

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 976 777**

51 Int. Cl.:

**F16L 55/28** (2006.01)  
**G01B 7/00** (2006.01)  
**G01R 33/07** (2006.01)  
**G01B 7/24** (2006.01)  
**G01R 33/00** (2006.01)  
**F16L 101/30** (2006.01)  
**G01D 5/14** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.04.2021** **E 21169549 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.01.2024** **EP 3901510**

54 Título: **Un raspador de calibración para detectar la deformación geométrica de una tubería**

30 Prioridad:

**22.04.2020 IN 202021017335**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la  
traducción de la patente:  
**08.08.2024**

73 Titular/es:

**INDIAN OIL CORPORATION LIMITED (100.0%)**  
**Indian Oil Bhavan, G-9, Ali Yavar Jung Marg,**  
**Bandra (East)**  
**Mumbai 400 051, IN**

72 Inventor/es:

**TUMMAPALLI, SAI KIRAN;**  
**SHARMA, PRADEEP KUMAR;**  
**PRATAP, DHIRENDRA;**  
**NIMJE, PURUSHOTTAM KASHINATH;**  
**QASI, MOHAMMAD AMIR;**  
**CHANDRASEKARAN, KANNAN;**  
**MAZUMDAR, SANJIV KUMAR y**  
**RAMAKUMAR, SANKARA SRI VENKATA**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 976 777 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

Un raspador de calibración para detectar la deformación geométrica de una tubería

**Campo de la invención**

5 La presente divulgación se refiere a raspadores de calibración para la medición de tuberías y, más en particular, a un raspador de calibración con un conjunto de brazos sensores para detectar la deformación geométrica de una tubería.

**Antecedentes**

10 La inspección de tuberías soterradas campo a través se lleva a cabo pasando raspadores inteligentes (IPIG) a través de una tubería. Las tuberías están sujetas a daños estructurales con frecuencia durante el funcionamiento y mantenimiento y pueden desarrollar deformaciones físicas como ovalidades y abolladuras además de corrosión en las superficies externas e internas de la tubería. Las deformaciones geométricas también pueden ser una amenaza potencial para la integridad de la estructura de la tubería. Se pasan raspadores de calibración a través de la tubería para identificar estas deformaciones geométricas. Además, es una práctica habitual pasar el raspador de calibración antes de pasar el raspador inteligente de modo que se asegure un orificio de la tubería limpio para el paso seguro del IPIG. Pasar el raspador de calibración y el raspador inteligente son inspecciones obligatorias que deben realizarse con una periodicidad definida por las autoridades legales del estado. La información sobre la deformación geométrica ayuda al propietario de la tubería a tomar acciones correctivas para mantener la integridad de la tubería.

20 En la India, al ser un país muy extenso, la infraestructura de tuberías es una necesidad para el transporte de petróleo crudo y productos derivados del petróleo a largas distancias. Las tuberías son modos de transporte de combustibles fósiles eficientes energéticamente, seguros y respetuosos con el medio ambiente. El raspado ayuda a mantener la integridad de las tuberías al monitorizar su pérdida de metal, geometría y defectos estructurales. Una herramienta de raspador de calibración exacta y fiable será de gran ayuda para mantener la integridad de las tuberías de transmisión utilizadas para el transporte de petróleo y gas a grandes distancias.

25 El documento US7570047B2 divulga el sensor de posición giratorio magnético que emplea un único imán montado en una torreta giratoria que gira sobre una carcasa que está montada fijamente alrededor de sobre un perno esférico fijo. La torreta está dispuesta para girar alrededor del perno esférico en un primer plano. Un sensor de orientación de campo magnético está montado en la carcasa, de modo que el imán gira a lo largo de un arcotangente al sensor de efecto Hall. La esfera del perno esférico forma la mitad de una junta universal, estando la otra mitad formada por una terminación de eje que está montada para girar con la torreta, y también montada para girar en un segundo plano perpendicular al primer plano de la torreta.

30 El documento US6879240B2 se refiere a la junta esférica con un sensor de ángulo integrado: se dispone un imán permanente en la esfera como transductor de campo. En el estado de pivote esférico no expulsado, en la zona de la carcasa directamente opuesta al imán, está dispuesto un sensor magnetorresistivo de modo que este sensor interactúa con el campo magnético generado por el imán permanente. Mediante el sensor magnetorresistivo se puede detectar un giro del pivote esférico no expulsado alrededor de su eje longitudinal, en cuyo caso se puede utilizar el ángulo detectado.

40 El documento WO2009002368 divulga que el sensor magnético de posición giratorio emplea un único imán diametralmente magnetizado montado en una torreta giratoria que gira alrededor de un único eje en la carcasa. La carcasa está montada alrededor de un perno esférico fijo y la torreta está dispuesta para girar alrededor del perno esférico único en un plano. Se monta un sensor de efecto Hall del tipo de orientación de campo magnético en la carcasa, de modo que el imán gira aproximadamente 45 grados a cada lado del sensor a lo largo del arcotangente al sensor.

El documento US2011/167914A1 describe un aparato para adquirir y procesar datos de una pluralidad de sensores para pruebas no destructivas de estructuras metálicas.

45 El documento KR100655559B1 describe un calibrador rodante para medir el estado interno de una tubería mediante el rodamiento del calibrador rodante en el flujo de la tubería. Sin embargo, este documento no divulga detalles con respecto a su cojinete o detalles del miembro de montaje y su conexión al anillo de sensores de calibración principal.

El documento WO2009/001022A1 describe un equipo para enviar al interior de una tubería, con medios para percibir y registrar irregularidades provocadas por la corrosión en la pared interna de dicha tubería.

50 El documento KR20190081095A describe un raspador para inspeccionar una tubería, donde el raspador comprende una porción de cuerpo que impulsa en la dirección de flujo del gas dentro de la tubería y que tiene una unidad de detección para detectar la superficie periférica interna de la tubería.

El documento US2011/095752A1 describe un vehículo de inspección de tuberías que comprende un cuerpo principal impulsado a través de una tubería mediante un flujo de fluido contra copas elásticas.

El documento US2006/248966A1 describe una herramienta de inspección de tuberías en línea que tiene un soporte

de sensor que lleva una pluralidad de sensores para monitorizar la tubería.

El desarrollo del sistema de mordaza para un raspador de geometría basado en el análisis de campo magnético que abarca el sistema de mordaza desarrollado consiste en un brazo con dedos, un imán permanente anisotrópico, un yugo posterior, pasadores, orificios y un sensor de efecto Hall lineal. El desplazamiento angular del brazo con dedos se mide mediante el cambio del campo magnético en el módulo de detección. Por lo tanto, la sensibilidad del sistema de calibración depende principalmente de la magnitud del campo magnético dentro del módulo de detección. En esta investigación se utilizaron imanes permanentes anisotrópicos en forma de anillo y sensores lineales de efecto Hall para producir y medir el campo magnético.

## Resumen

Este resumen se proporciona para presentar una selección de conceptos, en un formato simplificado, que se describen con más detalle en la descripción detallada de la invención. Este resumen no pretende identificar conceptos clave o fundamentales de la invención ni tampoco pretende determinar el alcance de la invención.

