

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 990 103**

51 Int. Cl.:

E21B 47/005 (2012.01)
E21B 47/10 (2012.01)
G01N 3/10 (2006.01)
E21B 47/08 (2012.01)
G01B 5/08 (2006.01)
G01B 7/12 (2006.01)
G01B 21/10 (2006.01)
G01N 3/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.10.2020** **PCT/EP2020/078501**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.04.2021** **WO21069717**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2020** **E 20788800 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2024** **EP 4041986**

54 Título: **Dispositivo de medición para determinar la conformidad de pozos perforados para agua y su procedimiento de funcionamiento**

30 Prioridad:

10.10.2019 FR 1911283

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.11.2024

73 Titular/es:

NOGIER, PIERRE (100.0%)
Quartier Sérillon
07220 Saint Montan, FR

72 Inventor/es:

NOGIER, PIERRE

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 990 103 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

Dispositivo de medición para determinar la conformidad de pozos perforados para agua y su procedimiento de funcionamiento

Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere a dispositivos para medir y controlar la calidad de la cimentación de un pozo perforado entubado para sacar el agua contenida en las aguas subterráneas, y se refiere en particular a un dispositivo de medición para determinar la conformidad de los pozos perforados para agua.

Estado de la técnica

Cuando tiene lugar la construcción de un pozo perforado para sacar agua de capas subterráneas, se coloca un tubo de PVC en el pozo perforado y se rellena con cemento el espacio anular entre el tubo y la roca a fin de aislar entre sí los diferentes estratos geológicos que atraviesa el pozo perforado. En efecto, en ausencia de cemento entre el tubo y la roca, las aguas superficiales, a menudo contaminadas, pueden filtrarse a lo largo de la superficie exterior del tubo y alcanzar las aguas profundas y así contaminarlas. La cimentación anular del pozo así formado es, por lo tanto, de capital importancia para evitar el riesgo de contaminación de las aguas profundas. Los riesgos de contaminación son los mismos en el caso de rellenar el espacio anular entre el tubo y la roca con un material no estanco tal como arena, tierra o gravas.

Aunque existe una reglamentación estricta en materia de pozo perforado, algunos profesionales poco escrupulosos no respetan esta reglamentación y existen pozos perforados en los que el espacio anular entre la roca desnuda y el tubo no se ha rellenado con cemento y que representa un peligro potencial no despreciable de contaminación.

Los documentos publicados describen dispositivos utilizados para detectar la calidad del cemento mediante una herramienta de ultrasonidos. Este tipo de herramienta se utiliza en pozos perforados cuyos tubos son metálicos. Por ejemplo, el documento US2016/0047238 describe una herramienta que emite ultrasonidos y comprende un medio para analizar y medir la firma de la onda ultrasonora reflejada en la superficie del entubado y una interpretación de la tasa de atenuación permite juzgar la presencia y la calidad del cemento.

El principal inconveniente de tal herramienta es que no funciona con un tubo no metálico tal como un tubo de PVC.

El documento US 2.672.050 A propone otra solución técnica al problema de detectar porciones de tubo no cementadas. El dispositivo allí descrito comprende un resorte hidráulico que ejerce una presión sobre dos ruedas diametralmente opuestas que presionan contra la pared interna del tubo y que se desplazan a lo largo de este. Un medio de tinta y rollo de papel permite la impresión de una curva de variaciones de sección del tubo interno cuando el dispositivo se desplaza a lo largo del tubo.

Uno de los inconvenientes de tal dispositivo es que no permite distinguir entre la presencia de grava y de cemento en el espacio anular. Por consiguiente, este tipo de dispositivo no permite pronunciarse con seguridad sobre la conformidad del entubado y la ausencia de riesgo de contaminación de las capas de agua subterráneas.

El documento KR20060105253 A describe un dispositivo para medir el diámetro interno del conducto que comprende una pluralidad de sensores de deformación que miden el cambio de diámetro de la tubería. El dispositivo descrito fue diseñado para minimizar la fricción de los sensores con la pared interior de la tubería y facilitar el movimiento en el interior de la tubería.

El documento EP 1640561 A1 describe un dispositivo para medir la dimensión interna de un pozo perforado. El dispositivo de medición es un calibrador óptico que comprende un sensor óptico que proporciona una respuesta correlacionada con la dimensión interna del pozo perforado, estando acoplado el sensor óptico a una fibra óptica. El dispositivo comprende unas piezas móviles en forma de brazos mecánicos que pueden desplegarse radialmente de manera a esté en contacto con la pared interna del pozo. El sensor óptico está acoplado con los brazos mecánicos.

