 se mueve en ambas direcciones. El sensor de inclinación 250 también puede verificarse antes de la operación sujetando el vehículo en el aire horizontalmente y, con el sensor de inclinación 250 activado, moviendo la parte delantera del vehículo hacia abajo y la parte trasera del vehículo hacia arriba. El vehículo se corregirá por sí mismo si el vehículo no está horizontal.
- 25 Para configurar el sistema de inspección, la placa de montaje de gestión de cables se instala en la abertura para la mano. Después, el vehículo de inspección 100 se inserta en el generador de vapor y el cable (por ejemplo, 200 en la figura 5) se rosca a través de la entrada del cable del elemento umbilical/guía de cable, que después se instala en la
- 30 abertura para la mano. Después, en la abertura para la mano se monta un alimentador de cable motorizado y el cable se inserta a través de una ranura de cable tirando de la placa accionada por muelle. Cuando el cable está colocado correctamente entre las ruedas de alimentación, la placa de muelle se libera y tanto el cierre umbilical delantero como trasero quedan colocados y bloqueados en posición. El contenedor de cables queda posicionado directamente detrás del sistema de gestión de cables y el cable ("elemento umbilical") enrollado en el interior para minimizar así cualquier enredo.
- 35 Una vez que comienza la inspección, el vehículo de inspección 100 se desplaza en la dirección deseada (por ejemplo, hacia la derecha) con la cámara de inspección 140 orientada hacia abajo de la primera fila de tubos en U 520 hacia la placa tubular 600 y el sensor de inclinación 250 activado para nivelar el vehículo de inspección 100. La cámara de inspección 140 puede desplazarse entonces lentamente mirando hacia el interior del haz de tubos hasta
- 40 el deflector de distribución de flujo, tal como se muestra en la figura 2b. El vehículo de inspección 100 avanza una fila y después la cámara se desplaza hacia abajo hasta la placa tubular 600 mirando hacia el haz de tubos. Este proceso se repite aproximadamente la mitad del generador de vapor. Cuando el operario ha completado la inspección de la mitad del haz de tubos, el vehículo de inspección 100 invierte la marcha y es accionado de vuelta a la
- 45 abertura para la mano, preferiblemente mientras ve la región del anillo con la cámara de inspección 140. Una vez que ha regresado a la abertura para la mano original, el vehículo de inspección 100 puede volverse a posicionar para inspeccionar la otra mitad del generador de vapor a través de la misma abertura para la mano, o el vehículo de inspección 100 puede retirarse e instalarse en la abertura para la mano opuesta, según se desee, y se repiten las etapas anteriores.
- 50 En funcionamiento, el sistema de inspección puede proporcionar una transmisión de vídeo en vivo a una posición que se opera de manera remota. El sistema de inspección, mientras se está maniobrando dentro del generador de vapor, puede proporcionar, por ejemplo, una transmisión de vídeo de la vista de la dirección de conducción (a través de la cámara de navegación 150) a la estación operativa y, tal como se ha indicado anteriormente, es capaz de proporcionar a dicho operario una transmisión de vídeo (a través de la cámara de inspección 140) de los tubos en U
- 55 en el haz de tubos desde la placa tubular, a través de las columnas de tubos del haz, y hasta la parte inferior de la interfaz deflector de distribución de flujo (FDB)/revestimiento, a medida que la cámara de inspección 140 se desplaza desde la placa tubular hasta la parte inferior de la interfaz FDB/ revestimiento.
- 60 Cada una de estas realizaciones y variaciones obvias de las mismas se contempla como dentro del espíritu y el alcance de la invención reivindicada, lo cual se indica en las siguientes reivindicaciones. Por ejemplo, en por lo menos un aspecto de los presentes conceptos, el segundo brazo 120 puede fijarse al primer brazo 110, u omitirse por completo, con la cámara de inspección 140 acoplada respectivamente al primer brazo o al segundo brazo y configurarse en consecuencia sólo para desplazarse, en lugar de desplazarse e inclinarse.

REIVINDICACIONES

1. Vehículo de inspección configurado para inspeccionar generadores de vapor, comprendiendo el vehículo de inspección:
5 un bastidor delantero que comprende dos ruedas magnéticas accionadas independientemente (105);
un bastidor trasero que comprende dos ruedas magnéticas accionadas independientemente (105);
un elemento de conexión (170) que conecta de manera flexible el bastidor delantero al bastidor trasero para permitir un movimiento relativo entre el bastidor delantero y el bastidor trasero a lo largo de por lo menos un eje, definiendo
10 colectivamente el elemento de conexión (170), el bastidor delantero, y el bastidor trasero una zona de recepción;
una cámara de navegación (150) dispuesta en el bastidor delantero; y
un conjunto de cámara de inspección de desplazamiento e inclinación (140) que comprende un primer brazo giratorio (110) accionado por un primer motor, un segundo brazo giratorio (120) dispuesto en una parte distal del primer brazo giratorio (110), siendo accionado el segundo brazo giratorio (120) por un segundo motor, y una cámara
15 de inspección (140) dispuesta giratoria en una parte distal del segundo brazo (120), siendo accionada la cámara de inspección por un tercer motor, estando dimensionado el conjunto de cámara para alojarse dentro de la zona de recepción en una posición recogida.
2. Vehículo de inspección de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las ruedas magnéticas accionadas
20 independientemente (105) del bastidor delantero están desplazadas entre sí, y en el que las ruedas magnéticas accionadas independientemente (105) del bastidor trasero están desplazadas entre sí.
3. Vehículo de inspección de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende, además, un circuito de auto-orientación configurado para orientar automáticamente el vehículo de inspección a una orientación establecida.
25
4. Vehículo de inspección de acuerdo con la reivindicación 3, que comprende, además, un sistema de suministro neumático configurado para emitir aire comprimido adyacente a una superficie de cada rueda (105).
5. Vehículo de inspección de acuerdo con la reivindicación 3, que comprende, además, un sistema de suministro
30 neumático configurado para emitir continuamente aire comprimido adyacente a una superficie de cada rueda (105) durante el movimiento del vehículo de inspección dentro del generador de vapor.
6. Vehículo de inspección de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el sistema de suministro neumático comprende un conector neumático (300), un colector neumático para distribuir el gas neumático, y una trayectoria
35 neumática hacia cada una de la una o más aberturas dispuestas adyacentes a cada rueda (105).
7. Vehículo de inspección de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el revestimiento dimensional del bastidor delantero, el bastidor trasero, el elemento de conexión (170), y el conjunto de cámara de inspección de desplazamiento e inclinación (140) no es mayor de 203 mm x 124 mm x 51 mm cuando el conjunto de cámara está
40 dispuesto dentro del área de recepción en posición recogida.
8. Vehículo de inspección de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el revestimiento dimensional del conjunto de cámara de inspección de desplazamiento e inclinación (140) no es mayor de 124 mm x 85 mm x 34 mm cuando el
45 conjunto de cámara está dispuesto dentro del área de recepción en una posición recogida.
9. Vehículo de inspección de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el elemento de conexión (170) es una articulación.
10. Vehículo de inspección configurado para inspeccionar generadores de vapor, comprendiendo el vehículo de inspección:
50 un bastidor delantero que comprende dos ruedas magnéticas accionadas independientemente (105), en el que las ruedas magnéticas (105) están desplazadas entre sí;
un bastidor trasero que comprende dos ruedas magnéticas accionadas independientemente (105), en el que las
55 ruedas magnéticas (105) están desplazadas entre sí;
una articulación que conecta de manera flexible el bastidor delantero al bastidor trasero para permitir un movimiento angular relativo entre el bastidor delantero y el bastidor trasero, definiendo colectivamente el elemento de conexión (170), el bastidor delantero, y el bastidor trasero un área de recepción;
un conjunto de cámara de inspección de desplazamiento e inclinación (140) que comprende un primer brazo giratorio (110) accionado por un primer motor, un segundo brazo giratorio (120) dispuesto en una parte distal del primer brazo giratorio (110), siendo accionado el segundo brazo giratorio (120) por un segundo motor, y una cámara
60 de inspección (140) dispuesta de manera giratoria en una parte distal del segundo brazo, siendo accionada la

cámara de inspección (140) por un tercer motor, estando dimensionado el conjunto de cámara para quedar alojado dentro del área de recepción en una posición recogida; y
un circuito de auto-orientación configurado para orientar automáticamente el vehículo de inspección a una orientación establecida.

5

11. Vehículo de inspección de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende, además, un sistema de suministro neumático configurado para emitir aire comprimido adyacente a una superficie de cada rueda (105).

10

12. Vehículo de inspección de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende, además, un sistema de suministro neumático configurado para emitir continuamente aire comprimido adyacente a una superficie de cada rueda (105) durante el movimiento del vehículo de inspección dentro del generador de vapor.

15

13. Vehículo de inspección de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el sistema de suministro neumático comprende un conector neumático (300), un colector neumático para distribuir el gas neumático, y una trayectoria neumática a cada una de la una o más aberturas dispuestas adyacentes a cada rueda (105).

20

14. Vehículo de inspección de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el revestimiento dimensional del bastidor delantero, el bastidor trasero, el elemento de conexión (170), y el conjunto de cámara de inspección de desplazamiento e inclinación (140) no es mayor de 203 mm x 124 mm x 51 mm cuando el conjunto de cámara está dispuesto dentro del área de recepción en posición recogida.

25

15. Vehículo de inspección de acuerdo con la reivindicación 14, en el que el revestimiento dimensional del conjunto de cámara de inspección de desplazamiento e inclinación (140) no es mayor de 124 mm x 85 mm x 34 mm cuando el conjunto de cámara está dispuesto dentro del área de recepción en una posición recogida.

30

16. Procedimiento para inspeccionar un lado secundario de un generador de vapor, que comprende los actos de: insertar, a través de una abertura para la mano en el lado secundario del generador de vapor, un vehículo de inspección, comprendiendo el vehículo de inspección un bastidor delantero que comprende dos ruedas magnéticas accionadas independientemente (105), un bastidor trasero que comprende dos ruedas magnéticas accionadas independientemente (105), una articulación que conecta de manera flexible el bastidor delantero al bastidor trasero para permitir un movimiento angular relativo entre el bastidor delantero y el bastidor trasero, un área de recepción definida por el elemento de conexión (170), el bastidor delantero, y el bastidor trasero, un conjunto de cámara de inspección de desplazamiento e inclinación (140) que comprende un primer brazo giratorio (110) accionado por un primer motor, un segundo brazo giratorio (120) dispuesto en una parte distal del primer brazo giratorio (110), siendo accionado el segundo brazo giratorio por un segundo motor, y una cámara de inspección (140) dispuesta de manera giratoria en una parte distal del segundo brazo, siendo accionada la cámara de inspección (140) por un tercer motor, estando dimensionado el conjunto de cámara para alojarse dentro del área de recepción en una posición recogida, y un circuito de auto-orientación configurado para orientar automáticamente el vehículo de inspección hacia una orientación establecida;

40

mover el vehículo de inspección a una fila inicial de tubos en U;
desplazar la cámara de inspección (140) entre la placa tubular y el deflector de distribución de flujo para inspeccionar la placa tubular, los tubos en U, y el deflector de distribución de flujo;

45

avanzar el vehículo de inspección una fila hacia la siguiente fila de tubos en U;
desplazar la cámara de inspección (140) entre el deflector de distribución de flujo y la placa tubular para inspeccionar la placa tubular, los tubos en U, y el deflector de distribución de flujo; y
repetir secuencialmente los actos de movimiento y desplazamiento.

50

17. Procedimiento para inspeccionar un lado secundario de un generador de vapor de acuerdo con la reivindicación 16, en el que los actos de desplazamiento comprenden el acto de ver tubos en U periféricos de un haz de tubos y el acto de ver tubos en U interiores del haz de tubos a una profundidad de por lo menos tres columnas de tubos en paquete.