La presente divulgación se refiere a los raspadores de calibración/geometría que se utilizan para detectar deformaciones tales como abolladuras, ovalidades, radios de curvatura y ángulo, etc. en una tubería transversal soterrada o en tuberías de proceso mediante inspección en línea. La información relacionada con las deformaciones ayuda al operario de la tubería o al proveedor de servicios a tomar medidas correctivas para mantener la integridad de la tubería. El diseño del raspador de calibración se basa en la medición del ángulo de deflexión del brazo sensor. El raspador de calibración propuesto proporciona un sistema sensor de alta resolución y baja potencia con respuesta de alta frecuencia que cumple con los requisitos de la velocidad de desplazamiento del raspador de calibración en una tubería.

En una realización de la presente divulgación, se divulga un raspador de calibración para detectar la deformación geométrica de una tubería. El raspador de calibración incluye un cuerpo y un primer conjunto de brazos sensores. El primer conjunto de brazos sensores incluye un anillo de sensores de calibración principal adaptado para montarse en el cuerpo. Además, el primer conjunto de brazos sensores incluye una pluralidad de brazos sensores adaptados para montarse y distribuirse circunferencialmente en el anillo de sensores de calibración principal. Cada uno de la pluralidad de brazos sensores incluye un brazo de detección que comprende una rueda, un brazo de conexión y un miembro elástico, donde el brazo de detección está adaptado para estar en contacto con una superficie interna de la tubería. La rueda y el miembro elástico permiten que el brazo de detección se mueva elásticamente en base al contorno de la superficie interna de la tubería, donde el brazo de detección puede estar unido a la superficie interna de la tubería por el miembro elástico. Cada uno de la pluralidad de brazos sensores incluye un imán dispuesto coaxialmente en el brazo de detección y adaptado para girar a lo largo del brazo de detección. Además, cada uno de la pluralidad de brazos sensores también incluye una carcasa de cojinete y un eje acoplado a la rueda, donde la rueda está dispuesta circunferencialmente en la carcasa de cojinete, donde la carcasa del cojinete está adaptada para albergar un miembro de cojinete adaptado para acoplarse al eje, y donde la carcasa del cojinete está adaptada para fijarse al brazo de conexión del brazo (204) de sensor. Además, también está comprendido un miembro de montaje en cada uno de la pluralidad de brazos sensores, que está adaptado para acoplarse al anillo de sensores de calibración principal, donde el miembro de montaje está adaptado para sostener de forma giratoria el brazo de conexión. Además, cada uno de la pluralidad de brazos sensores incluye una unidad de detección que comprende un circuito integrado (CI) de efecto Hall de doble eje. La unidad de detección está configurada para detectar un cambio en el campo magnético asociado con el imán en base al movimiento del brazo de detección. La unidad de detección está configurada para generar una salida indicativa de un ángulo de deflexión del brazo de detección mientras atraviesa la superficie interna de la tubería. Para aclarar aún más las ventajas y características de la presente invención, se realizará una descripción más particular de la invención por referencia a realizaciones específicas de la misma, que se ilustra en los dibujos adjuntos. Debe apreciarse que estos dibujos representan solo realizaciones típicas de la invención y, por lo tanto, no deben considerarse limitantes de su alcance. La invención se describirá y explicará con mayor especificidad y detalle con los dibujos adjuntos.

## Breve descripción de los dibujos

Estos y otras características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor cuando se lea la siguiente descripción detallada en referencia a los dibujos adjuntos en los que los mismos caracteres representan partes similares en todos los dibujos, en los que:

la figura 1a ilustra una vista plana de un raspador de calibración para detectar la deformación geométrica de una tubería, según una realización de la presente divulgación;

la figura 1b ilustra una vista isométrica del raspador de calibración para detectar la deformación geométrica de la tubería, según una realización de la presente divulgación;

la figura 2 ilustra una vista isométrica de un primer conjunto de brazos sensores del raspador de calibración, según una realización de la presente divulgación;

la figura 3a ilustra una vista isométrica de un brazo sensor entre una pluralidad de brazos sensores del primer conjunto

de brazos sensores, según una realización de la presente divulgación;

las figuras 3b y 3c ilustran diferentes vistas del brazo sensor del primer conjunto de brazos sensores, según una realización de la presente divulgación;

5 la figura 4 ilustra una vista plana de un segundo conjunto de brazos sensores del raspador de calibración, según una realización de la presente divulgación;

la figura 5a ilustra una vista isométrica de un brazo sensor secundario entre una pluralidad de brazos sensores secundarios del segundo conjunto de brazos sensores, según una realización de la presente divulgación;

las figuras 5b y 5c ilustran diferentes vistas del brazo sensor secundario del segundo conjunto de brazos sensores, según una realización de la presente divulgación; y

10 la figura 6 ilustra un gráfico ejemplar que representa las profundidades de diversas abolladuras detectadas en la tubería por el raspador de calibración, según una realización de la presente divulgación.

Además, los expertos en la materia apreciarán que los elementos de los dibujos se ilustran por motivos de sencillez y es posible que no se hayan dibujado necesariamente a escala. Por ejemplo, los diagramas de flujo ilustran el procedimiento en términos de las etapas más destacadas implicadas en ayudar a mejorar la comprensión de aspectos de la presente invención. Además, en términos de la construcción del dispositivo, en los dibujos pueden haberse representado uno o más componentes del dispositivo mediante símbolos convencionales, y los dibujos pueden mostrar solo aquellos detalles específicos que son pertinentes para comprender las realizaciones de la presente invención de modo que no se compliquen los dibujos con detalles que serán fácilmente evidentes para los expertos en la materia que tengan el beneficio de la descripción de la presente memoria.

## 20 Descripción detallada de las figuras

Con el propósito de fomentar la comprensión de los principios de la invención, a continuación, se hará referencia a la realización ilustrada en los dibujos, y se utilizará un lenguaje específico para describir la misma. No obstante, se entenderá que no se pretende limitar el alcance de la invención, ya que se contemplan otras alteraciones y modificaciones adicionales del sistema ilustrado, y otras aplicaciones adicionales de los principios de la invención tal como se ilustran en la misma, como normalmente se le ocurrirían a un experto en la materia al cual se refiere la invención. A menos que se definan de otro modo, todos los términos técnicos y científicos usados en la presente memoria tienen el mismo significado que entiende habitualmente una persona con experiencia ordinaria en la materia a la que pertenece la presente invención. El sistema, los procedimientos y los ejemplos proporcionados en la presente memoria son únicamente ilustrativos y no pretenden ser limitantes.

30 La terminología y estructura empleadas en la presente memoria tienen como objetivo describir, enseñar e iluminar algunas realizaciones y sus características y elementos específicos y no limitan, restringen o reducen el alcance de las reivindicaciones o sus equivalentes.

Más específicamente, cualquier término utilizado en la presente memoria, tales como, entre otros, "incluye", "comprende", "tiene", "consiste" y sus variantes gramaticales NO especifican una limitación o restricción exacta y por supuesto NO excluyen la posible adición de una o más características o elementos, a menos que se indique lo contrario, y además NO debe considerarse que excluyen la posible eliminación de una o más de las características y elementos enumerados, a menos que se indique lo contrario con el lenguaje limitante "DEBE comprender" o "NECESITA incluir".

40 A menos que se defina lo contrario, se puede considerar que todos los términos, y especialmente cualquier término técnico y/o científico, utilizados en la presente memoria tienen el mismo significado que entiende habitualmente una persona con experiencia ordinaria en la materia.