Ninguno de estos dos dispositivos permite detectar el tipo de material ubicado en el espacio anular entre la roca desnuda y el tubo.

Presentación de la invención

Por este motivo, el objetivo de la invención es realizar un dispositivo de medición capaz a la vez de determinar la ausencia de cimentación anular de un pozo perforado entubado y de distinguir, en caso de que el espacio anular esté relleno, el tipo de material entre grava/arena y cemento.

Otro objetivo de la invención es proporcionar un procedimiento para determinar la ausencia de cimentación anular

de un pozo perforado entubado y distinguir, en el caso de un espacio anular relleno, el tipo de material entre grava/arena y cemento.

El objeto de la invención es, por lo tanto, un dispositivo de medición según la reivindicación 1, estando destinado dicho dispositivo de medición a ser utilizado en un pozo perforado provisto de un tubo, estando compuesto el dispositivo por dos partes, comprendiendo la primera parte unas primeras piezas móviles entre dos posiciones y adaptadas para apoyarse contra la superficie interna del tubo a lo largo de un primer eje, unos medios adaptados para poner en movimiento las primeras piezas de manera que ejerzan una presión sobre la superficie interna del tubo capaz de deformar el tubo en ausencia de cimentación en el espacio anular entre la roca y el tubo, y unos medios para medir la deformación del tubo hacia el exterior a lo largo del primer eje. Según la característica principal de la invención, la segunda parte comprende unas segundas piezas en contacto con la superficie interna del tubo a lo largo de un segundo eje perpendicular al primer eje y situado en un mismo plano, unos medios adaptados para poner en movimiento las segundas piezas de manera que se mantenga este contacto, y unos medios para medir la deformación del tubo hacia el interior a lo largo del segundo eje.

Otro objeto de la invención es un procedimiento de funcionamiento de un dispositivo de medición según la reivindicación 12.

Breve descripción de las figuras

Los objetivos, objetos y características de la invención aparecerán más claramente con la lectura de la descripción que sigue, realizada con referencia a los dibujos, en los que:

la [figura 1] representa una visión general del dispositivo de la invención implementado,

la [figura 2] representa una vista frontal del dispositivo según la invención,

la [figura 3] representa una vista en sección según un plano YZ de la primera parte del dispositivo según la invención,

la [figura 4] representa una vista en sección según un plano YZ de la segunda parte del dispositivo según la invención,

la [figura 5] representa una vista en sección según un plano XY del dispositivo según la invención,

la [figura 6] representa una vista en sección del dispositivo según la invención en funcionamiento según una etapa,

la [figura 7] representa una vista en sección del dispositivo según la invención en funcionamiento según otra etapa.

Descripción detallada de la invención

Según la figura 1, el dispositivo de medición 10 según la invención está adaptado para penetrar en un pozo perforado entubado 31, cuya conformidad se busca evaluar y en particular la presencia o ausencia de cemento en el espacio anular 33 situado entre el tubo 32 y la roca 34. El dispositivo de medición está conectado en el exterior del pozo perforado a una interfaz de control y accionamiento 36, y a una o más fuentes de energía 37 mediante un cable umbilical 35 que comprende el cable que lo soporta, el cable de alimentación y de comunicación con el exterior, y unos tubos de aire para accionar los movimientos neumáticos del dispositivo de medición. La interfaz de control y accionamiento 36 comprende principalmente un microprocesador y un programa de accionamiento y control 38 del dispositivo de medición según la invención, y un dispositivo de lectura de los datos acoplado con un dispositivo de registro de datos 39. El tubo 32 está hecho de un material flexible tal como PVC (cloruro de polivinilo) o PE (polietileno). El material del tubo 32 tiene preferentemente un módulo de Young comprendido entre 0 y 5 GPa.