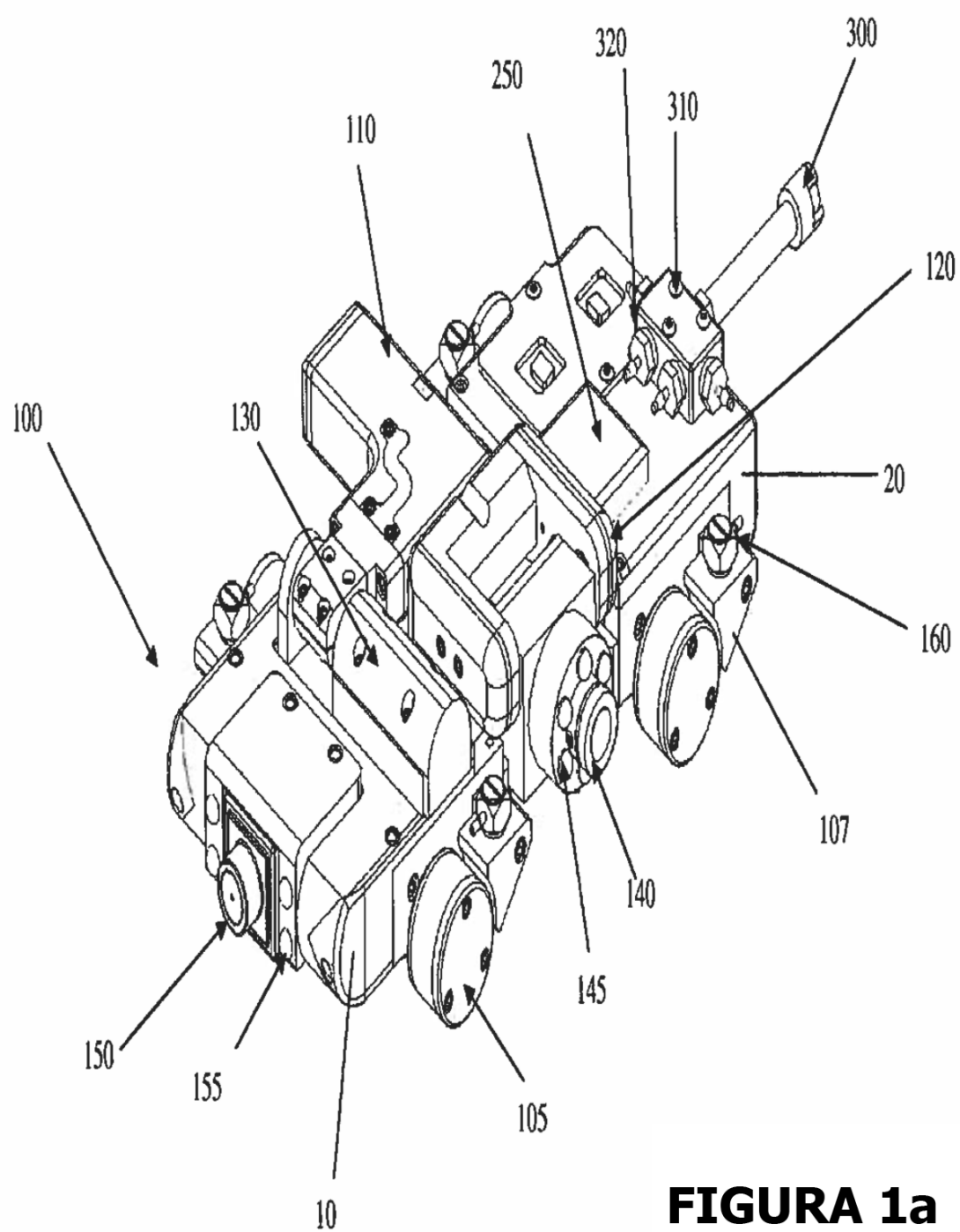
55

18. Procedimiento para inspeccionar un lado secundario de un generador de vapor de acuerdo con la reivindicación 16, que comprende, además:
detectar una desviación desde una orientación predeterminada del vehículo de inspección; y
corregir automáticamente una orientación del vehículo de inspección para adaptarse a la orientación predeterminada.

60

19. Procedimiento para inspeccionar un lado secundario de un generador de vapor de acuerdo con la reivindicación 16, que comprende, además:
detectar una desviación respecto a una orientación predeterminada del vehículo de inspección; y
corregir automáticamente una orientación del vehículo de inspección para que se corresponda con la orientación predeterminada, en ausencia de un movimiento hacia delante del vehículo de inspección, accionando

selectivamente una o más ruedas (105) del bastidor delantero, una o más ruedas (105) del bastidor trasero, o una combinación de una o más ruedas (105) del bastidor delantero y el bastidor trasero.