En la presente memoria se hace referencia a algunas "realizaciones". Debe entenderse que una realización es un ejemplo de una posible implementación de cualquier característica y/o elemento presentado en las reivindicaciones adjuntas. Se han descrito algunas realizaciones con el fin de iluminar una o más de las posibles formas en las que las características y/o elementos específicos de las reivindicaciones adjuntas cumplen los requisitos de unicidad, utilidad y no obviedad.

El uso de frases y/o términos tales como, entre otros, "una primera realización", "una realización adicional", "una realización alternativa", "una realización", "múltiples realizaciones", "algunas realizaciones", "otras realizaciones", "otra realización" o variantes de los mismos NO se refieren necesariamente a las mismas realizaciones. A menos que se especifique lo contrario, una o más características y/o elementos concretos descritos en relación con una o más realizaciones pueden encontrarse en una realización, o pueden encontrarse en más de una realización, o pueden encontrarse en todas las realizaciones, o pueden no encontrarse en ninguna realización. Aunque una o más características y/o elementos pueden describirse en la presente memoria en el contexto de una sola realización, o de forma alternativa en el contexto de más de una realización, o de forma alternativa también en el contexto de todas las realizaciones, las características y/o elementos pueden, en su lugar, proporcionarse por separado o en cualquier

combinación adecuada o no proporcionarse en absoluto. Por el contrario, cualquier característica y/o elemento descrito en el contexto de realizaciones separadas puede realizarse de forma alternativa como si existieran juntos en el contexto de una única realización.

- 5 Todos los detalles y particulares expuestos en la presente memoria se utilizan en el contexto de algunas realizaciones y, por lo tanto, no deben tomarse necesariamente como factores limitantes de las reivindicaciones adjuntas. Las reivindicaciones adjuntas se pueden realizar en el contexto de realizaciones distintas a las que se utilizan como ejemplos ilustrativos en la descripción siguiente.

- 10 Según una de las realizaciones de la presente divulgación, el conjunto de sensores de calibración comprende sensores montados en un anillo, que a su vez se fija al cuerpo del recipiente. El sensor de calibración comprende un circuito integrado (CI) de efecto Hall de doble eje y un único imán diametralmente magnetizado, ambos colocados coaxialmente en un brazo mecánico. El CI de efecto Hall de doble eje está encapsulado en un compuesto epoxi para protegerlo del entorno de la tubería. El imán diametral se coloca en una ranura creada especialmente en el brazo sensor. El imán también está encapsulado en un compuesto epoxi para protegerlo del entorno de la tubería.

- 15 El CI de efecto Hall de doble eje proporciona una señal de salida analógica que es linealmente proporcional al ángulo mecánico de un imán con una resolución de 10 bits para cada intervalo de ángulo. El imán colocado dentro del brazo sensor gira con el brazo sensor de calibración cuando se somete a una deflexión externa debido a abolladuras, salientes o curvas. El sensor biaxial detecta los cambios en el campo magnético durante el giro del brazo sensor con deflexión variable. El resorte helicoidal permite sujetar el brazo a la superficie de la tubería. El conjunto del sensor se ha sometido a prueba en un recorrido prediseñado con abolladuras y soldaduras modeladas en él. El conjunto se fijó  
20 sobre la base con el movimiento retráctil del brazo que acciona hacia la placa. El perfil de la placa consiste en dos arcos de radio 29 mm y 15 mm y tres soldaduras modeladas entremedio. Los datos del sensor se registran a medida que se mueve a lo largo del recorrido con la ayuda de un rotor.

Las realizaciones de la presente invención se describirán a continuación en detalle en referencia a los dibujos adjuntos.

- 25 La figura 1a ilustra una vista plana de un raspador 100 de calibración para detectar la deformación geométrica de una tubería, según una realización de la presente divulgación. La figura 1b ilustra una vista isométrica del raspador 100 de calibración para detectar la deformación geométrica de la tubería, según una realización de la presente divulgación. El raspador 100 de calibración puede emplearse en una tubería y adaptarse para atravesar dentro de la tubería y detectar deformidades geométricas asociadas con la tubería. Las deformidades geométricas pueden incluir, entre  
30 otras, abolladuras, ovalidades, radio de curvatura y ángulo de curvatura, sin apartarse del alcance de la presente divulgación.

- En referencia a las figuras 1a y 1b, en la realización ilustrada, el raspador 100 de calibración puede incluir, pero no se limita a, un cuerpo 102, un primer conjunto 104 de brazos sensores, un segundo conjunto 106 de brazos sensores y un conjunto 108 de odómetro. Cada uno del primer conjunto 104 de brazos sensores, el segundo conjunto 106 de brazos sensores y el conjunto 108 de odómetro pueden adaptarse para montarse en el cuerpo 102 del raspador 100  
35 de calibración.

- En una realización, el primer conjunto 104 de brazos sensores puede adaptarse para detectar deformaciones en la tubería. El segundo conjunto 106 de brazos sensores puede adaptarse para detectar la ubicación de los marcadores magnéticos de referencia colocados en la tubería. Además, el conjunto 108 de odómetro puede adaptarse para determinar la distancia recorrida por el raspador de calibración dentro de la tubería. En una realización, el conjunto  
40 108 de odómetro puede estar acoplado al cuerpo 102. El conjunto 108 de odómetro puede estar dispuesto en un extremo del cuerpo 102. En una realización, el primer conjunto 104 de brazos sensores puede denominarse indistintamente el conjunto 104 de brazos sensores, sin apartarse del alcance de la presente divulgación. Los detalles de construcción y funcionamiento del raspador 100 de calibración se explican en detalle en las secciones siguientes de la presente divulgación.

- 45 La figura 2 ilustra una vista isométrica del primer conjunto 104 de brazos sensores del raspador 100 de calibración, según una realización de la presente divulgación. En referencia a la figura 1 y la figura 2, en la realización ilustrada, el primer conjunto 104 de brazos sensores puede incluir, pero no se limita a, un anillo 202 de sensores de calibración principal y una pluralidad de brazos 204 sensores. El anillo 202 de sensores de calibración principal puede adaptarse para montarse en el cuerpo 102 del raspador 100 de calibración.

- 50 La pluralidad de brazos 204 sensores puede adaptarse para montarse en el anillo 202 de sensores de calibración principal. La pluralidad de brazos 204 sensores puede estar distribuida circunferencialmente en el anillo 202 de sensores de calibración principal. En una realización, la pluralidad de brazos 204 sensores puede denominarse indistintamente brazos 204 sensores, sin apartarse del alcance de la presente divulgación. Además, en una realización, los brazos 204 sensores pueden denominarse individualmente el brazo 204 sensor.

- 55 La figura 3a ilustra una vista isométrica de un brazo sensor de entre la pluralidad de brazos 204 sensores del primer conjunto 104 de brazos sensores, según una realización de la presente divulgación. Las figuras 3b y 3c ilustran diferentes vistas del brazo sensor del primer conjunto 104 de brazos sensores, según una realización de la presente divulgación. En referencia a las figuras 3a, 3b y 3c, cada uno de los brazos 204 sensores puede incluir, pero no se

limita a, un brazo 302 de detección, un imán 304 y una unidad 306 de detección. El brazo 302 de detección puede adaptarse para estar en contacto con una superficie interna de la tubería. El brazo 302 de detección puede adaptarse para moverse de forma elástica según el contorno de la superficie interna de la tubería.