Al estar destinado el dispositivo de medición a medir la conformidad de pozos perforados para agua, el eje longitudinal 3 del tubo del pozo perforado es generalmente paralelo al eje vertical Z. Sin embargo, el dispositivo de medición según la invención no se limita a un pozo perforado vertical. Con referencia a la figura 2, el dispositivo 10 comprende una primera parte 100 y una segunda parte 200, las dos partes 100 y 200 ensambladas entre sí componen el dispositivo de medición 10 según la invención. El dispositivo de medición comprende unas piezas mecánicas móviles descritas en detalle con referencia a las figuras 3 y 4, unos medios para poner estas piezas en movimiento, y unos medios para medir las posiciones de las piezas móviles. Todas estas piezas y medios están conectados entre sí y fijados a una estructura rígida compuesta por una pluralidad de piezas de conexión circulares 301 y de tirantes 309 de modo que el dispositivo encaje en un cilindro. Para no sobrecargar la figura, se han referenciado los tirantes 309 de un único nivel (parte entre dos piezas de unión circular).

Los medios para poner en movimiento las piezas móviles comprenden dos cilindros neumáticos 12 y 22 alimentados por una fuente de energía adecuada, tal como por lo menos un compresor situado en el exterior, teniendo cada cilindro un vástago pasante. Preferentemente, los medios para medir las posiciones de las piezas móviles comprenden unos sensores de posición 16 y 26, cada uno constituido preferentemente por un sensor de medición de magnetostricción conectado respectivamente a un imán 14 y 24. En cada una de las partes 100 y 200, los diferentes elementos que componen estos medios están conectados entre sí a lo largo de su eje central situado en el eje longitudinal del dispositivo de medición según la invención. El eje del vástago pasante del cilindro 12 ubicado en el eje central de la primera parte 100 es solidario de una pieza mecánica 110 denominada horquilla con referencia a la figura 3. En el resto de la descripción, se considera que el eje longitudinal del dispositivo de medición 10 está alineado con el eje longitudinal 3 del tubo 32.

La horquilla 110 es móvil con respecto a la pieza de conexión 301 y los tirantes 309. Dos bielas 120 y 130 están montadas de forma pivotante respectivamente alrededor de un eje 121 y 131 situadas en el extremo de la horquilla 110. Otras dos piezas móviles 122 y 132, denominadas basculadores, están montadas de manera pivotante respectivamente alrededor de un eje 128 y 138 fijo con respecto a la pieza de conexión 301. Los basculadores 122 y 132 también están conectados respectivamente con las bielas 120 y 130 mediante una conexión de pivote alrededor respectivamente de un eje 123 y 133. Dos primeras piezas 124 y 134, tales como ruedas de ajuste, están conectadas cada una respectivamente con los basculadores 122 y 132 mediante respectivamente un eje 125 y 135 de modo que pueden girar alrededor de este eje. Los ejes de rotación son perpendiculares al plano de la figura y por lo tanto paralelos entre sí y al eje Y. Las dos primeras piezas 124 y 134 son diametralmente opuestas entre sí y móviles.

El movimiento de accionamiento de la horquilla 110 por el cilindro 12 provoca simultáneamente el movimiento de las bielas 120 y 130 a lo largo del eje Z. El movimiento de las bielas 120 y 130 impulsa a su vez los basculadores 122 y 132 en un movimiento de rotación alrededor de los ejes fijos 128 y 138 que a su vez impulsan las ruedas de ajuste 124 y 134 en un movimiento casi rectilíneo en la dirección del eje X. Estos movimientos se simbolizan mediante las flechas F en los ejes móviles 121, 131, 123, 133, 125 y 135. El cilindro 12 está configurado para desplazar las primeras piezas 124 y 134 entre dos posiciones, una primera posición retraída y una segunda posición abierta y viceversa. La figura 3 muestra las primeras piezas 124 y 134 cuando están en la posición abierta. Las primeras piezas 124 y 134 están en la posición retraída cuando el vástago del cilindro está recogido al máximo. En la posición retraída, las primeras piezas 124 y 134 están situadas en el interior del dispositivo, es decir en el interior del cilindro en el que encaja el dispositivo. Esta posición se ilustra en la figura 4 que representa en sección las piezas mecánicas móviles de la segunda parte 200. La segunda parte 200, idéntica a la primera parte, también comprende las mismas piezas móviles descritas para la primera parte 100.