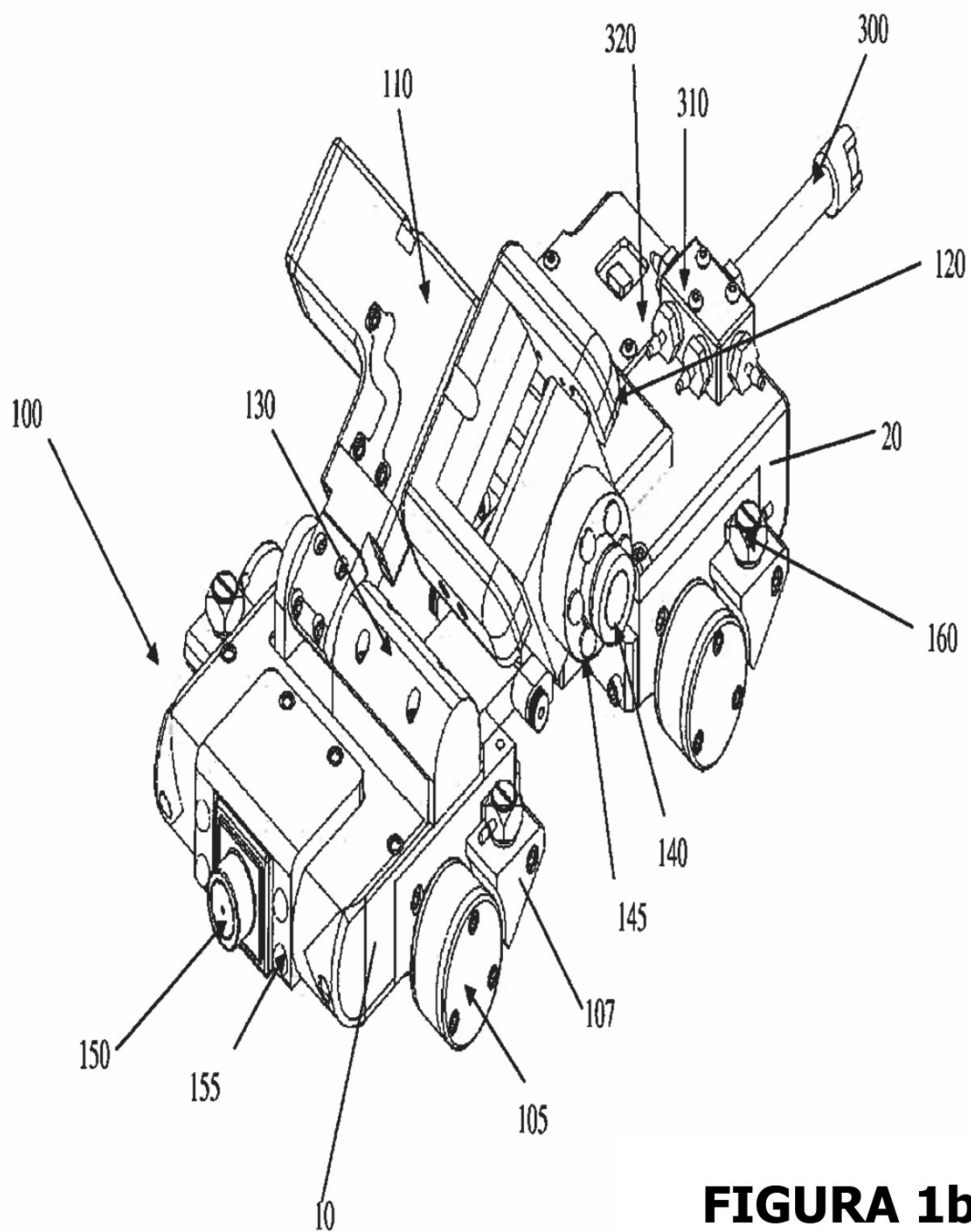


FIGURA 1b

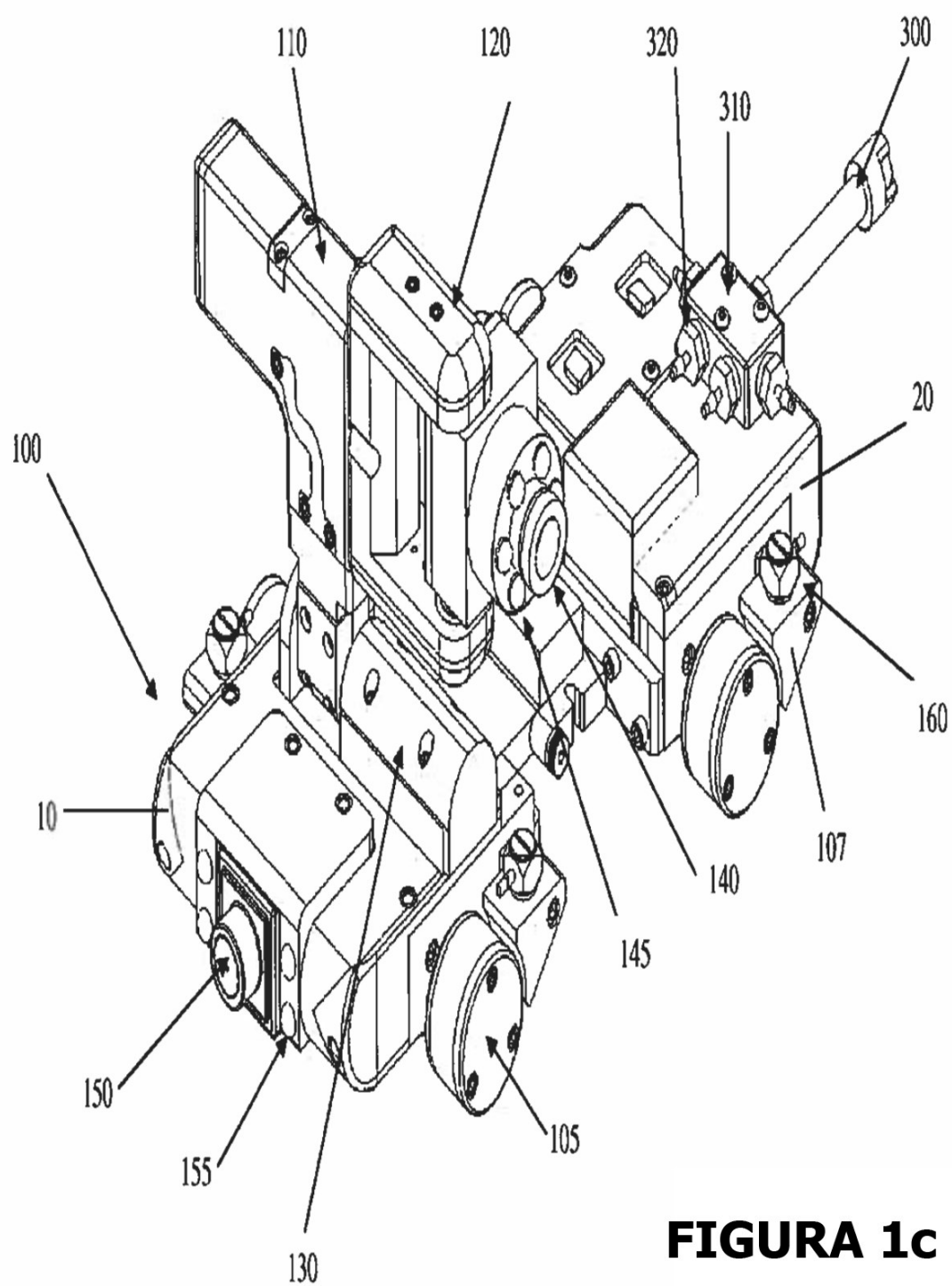


FIGURA 1c

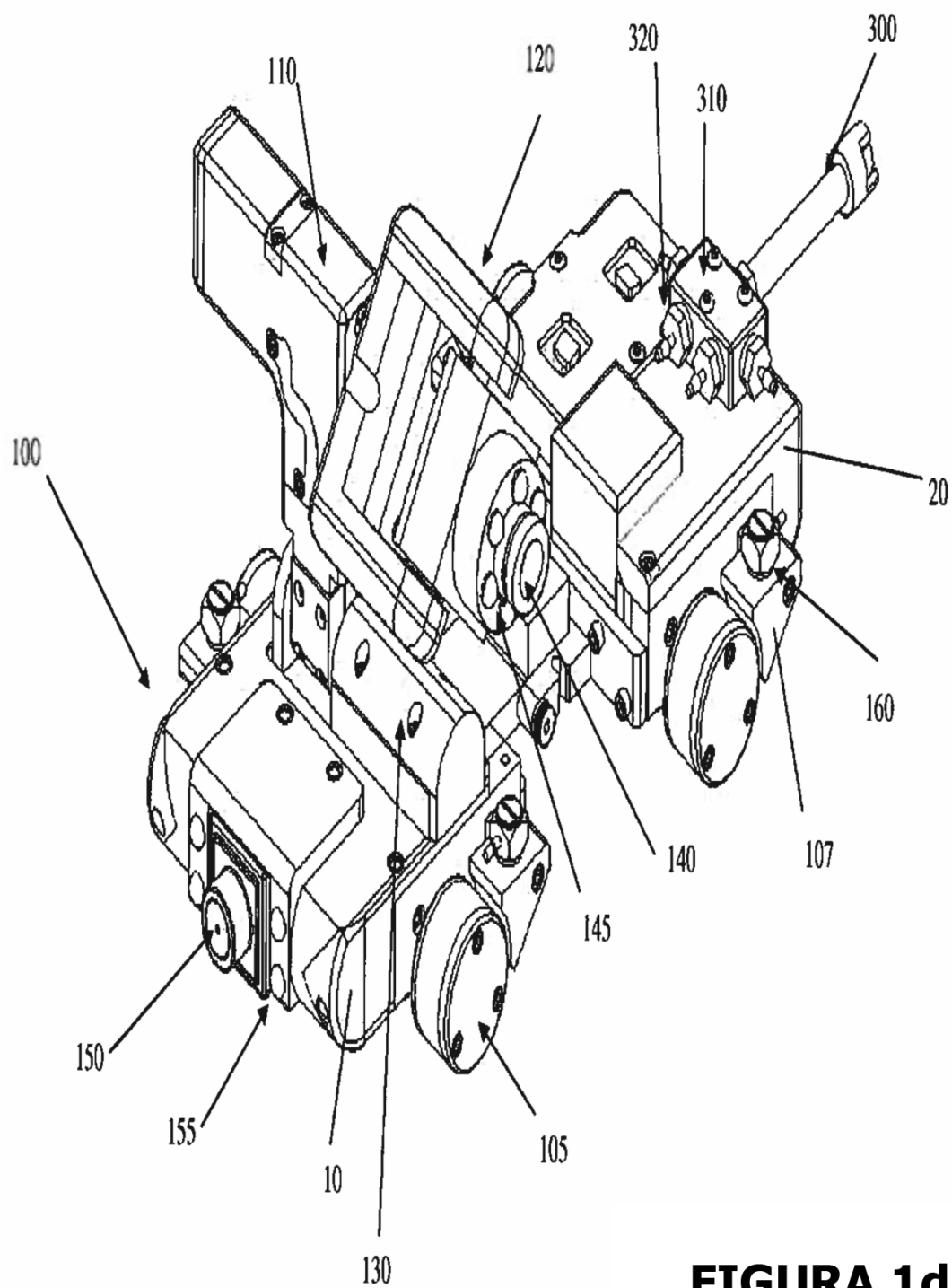


FIGURA 1d

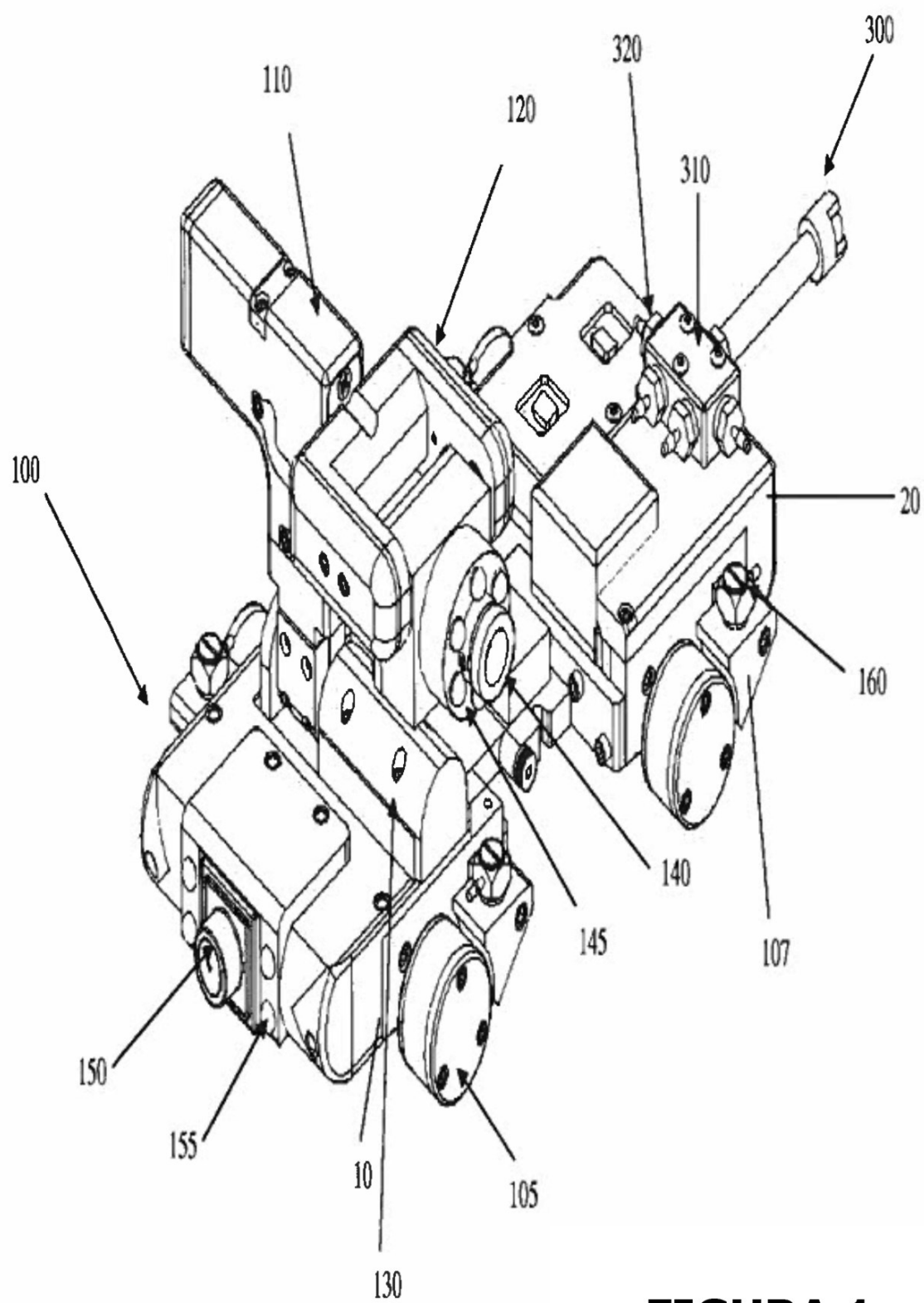