5 En aras de la sencillez y una mejor comprensión, los detalles de construcción de los brazos sensores se explican con respecto a solo un brazo sensor de entre la pluralidad de brazos 204 sensores. Como apreciará el experto en la materia, la descripción del brazo 204 sensor es igualmente aplicable a otros brazos sensores del primer conjunto 104 de brazos sensores, sin apartarse del alcance de la presente divulgación.

10 En referencia a la figura 3a, la figura 3b y la figura 3c, el brazo 302 de detección incluye, pero no se limita a, una rueda 308, un brazo 310 de conexión y un miembro 312 elástico. La rueda 308 puede adaptarse para estar en contacto con la superficie interna de la tubería. La rueda 308 puede adaptarse para atravesar la superficie interna de la tubería cuando el raspador 100 de calibración se mueve dentro de la tubería. El brazo 204 sensor incluye, pero no se limita a, una carcasa 316 de cojinete y un eje 318 acoplado a la rueda 308. La rueda 308 está dispuesta circunferencialmente en la carcasa 316 del cojinete. Según la invención, la carcasa 316 del cojinete está adaptada para albergar un miembro 320 de cojinete, tal como un cojinete de bolas, adaptado para acoplarse al eje 318. La carcasa 316 del cojinete está adaptada para fijarse al brazo 310 de conexión del brazo 204 sensor.

15 En una realización, cada uno de la pluralidad de brazos 204 sensores puede incluir, pero no se limita a, una carcasa 322 de sensor acoplada al brazo 302 de detección. El brazo 310 de conexión puede estar conectado de forma pivotante a la carcasa 316 de sensor del brazo 204 sensor. El brazo 310 de conexión puede incluir un primer extremo 310-1 acoplado a la rueda 308 y el segundo extremo 310-2 conectado a la carcasa de sensor. En una realización, el brazo 310 de conexión puede incluir una primera extensión 310-1 de brazo y una segunda extensión 310-2 de brazo formada en el primer extremo 310-1 del brazo 310 de conexión. El brazo 204 sensor incluye un miembro 324 de montaje adaptado para acoplarse al anillo 202 de sensores de calibración principal. Además, el miembro 324 de montaje está adaptado para sostener de forma giratoria el brazo 310 de conexión. En la realización ilustrada, la carcasa 322 de sensor puede acoplarse al miembro 324 de montaje.

25 Cada una de la primera extensión 310-1 de brazo y la segunda extensión 310-2 de brazo puede adaptarse para fijarse a la carcasa 316 del cojinete para sostener de forma giratoria la rueda 308 en el brazo 310 de conexión. Además, el brazo 310 de conexión puede incluir un par de ranuras 314 adaptadas para albergar coaxialmente el imán 304. El imán 304 puede adaptarse para encapsularse en un material epoxi. En una realización, el imán 304 puede materializarse como un imán diametral, sin apartarse del alcance de la presente divulgación.

30 En referencia a las figuras 3a, 3b y 3c, en la realización ilustrada, el miembro 312 elástico puede adaptarse para facilitar el movimiento elástico del brazo 310 de conexión. Un extremo del miembro 312 elástico puede acoplarse al brazo 310 de conexión y otro extremo puede acoplarse a una placa 110 de montaje (como se muestra en la figura 1) dispuesta en el anillo 202 de sensores de calibración principal. En una realización, el brazo 310 de conexión puede incluir un miembro 310-3 de acoplamiento adaptado para acoplarse a un extremo del miembro 312 elástico.

35 La carcasa 322 de sensor puede adaptarse para albergar la unidad 306 de detección. El imán 304 puede estar dispuesto coaxialmente en el brazo 302 de detección y adaptado para girar a lo largo del brazo 302 de detección. La unidad 306 de detección puede incluir, pero no se limita a, un circuito integrado (CI) de efecto Hall de doble eje, sin apartarse del alcance de la presente divulgación. El CI de efecto Hall de doble eje puede adaptarse para colocarse en la carcasa 322 de sensor y encapsularse en un compuesto epoxi.

40 En una realización, la unidad 306 de detección puede configurarse para detectar un cambio en el campo magnético asociado con el imán 304 en base al movimiento del brazo 302 de detección. Durante el movimiento del raspador 100 de calibración dentro de la tubería, la rueda acoplada al brazo 310 de conexión puede atravesar la superficie interna de la tubería. Cuando la rueda atraviesa una porción deformada de la tubería, el brazo 310 de conexión del brazo 302 de detección puede moverse elásticamente alrededor de un eje X-X' (como se muestra en la figura 3c). Debido al movimiento elástico del brazo 310 de conexión, el imán 304 también puede moverse junto con el brazo 310 de conexión. Esto da como resultado una variación en el campo magnético asociado con el imán 304. En una realización, el CI de efecto Hall de doble eje puede configurarse para detectar el cambio en el campo magnético asociado con el imán 304.

45 Además, la unidad 306 de detección puede configurarse para generar una salida indicativa de un ángulo de deflexión 8 del brazo 302 de detección mientras atraviesa la superficie interna de la tubería. La salida generada por la unidad 306 de detección puede ser linealmente proporcional a un ángulo de deflexión del imán 304. En una realización, la salida puede materializarse como una tensión de salida lineal, sin apartarse del alcance de la presente divulgación. El cambio en el campo magnético puede indicar una deformación de la tubería.

50 La figura 4 ilustra una vista plana del segundo conjunto 106 de brazos sensores del raspador 100 de calibración, según una realización de la presente divulgación. En referencia a la figura 4, el segundo conjunto 106 de brazos sensores puede incluir, pero no se limita a, un anillo 402 de sensores secundario y pluralidad de brazos 404 de sensores secundarios. En una realización, la pluralidad de brazos 404 sensores secundarios puede denominarse indistintamente brazos 404 de sensores secundarios. Además, los brazos 404 de sensores secundarios pueden

denominarse individualmente brazo 404 sensor secundario.

El anillo 402 de sensores secundario puede adaptarse para montarse en el cuerpo 102 del raspador 100 de calibración. La pluralidad de brazos 404 de sensores secundarios puede adaptarse para montarse y distribuirse circunferencialmente en el anillo 402 de sensores secundario. En la realización ilustrada, el segundo conjunto 106 de brazos sensores puede incluir un soporte 502 de montaje (como se muestra en la figura 5a), denominado indistintamente miembro 502 de base, adaptado para acoplarse al anillo 402 de sensores secundario. El soporte 502 de montaje puede adaptarse para sostener el segundo conjunto 106 de brazos sensores en el anillo 402 de sensores secundario.

En aras de la sencillez y una mejor comprensión, los detalles de construcción de los brazos sensores secundarios se explican con respecto a solo un brazo sensor secundario de entre la pluralidad de brazos 404 de sensores secundarios. Como apreciará el experto en la materia, la descripción del brazo 404 sensor secundario es igualmente aplicable a otros brazos sensores secundarios del segundo conjunto 106 de brazos sensores, sin apartarse del alcance de la presente divulgación.

La figura 5a ilustra una vista isométrica del brazo 404 sensor secundario de entre la pluralidad de brazos 404 de sensores secundarios del segundo conjunto 106 de brazos sensores, según una realización de la presente divulgación. Las figuras 5b y 5c ilustran diferentes vistas del brazo 404 sensor secundario del segundo conjunto 106 de brazos sensores, según una realización de la presente divulgación.

En referencia a las figuras 5a, 5b y 5c, cada uno de los brazos 404 de sensores secundarios puede incluir, pero no se limita a, el miembro 502 de base, un par de palancas 504 superiores, un par de palancas 506 inferiores, un módulo 508 de detección y una placa 510 de desgaste. El par de palancas 504 superiores puede estar acoplado de forma pivotante al miembro 502 de base. En la realización ilustrada, el par de palancas 504 superiores puede ser paralelo al par de palancas 504 inferiores. El par de palancas 506 inferiores puede estar dispuesto debajo del par de palancas 504 superiores y acoplado de forma pivotante al miembro 502 de base. El brazo 404 sensor secundario puede incluir un miembro 511 elástico, tal como un resorte helicoidal, adaptado para conectarse al par de palancas 504 superiores y al par de palancas 506 inferiores. Un extremo del miembro 511 elástico puede acoplarse a un extremo inferior del par de palancas 504 superiores y otro extremo del miembro elástico puede acoplarse a un extremo superior del par de palancas 506 inferiores.

Además, la placa 510 de desgaste puede acoplarse al módulo 508 de detección y adaptarse para estar en contacto con la superficie interior de la tubería. El módulo 508 de detección puede estar acoplado al par de palancas 504 superiores y al par de palancas 506 inferiores. En la realización ilustrada, el segundo conjunto 106 de brazos sensores puede incluir un soporte 512 de montaje de sensor adaptado para acoplar el módulo 508 de detección al par de palancas 504 superiores y al par de palancas 506 inferiores. El módulo 508 de detección puede configurarse para detectar una ubicación de los marcadores magnéticos de referencia colocados en una superficie de la tubería. Cada uno de los marcadores magnéticos de referencia puede indicar coordenadas de una ubicación dentro de la tubería.

Durante el movimiento del raspador 100 de calibración dentro de la tubería, si la unidad 306 de detección del primer conjunto 104 de brazos sensores detecta el cambio en el campo magnético que indica la deformación de una porción de la tubería, entonces la ubicación de dicha porción puede obtenerse mediante el módulo 508 de detección en base a la ubicación de los marcadores magnéticos de referencia correspondientes a dicha porción. Los marcadores magnéticos de referencia se pueden usar como puntos de referencia para determinar las coordenadas de una porción en la que el primer conjunto 104 de brazos sensores detecta la deformación geométrica.

La figura 6 ilustra un gráfico 600 ejemplar que representa las profundidades de diversas abolladuras en la tubería detectadas por el raspador 100 de calibración, según una realización de la presente divulgación. Como se muestra en el gráfico, el primer conjunto 104 de brazos sensores del raspador 100 de calibración ha podido capturar el perfil del recorrido con una exactitud razonable. Las profundidades de las abolladuras D1 y D3 se han medido con exactitud de 15 mm. La profundidad de la abolladura D3 se obtiene ligeramente inferior a 15 mm, lo que se compensa con el desplazamiento hacia abajo de la placa base en aproximadamente 2 mm. Las profundidades de abolladura de los arcos más grandes de radio 29 mm también se han obtenido dentro de una desviación razonable. La profundidad medida de la abolladura D4 es más de 32 mm debido al desplazamiento hacia arriba de la placa base en aproximadamente 2 a 3 mm.

El diseño básico del raspador 100 de calibración se basa en la medición del ángulo de deflexión del conjunto 104 de brazos sensores que está en contacto directo con la superficie interna de la tubería. El conjunto 104 de brazos sensores es un sistema de sensores de baja potencia y alta resolución con una respuesta de alta frecuencia que cumple con los requisitos de la velocidad de desplazamiento del raspador 100 de calibración en la tubería. En una implementación, el raspador 100 de calibración se puede emplear en aplicaciones para detectar la deformación de la tubería en condiciones de funcionamiento de presiones de hasta 150 kg/cm<sup>2</sup> y alta velocidad de flujo.

Debido a los aspectos de construcción explicados anteriormente del conjunto de brazos 104 de sensores, la magnitud de la deflexión provocada por una deformación geométrica en la tubería se maximiza sustancialmente. El conjunto 104 de brazos sensores puede estar en contacto directo con la superficie interna de la tubería. Esto da como resultado

- 5 una exactitud y capacidad de detección sustancialmente mejoradas del conjunto 104 de brazos sensores. Como se explica anteriormente, la unidad 306 de detección puede generar una tensión de salida lineal para un intervalo completo de deflexión del conjunto 104 de brazos sensores y, por lo tanto, eliminar cualquier inexactitud debida a la salida no lineal en unidades de detección convencionales del raspador de calibración. Además, como se menciona anteriormente, el conjunto 104 de brazos sensores tiene alta resolución y consume poca potencia, lo que lo hace adecuado para su uso en tuberías donde solo está disponible una cantidad limitada de energía eléctrica almacenada. Por lo tanto, el raspador 100 de calibración de la presente divulgación tiene una implementación flexible, es rentable, exacto, práctico y menos complejo.
- 10 Si bien se ha utilizado un lenguaje específico para describir la presente materia objeto, no se pretende ninguna limitación que surja a causa del mismo. Como resultará evidente para un experto en la materia, se pueden realizar diversas modificaciones de funcionamiento en el procedimiento que implementa el concepto de la invención según se enseña en la presente memoria. Los dibujos y la descripción anterior dan ejemplos de realizaciones. Los expertos en la materia apreciarán que uno o más de los elementos descritos pueden combinarse en un único elemento funcional. De forma alternativa, determinados elementos pueden dividirse en múltiples elementos funcionales. Se pueden añadir
- 15 elementos de una realización a otra realización.