FIGURA 1e

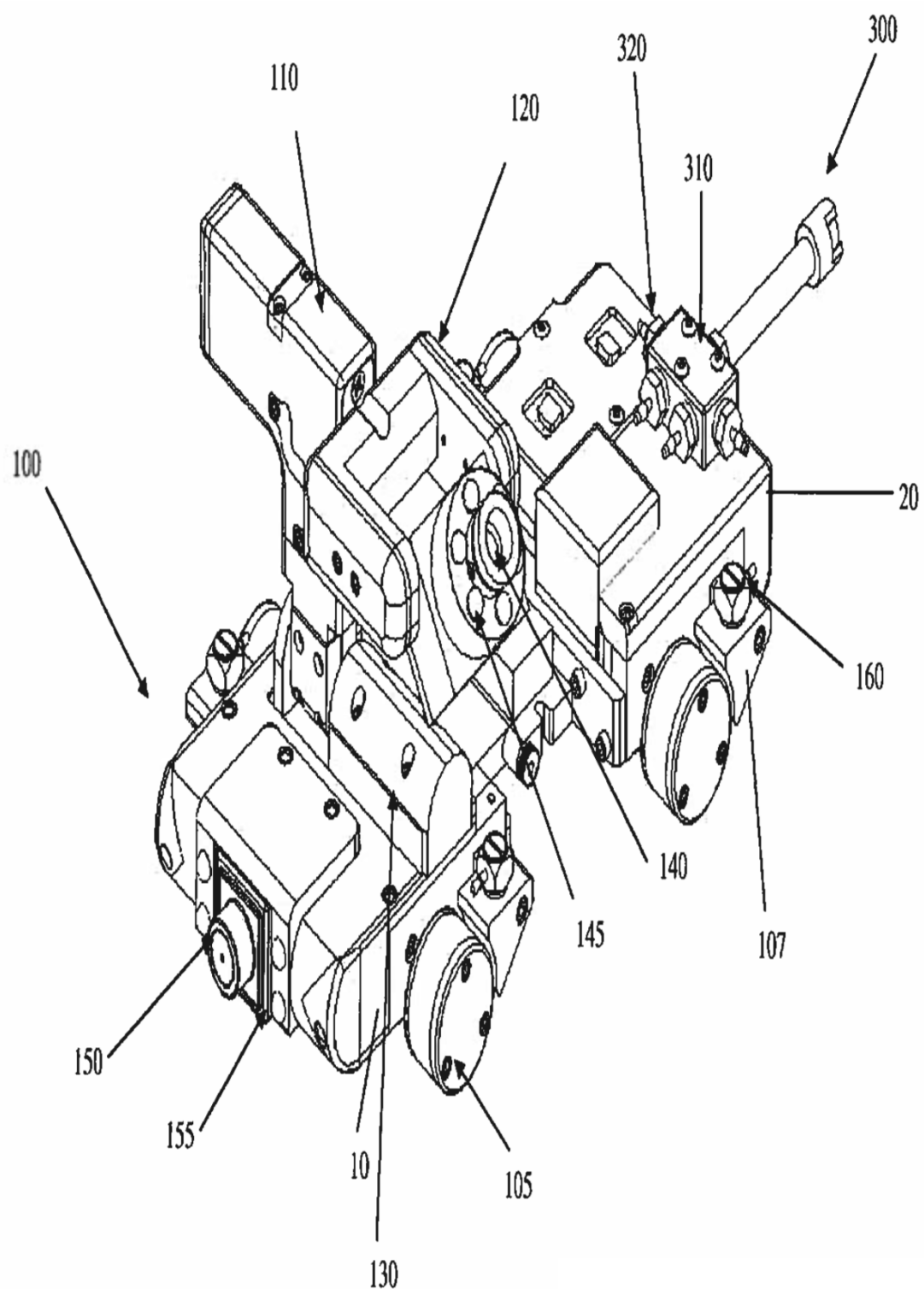


FIGURA 1f

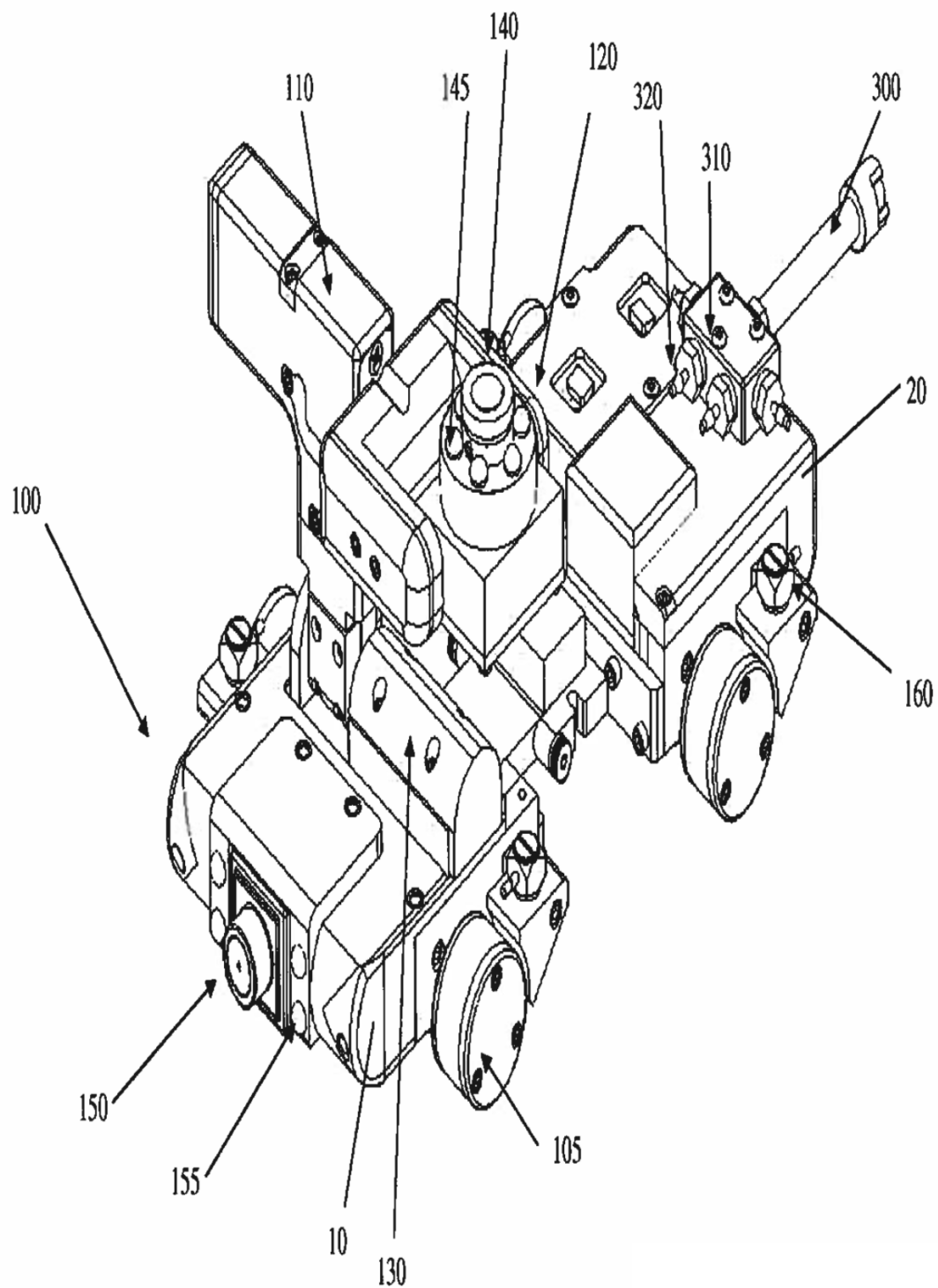


FIGURA 1g

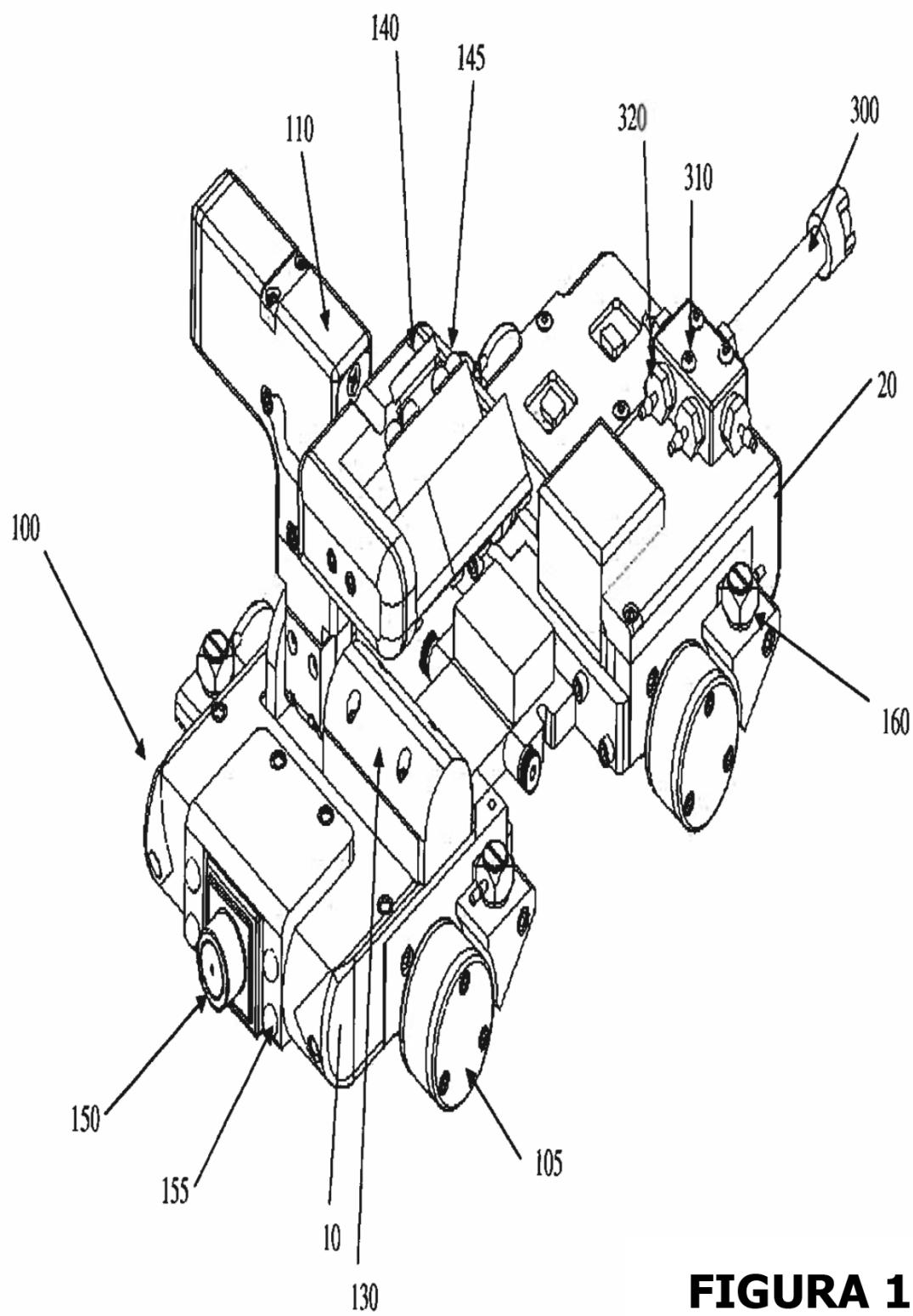


FIGURA 1h

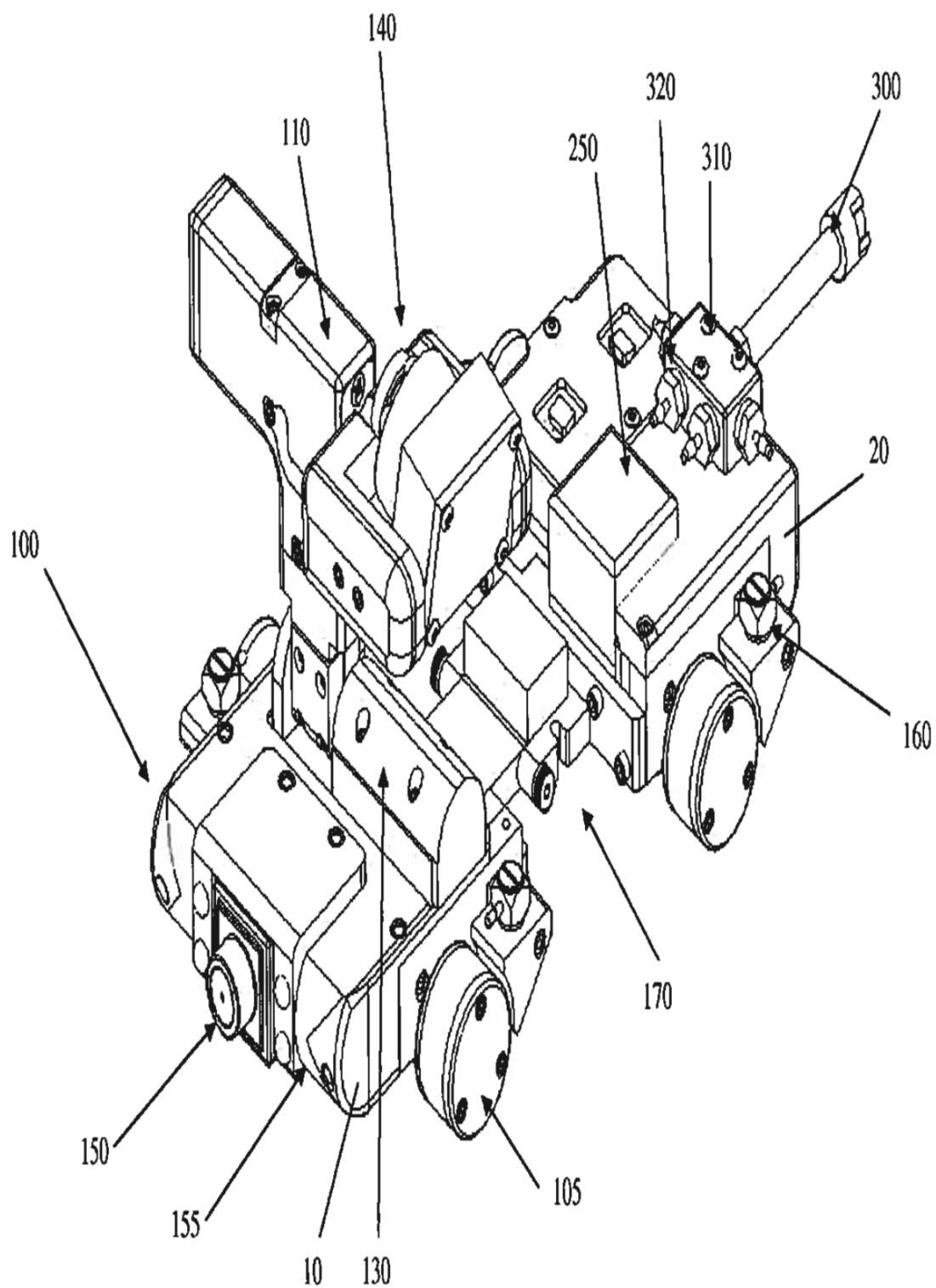