## REIVINDICACIONES

1. Un raspador (100) de calibración para detectar la deformación geométrica de una tubería, comprendiendo el raspador (100) de calibración:  
un cuerpo (102);  
5 un primer conjunto (104) de brazos sensores que comprende:  
un anillo (202) de sensores de calibración principal adaptado para montarse en el cuerpo (102);  
una pluralidad de brazos (204) de sensores adaptados para montarse y distribuirse circunferencialmente en el anillo (202) de sensores de calibración principal, en el que cada uno de la pluralidad de brazos (204) de sensores comprende:  
10 un brazo (302) de detección que comprende una rueda (308), un brazo (310) de conexión y un miembro (312) elástico, en el que el brazo (302) de detección está adaptado para estar en contacto con una superficie interna de la tubería, en el que la rueda (308) y el miembro (312) elástico facilitan que el brazo (302) de detección se mueva elásticamente en base al contorno de la superficie interna de la tubería, y en el que el brazo (302) de detección puede unirse a la superficie interna de la tubería por el miembro (312) elástico;  
15 un imán (304) dispuesto coaxialmente en el brazo (302) de detección y adaptado para girar a lo largo del brazo (302) de detección;  
una carcasa (316) de cojinete y un eje (318) acoplado a la rueda (308), en el que la rueda (308) está dispuesta circunferencialmente en la carcasa (316) de cojinete, en el que la carcasa (316) de cojinete está adaptada para albergar un miembro (320) de cojinete adaptado para acoplarse al eje (318), y en el que la carcasa (316) de cojinete está adaptada para fijarse al brazo (310) de conexión del brazo (204) de sensor;  
20 un miembro (324) de montaje adaptado para acoplarse al anillo (202) de sensores de calibración principal, en el que el miembro (324) de montaje está adaptado para sostener de forma giratoria el brazo (310) de conexión; y  
una unidad (306) de detección que comprende un circuito integrado, CI, de efecto Hall de doble eje, configurado para:  
25 detectar un cambio en el campo magnético asociado con el imán (304) en base al movimiento del brazo (302) de detección; y  
generar una salida indicativa de un ángulo de deflexión del brazo (302) de detección mientras atraviesa la superficie interna de la tubería.
2. El raspador (100) de calibración según la reivindicación 1, que comprende además un segundo conjunto (106) de brazos sensores que comprende:  
un anillo de sensores secundario adaptado para montarse en el cuerpo (102) del raspador (100) de calibración; y  
una pluralidad de brazos sensores secundarios adaptados para montarse y distribuirse circunferencialmente en el anillo de sensores secundario, en el que cada uno de los brazos sensores secundarios comprende:  
un miembro de base;  
35 una palanca superior acoplada de forma pivotante al miembro de base;  
una palanca inferior dispuesta debajo de la palanca superior y acoplada de forma pivotante al miembro de base;  
un módulo de detección acoplado al par de palancas superiores y al par de palancas inferiores; y  
una placa de desgaste acoplada al módulo de detección y adaptada para estar en contacto con la superficie interior de la tubería.
3. El raspador (100) de calibración según la reivindicación 1, en el que cada uno de la pluralidad de brazos (204) de sensores comprende una carcasa de sensor acoplada al brazo (302) de detección y adaptada para albergar la unidad (306) de detección.
4. El raspador (100) de calibración según la reivindicación 3, en el que  
45 la rueda (308) está adaptada para estar en contacto con la superficie interna de la tubería, en el que la rueda (308) está adaptada para atravesar la superficie interna de la tubería cuando el raspador (100) de calibración se mueve dentro de la tubería;

en el que el brazo (310) de conexión está conectado de forma pivotante a la carcasa de sensor, en el que el brazo (310) de conexión incluye un primer extremo acoplado a la rueda (308) y el segundo extremo conectado a la carcasa de sensor; y

5 el miembro (312) elástico está adaptado para facilitar el movimiento elástico del brazo (310) de conexión, y en el que un extremo del miembro (312) elástico está acoplado al brazo (310) de conexión y el otro extremo está acoplado a la placa de montaje.

5. El raspador (100) de calibración según la reivindicación 1, en el que el CI de efecto Hall de doble eje está adaptado para colocarse en una carcasa de sensor y encapsularse en un compuesto epoxi.

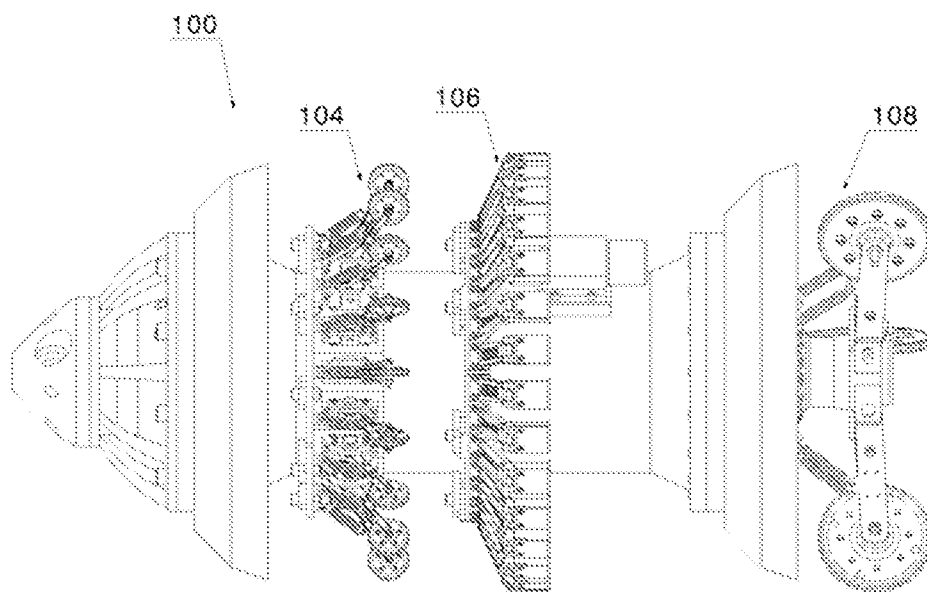
10 6. El raspador (100) de calibración según la reivindicación 4, en el que el brazo (310) de conexión incluye un par de ranuras adaptadas para albergar coaxialmente el imán (304), el imán (304) está adaptado para encapsularse en un material epoxi.

7. El raspador (100) de calibración según la reivindicación 1, en el que el imán (304) se materializa como un imán diametral.

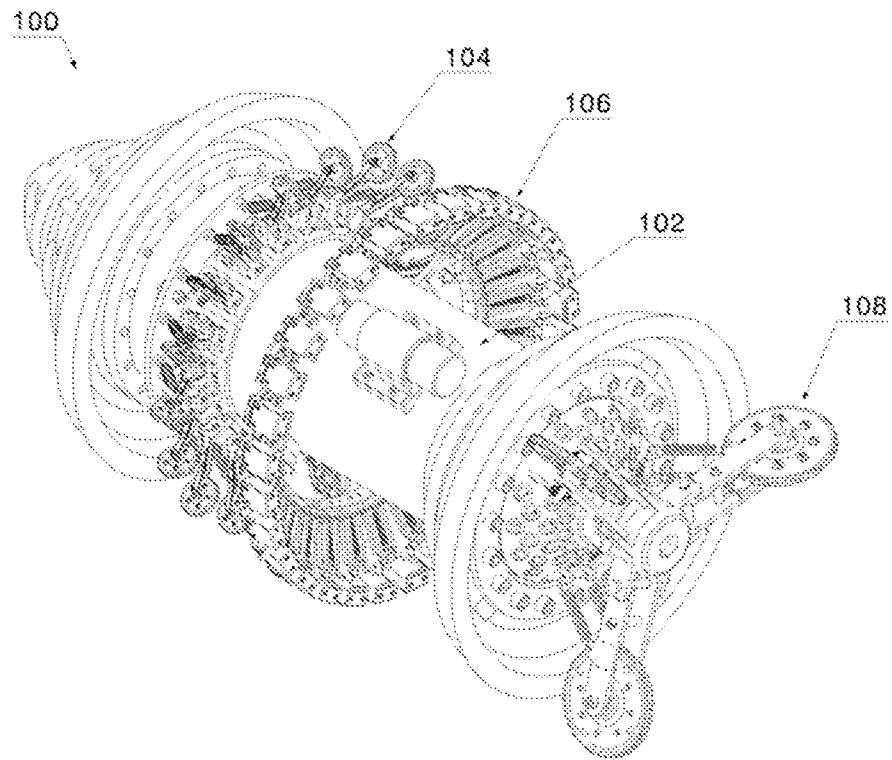
15 8. El raspador (100) de calibración según la reivindicación 1, en el que la salida generada por la unidad (306) de detección es linealmente proporcional a un ángulo de deflexión del imán (304).