FIGURA 1i

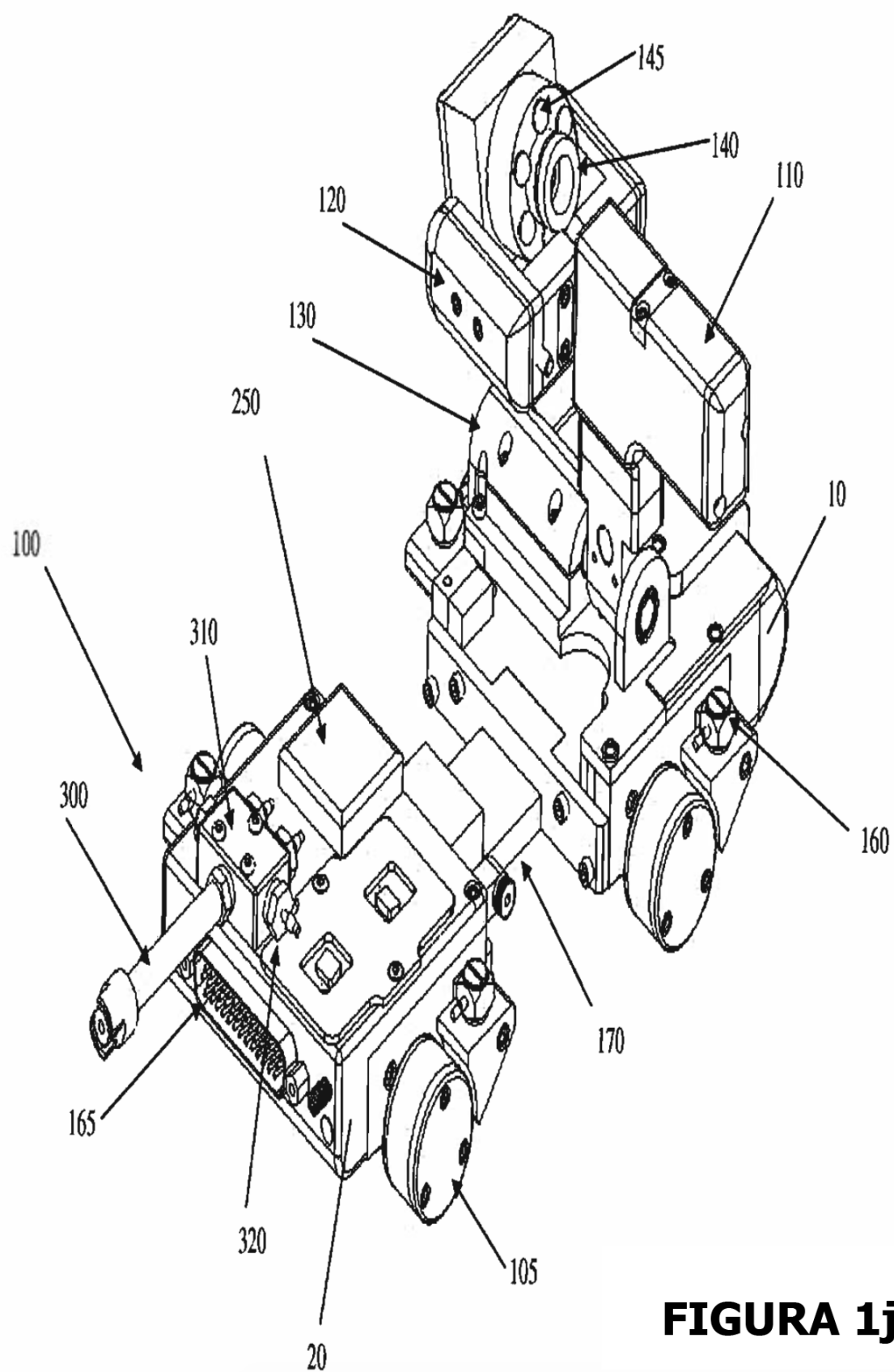


FIGURA 1j

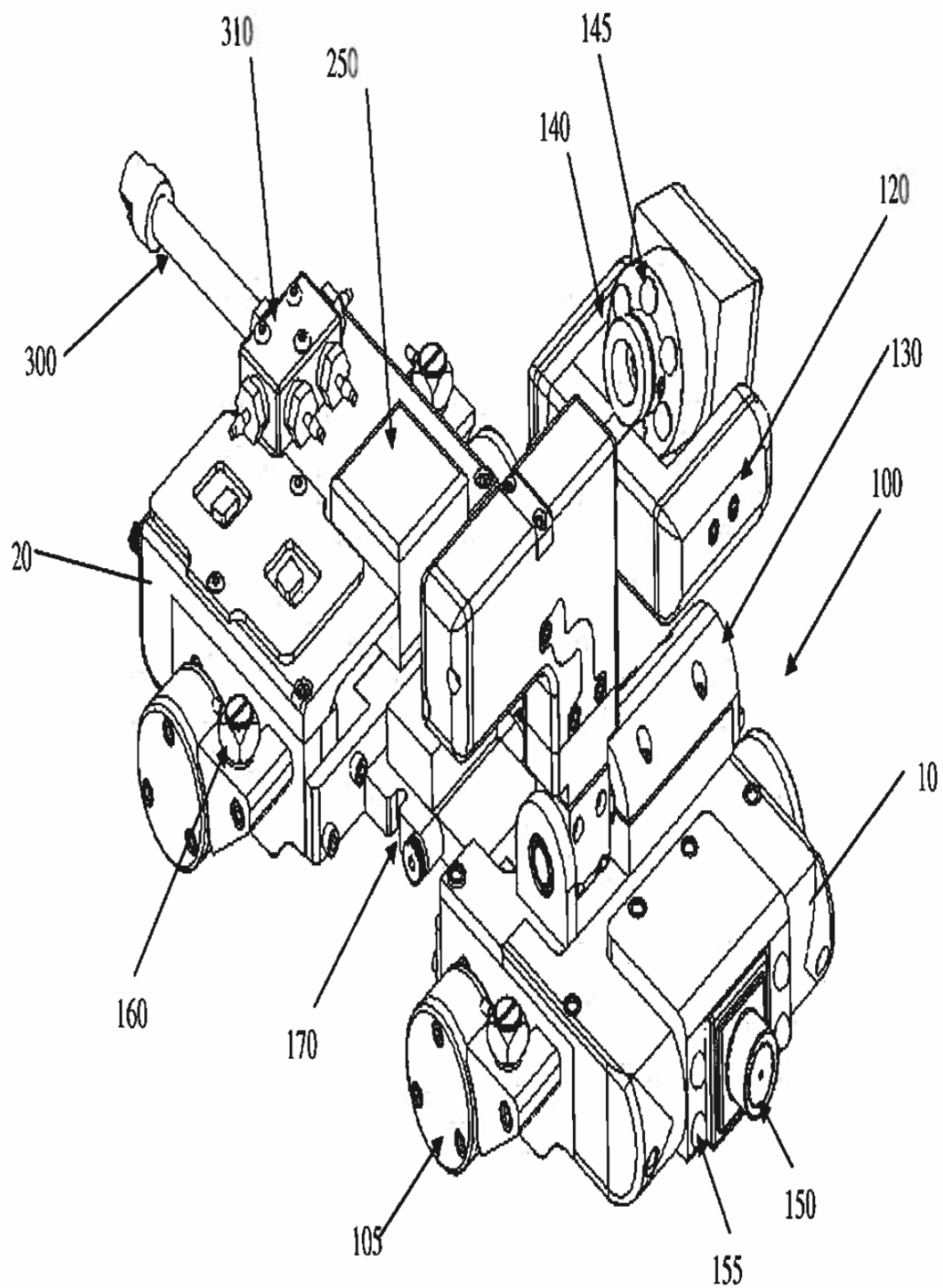


FIGURA 1k

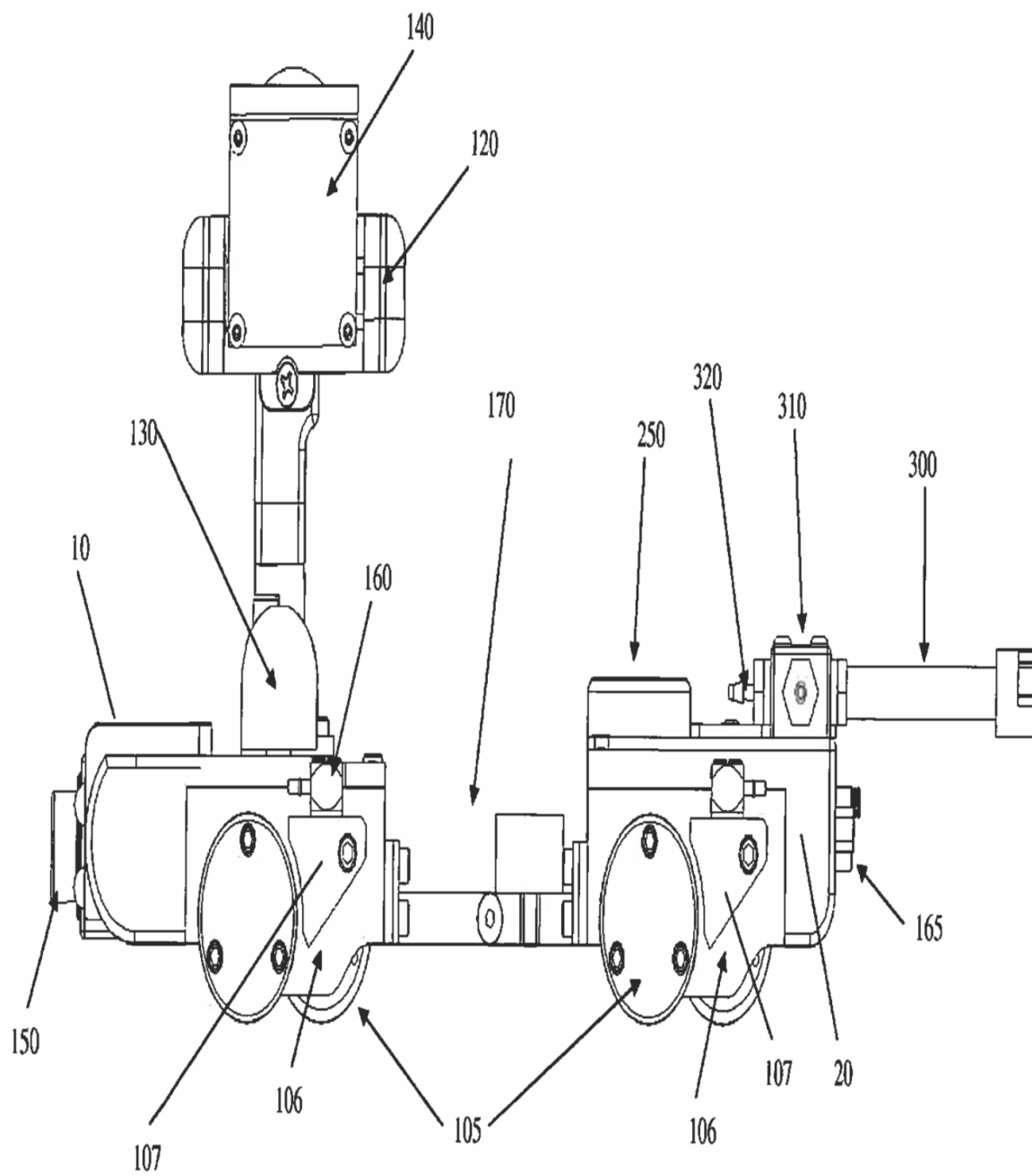
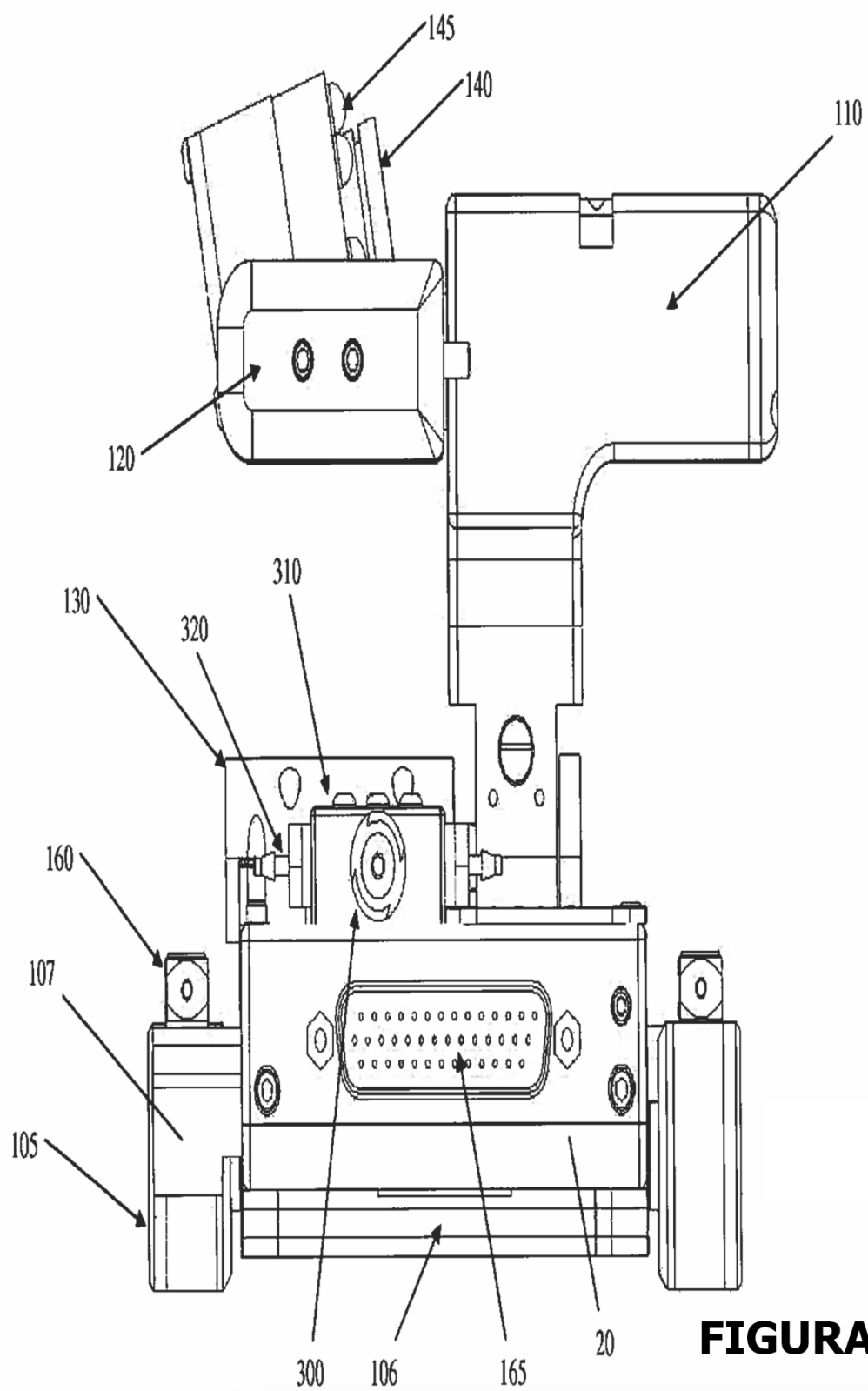


FIGURA 1I



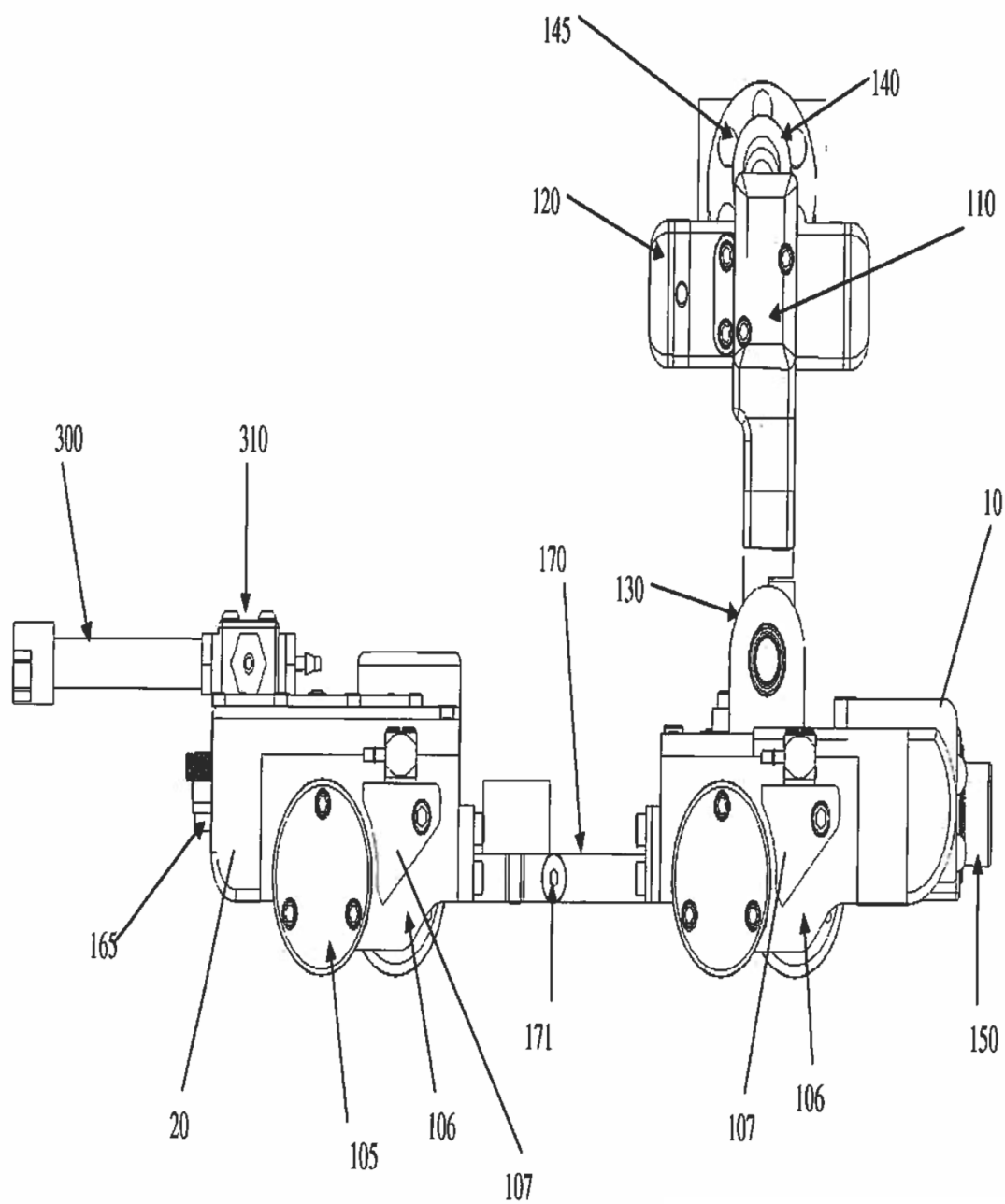
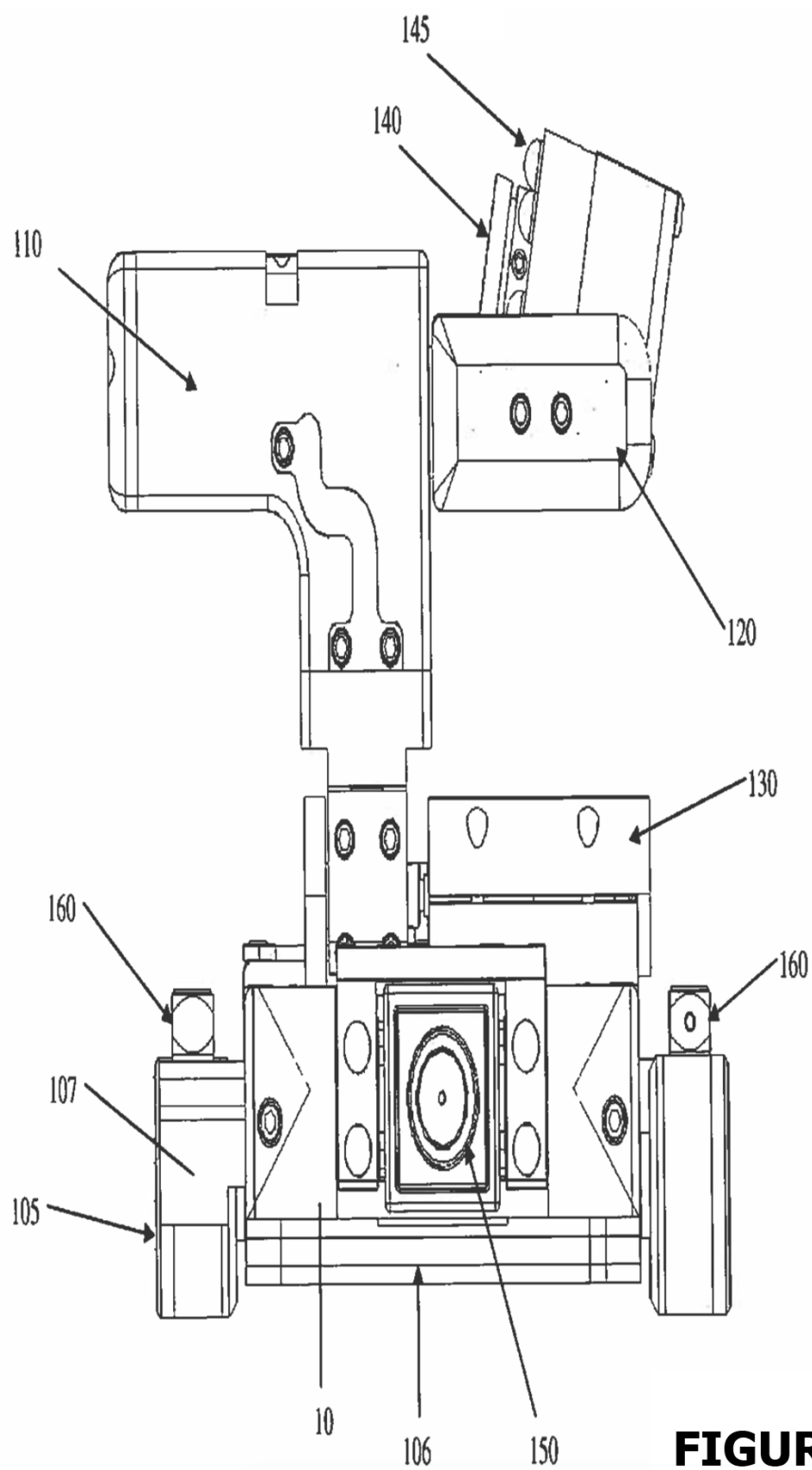