9. El raspador (100) de calibración según la reivindicación 1, que comprende además un conjunto (108) de odómetro acoplado al cuerpo (102) y dispuesto en un extremo del cuerpo (102), en el que el conjunto (108) de odómetro está configurado para determinar la distancia recorrida por el raspador (100) de calibración dentro de la tubería.

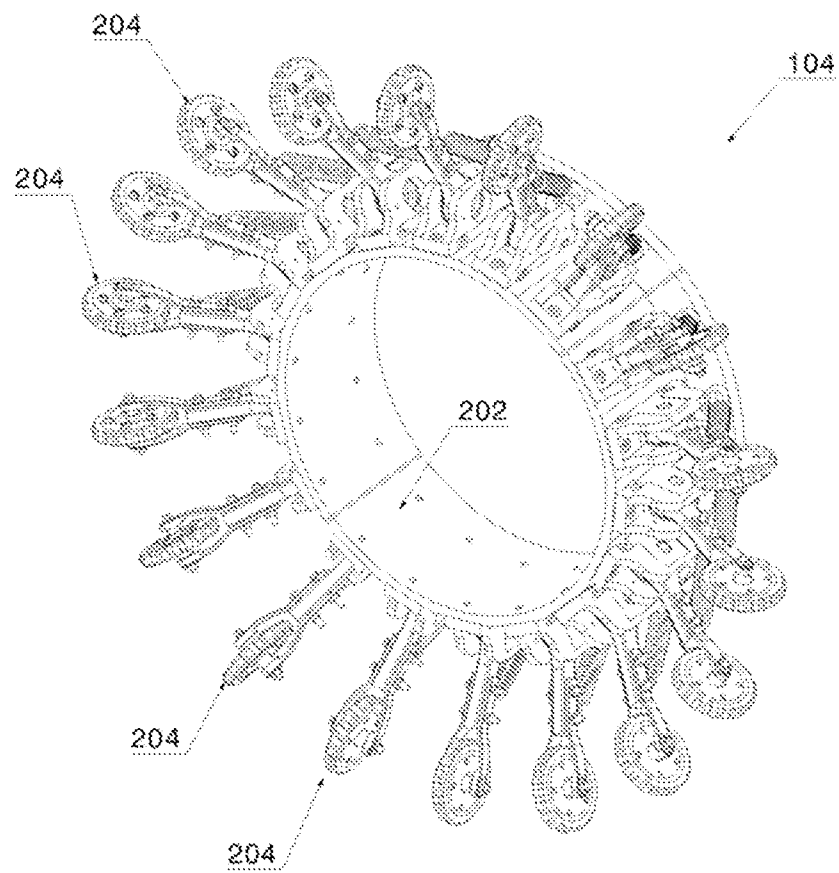
20 10. El raspador (100) de calibración según la reivindicación 1, en el que el cambio en el campo magnético indica una deformación de la tubería.