FIGURA 1n



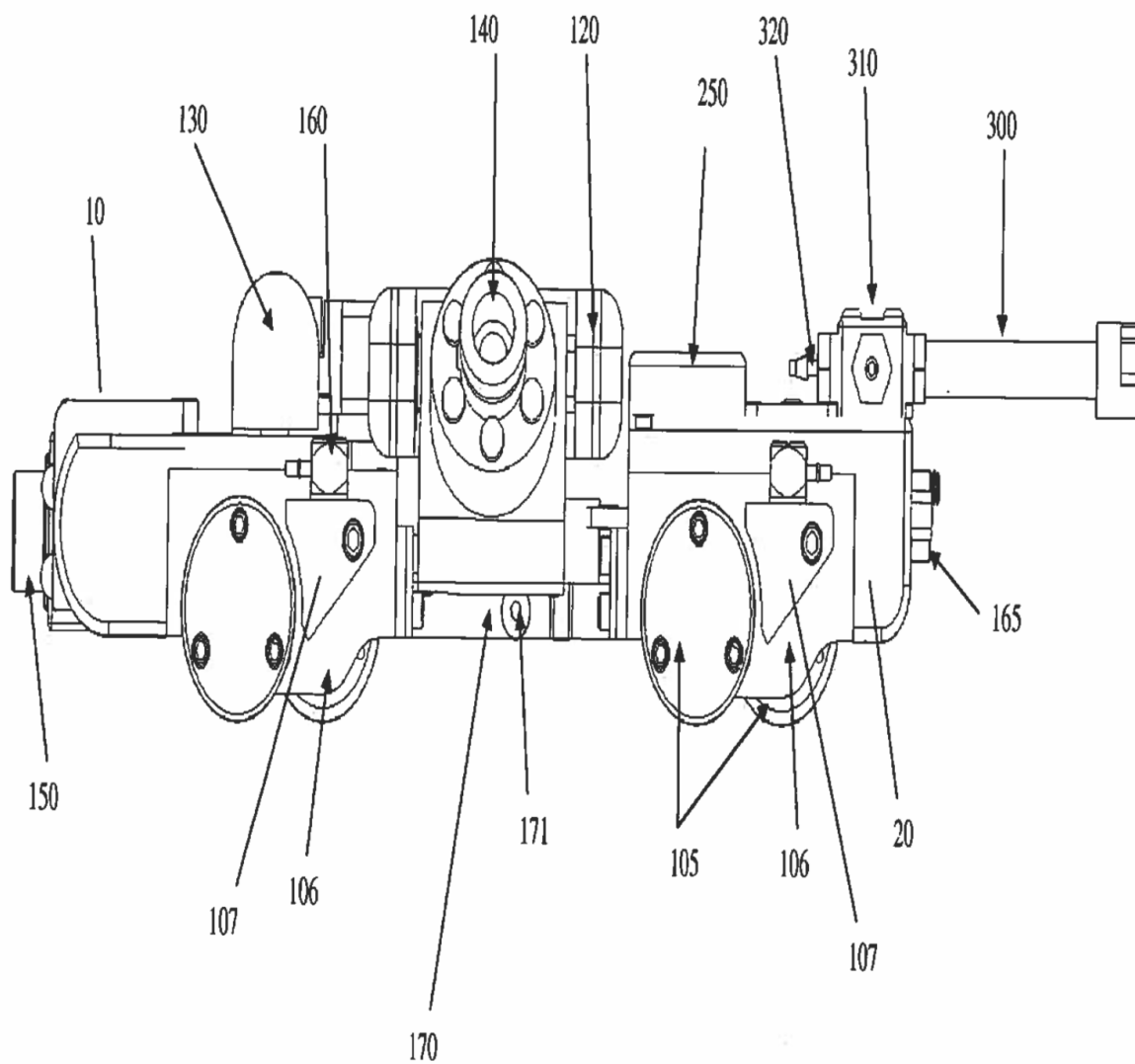


FIGURA 1p

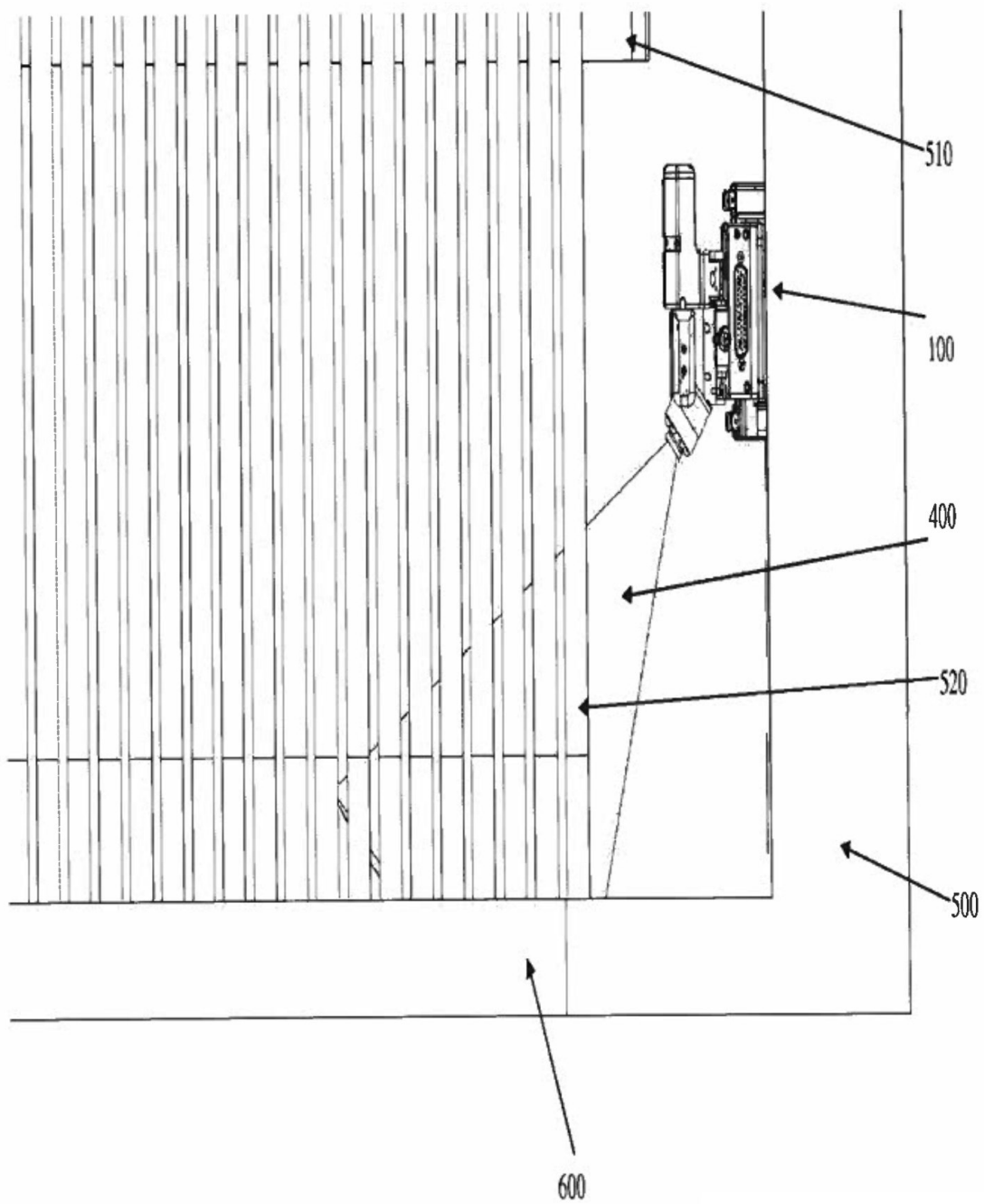


FIGURA 2a

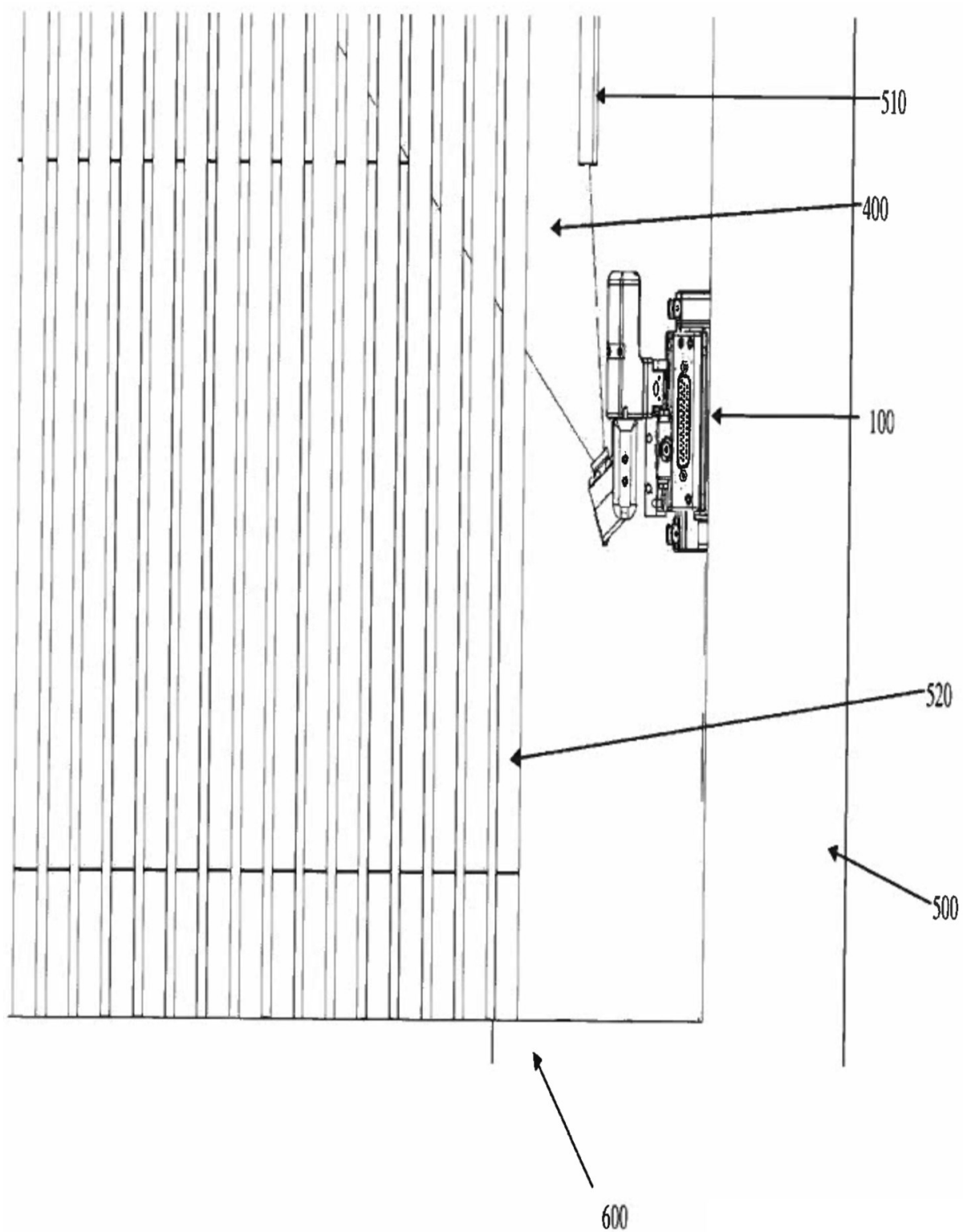


FIGURA 2b

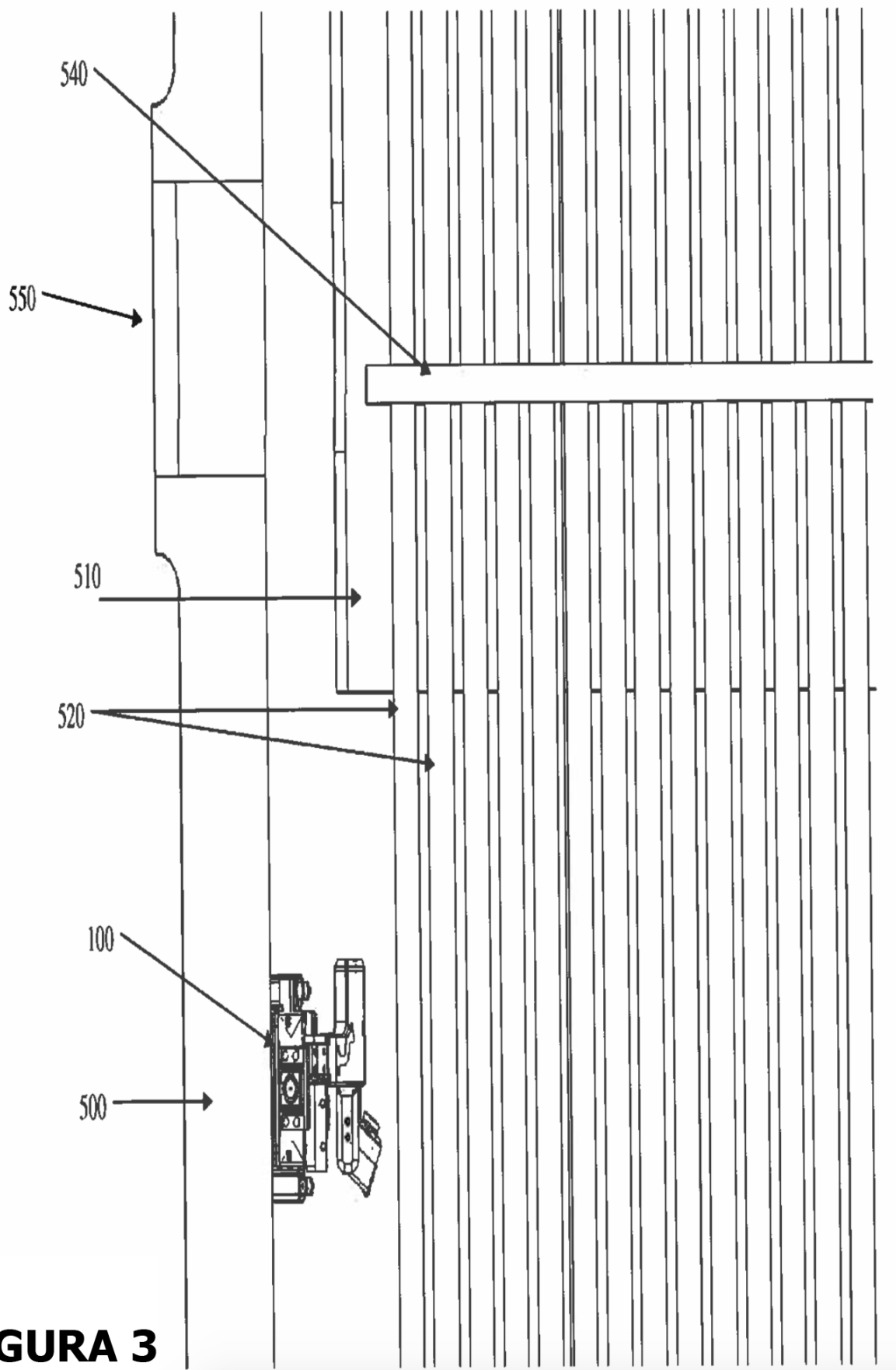


FIGURA 3

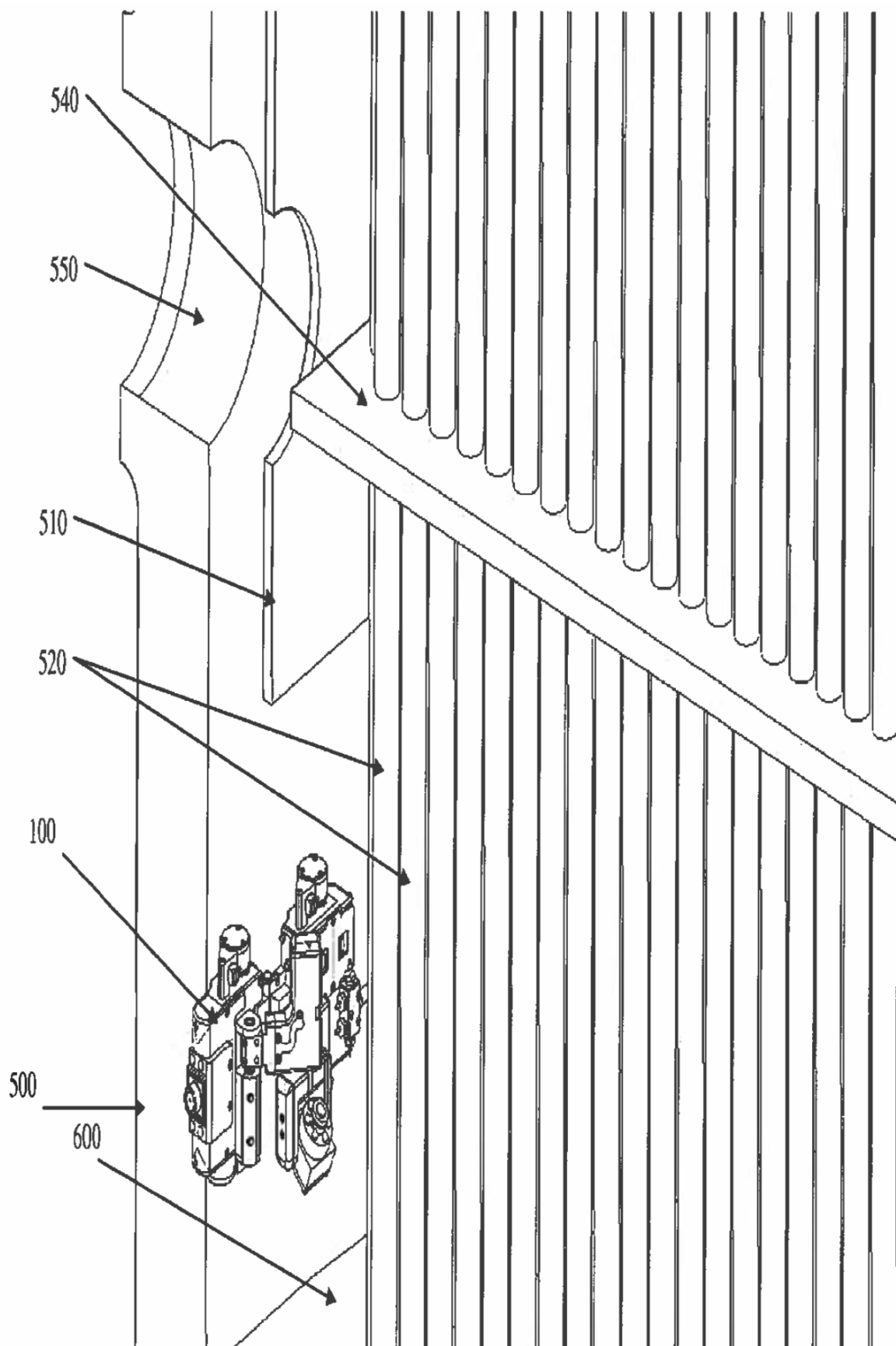


FIGURA 4

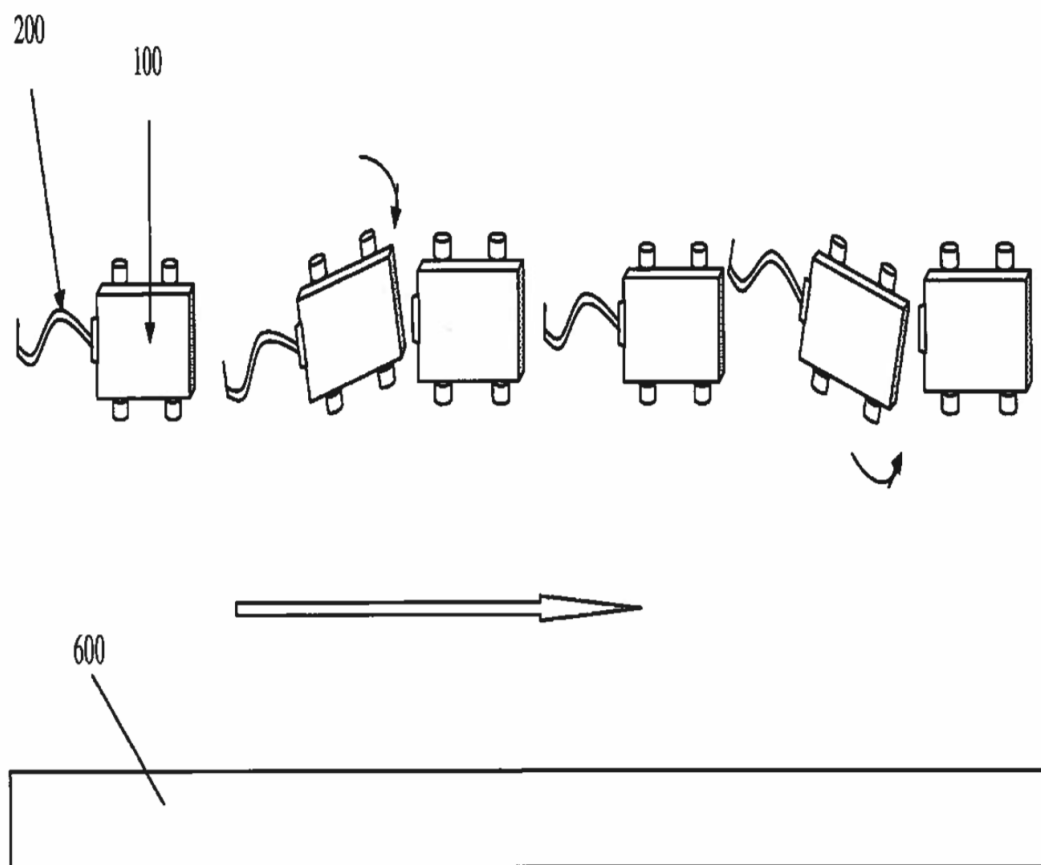


FIGURA 5

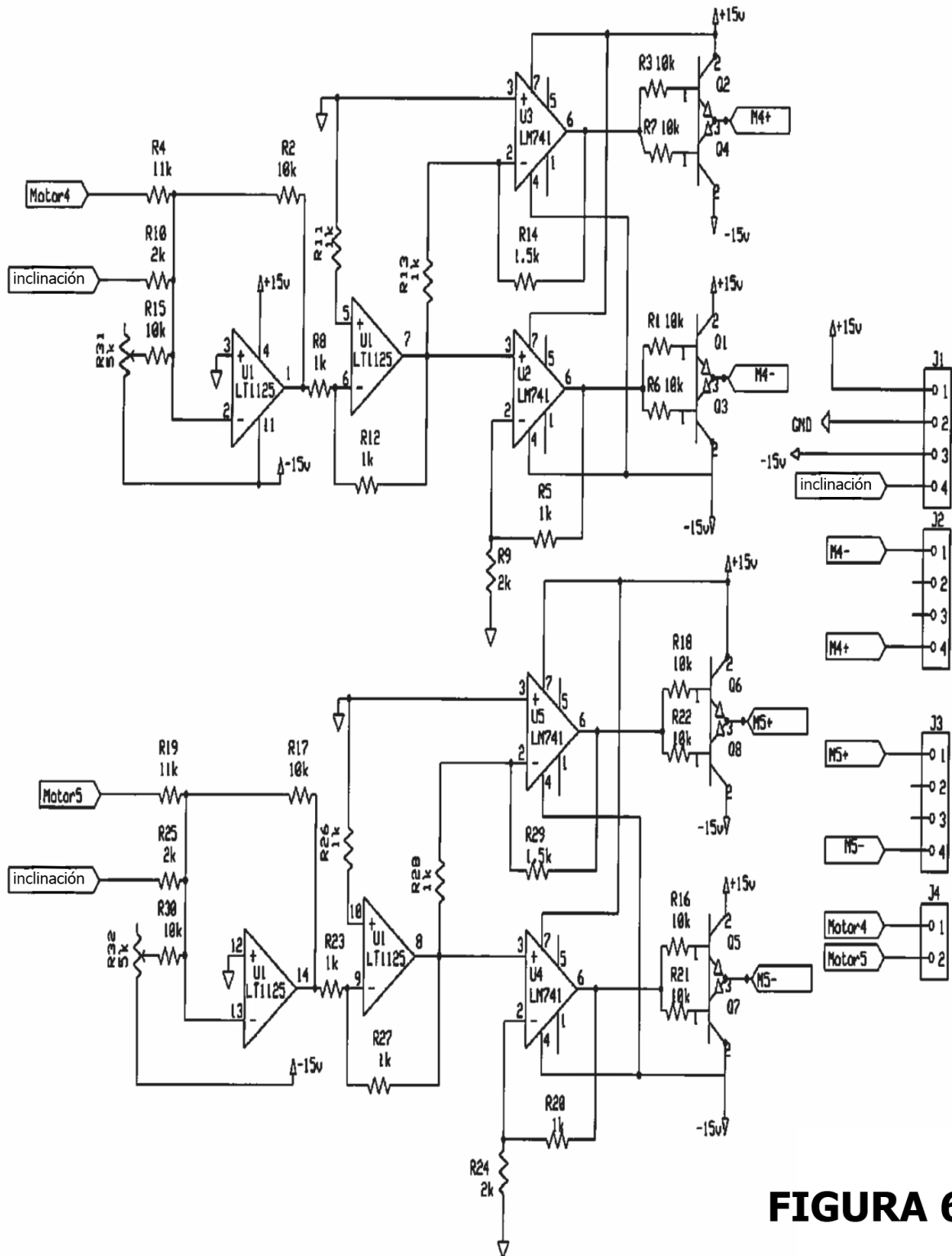


FIGURA 6

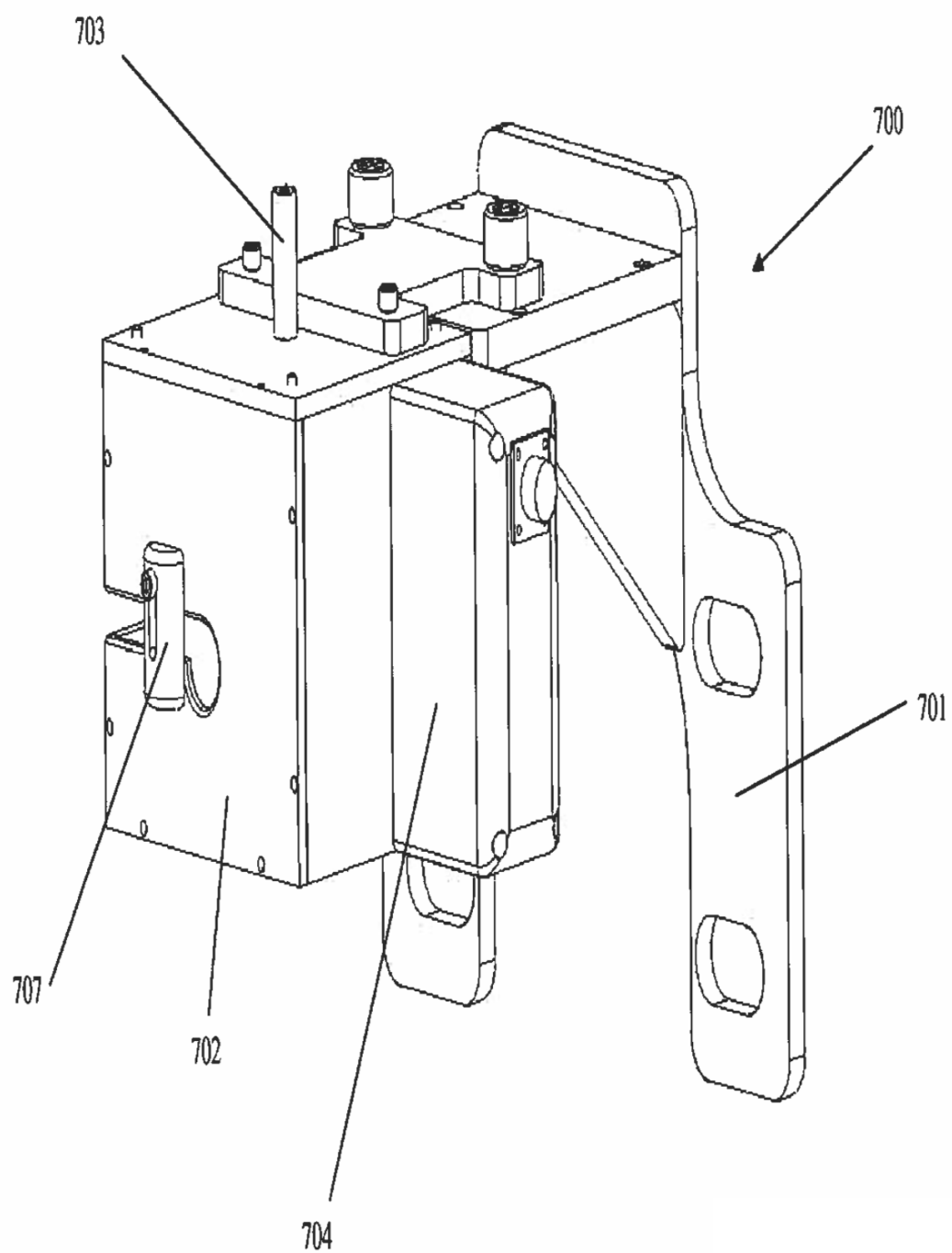


FIGURE 7