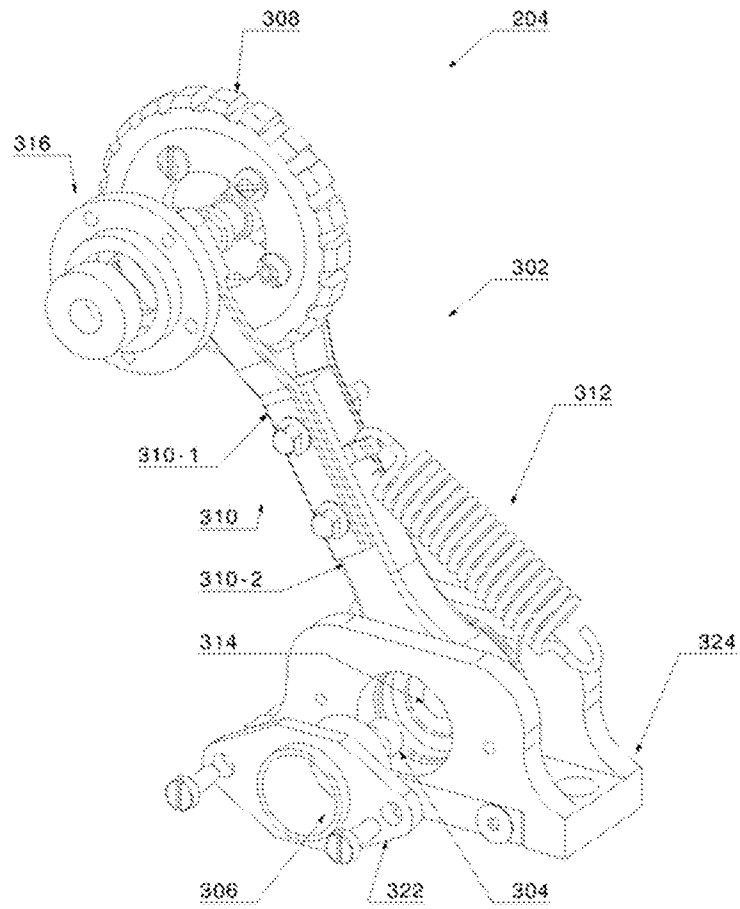
**Figura 1a**



**Figura 1b**



**Figura 2**



**Figura 3a**

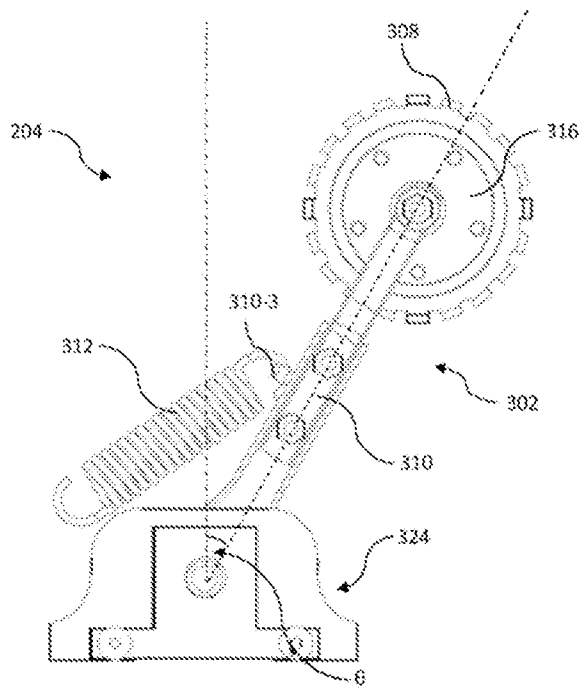


Figura 3b

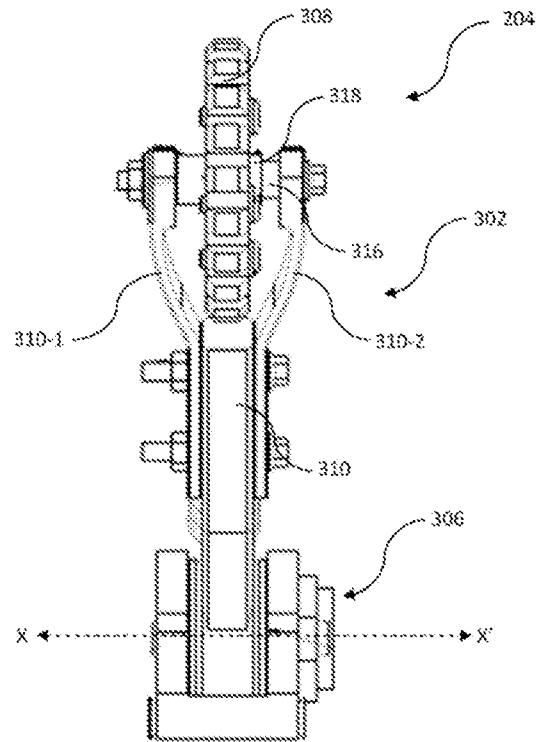


Figura 3c

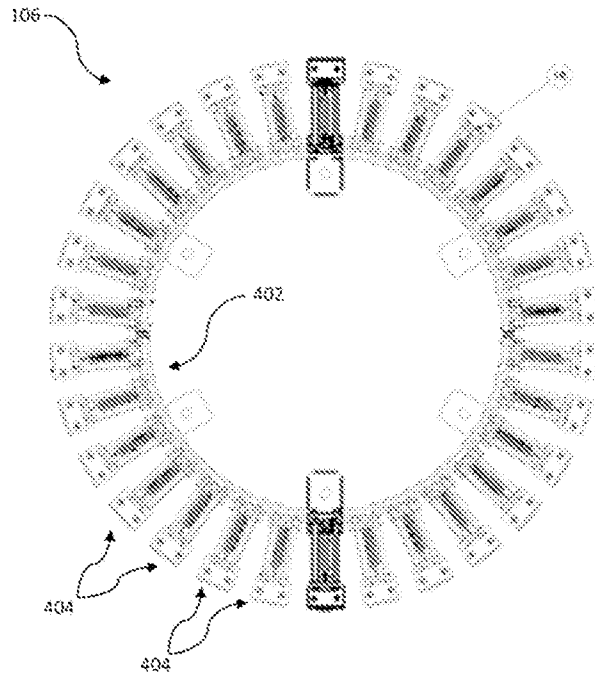


Figura 4

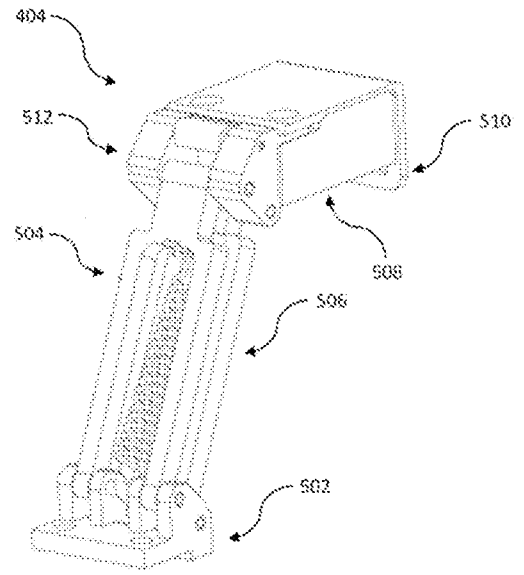


Figura 5a

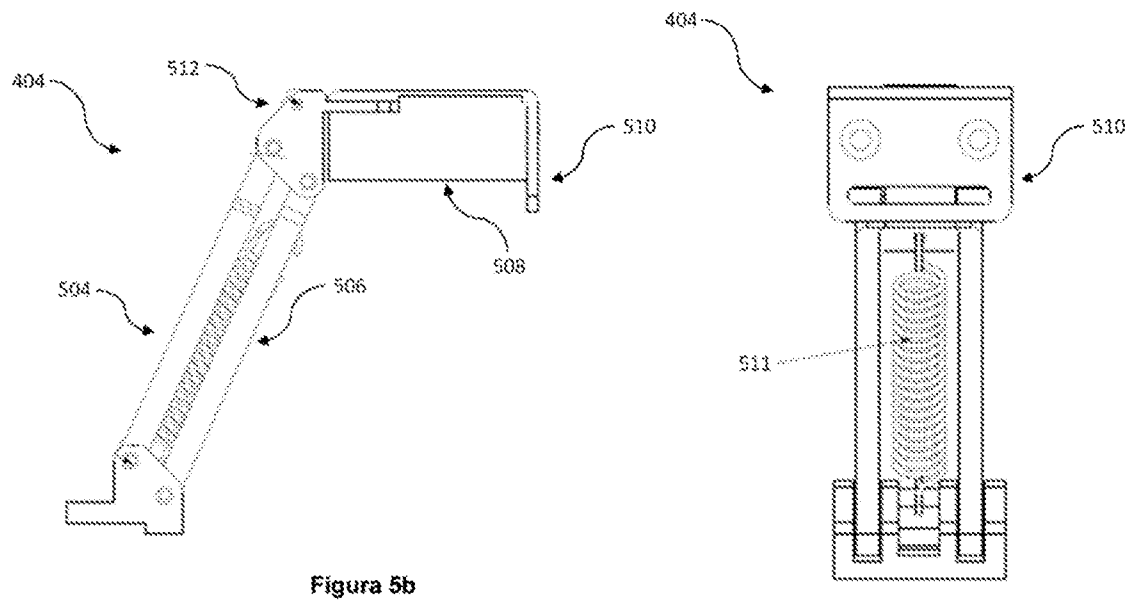


Figura 5b

Figura 5c

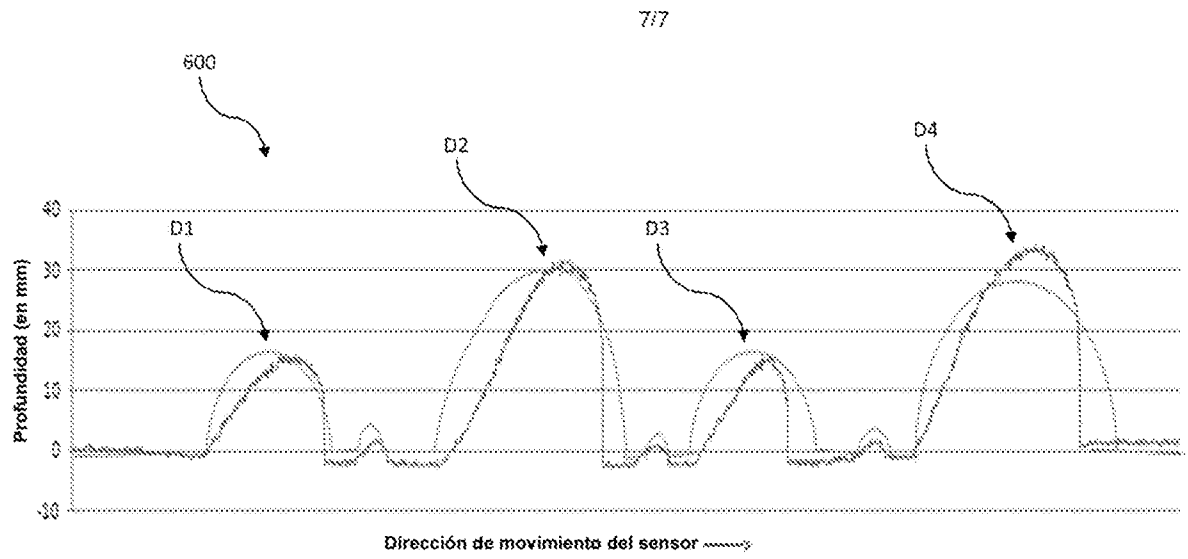


Figura 6