El eje del vástago pasante del cilindro 22 situado en el eje central de la segunda parte 200 es solidario de una horquilla 210, móvil con respecto a la pieza de conexión 301 y de los tirantes 309. Dos bielas 220 y 230 están montadas de manera pivotante alrededor respectivamente de un eje 221 y 231 ubicado en el extremo de la horquilla 210. Dos basculadores 222 y 232 están montados de manera pivotante alrededor respectivamente del eje de rotación 228 y 238 fijo con respecto a la pieza de conexión 301. Los basculadores 222 y 232 también están conectados respectivamente a las bielas 220 y 230 mediante una conexión de pivote alrededor del eje respectivo 223 y 233. Dos segundas piezas 224 y 234, tales como ruedas de ajuste, están conectadas cada una respectivamente con los basculadores 222 y 232. Estas segundas piezas están montadas alrededor de un eje respectivo 225 y 235 de manera que pueden girar alrededor de este eje. Los ejes de rotación son perpendiculares al plano de la figura y por lo tanto paralelos entre sí y al eje X. Las segundas piezas 224 y 234 son diametralmente opuestas una a otra y móviles.

Como para la primera parte 100, el movimiento de accionamiento de la horquilla 210 por el cilindro 22 acciona simultáneamente las bielas 220 y 230, después los basculadores 222 y 232, después las ruedas de ajuste 224 y 234 en un movimiento casi rectilíneo en la dirección del eje X. El cilindro 22 está configurado para desplazar las segundas piezas 224 y 234 entre dos posiciones, una primera posición escamoteada y una segunda posición abierta y viceversa.

La parte 200 está posicionada con respecto a la parte 100 de manera que los ejes centrales longitudinales respectivos de las dos partes estén alineados, y que los ejes de rotación 125, 135, 225 y 235 de las cuatro ruedas de ajuste 124, 134, 224 y 234, estén en el mismo plano XY perpendicular al eje longitudinal 3 del dispositivo de medición cuando están en su posición escamoteada. Estas características se ilustran en la figura 5, que representa una sección del dispositivo 10 según la invención a lo largo de un plano horizontal XY que pasa por los centros de los ejes de rotación de las ruedas de ajuste. Las piezas de conexión 301 se ven desde arriba y están representadas con líneas de puntos. Los ejes de rotación de las dos ruedas de ajuste 224 y 234 de la segunda parte 200 son perpendiculares a los ejes de rotación de las dos ruedas de ajuste 124 y 134 de la primera parte 100. Así, las dos ruedas de ajuste 124, 134 de la primera parte están alineadas sobre el primer eje X y son diametralmente opuestas una a otra con respecto al eje Z del tubo mientras que las dos ruedas de ajuste 224, 234 de la segunda parte están alineadas sobre el segundo eje Y y están diametralmente opuestas una a otra con respecto al eje Z del tubo. Las cuatro ruedas de ajuste están en su posición escamoteada en la figura 5.

La posición de las ruedas de ajuste se mide utilizando los sensores de posición 16 y 26. Cada sensor 16 y 26 está acoplado respectivamente con un imán 14 y 24, fijado al vástago pasante del cilindro 12 y 22. Así, el desplazamiento del imán 14, proporcional al desplazamiento de las ruedas de ajuste 124 y 134 es convertido en una señal eléctrica por el sensor 16 y transmitido a la interfaz de control y accionamiento 36 mediante una conexión eléctrica ubicada en el cable umbilical 35. Asimismo, el desplazamiento del imán 24, proporcional al desplazamiento de las ruedas de ajuste 224 y 234 es convertido en una señal eléctrica mediante el sensor 26 y transmitido a la interfaz de control y accionamiento 36. Las ruedas de ajuste de cada una de las partes 100 y 200 se desplazan simultánea y simétricamente con respecto al eje longitudinal 3, la medida del desplazamiento de las ruedas de ajuste 224 y 234 debe interpretarse como la medida del desplazamiento de una de las dos ruedas de ajuste 224 o 234. Asimismo, la medida del desplazamiento de las ruedas de ajuste 124 y 134 debe interpretarse como la medida del desplazamiento de una de las dos ruedas de ajuste 124 o 134.

Preferentemente, la anchura de las ruedas de ajuste es del orden de 10 mm y su superficie de rodadura comprende unos bordes redondeados para adaptarse a la superficie interna cilíndrica del tubo.

El resto de la descripción describe las etapas de funcionamiento del dispositivo según la invención. El accionamiento y el control del dispositivo se lleva a cabo desde el exterior a partir de la interfaz de control y accionamiento 36.

El dispositivo de medición 10 se hace descender en el pozo perforado o en el pozo a sondear. Preferentemente, durante el descenso del dispositivo, las ruedas de ajuste están en su posición escamoteada. Las mediciones se realizan cuando el dispositivo de medición está parado. Cuando el dispositivo está a la altura deseada, se detiene, se accionan los cilindros 12 y 22 de manera que se saque su vástago en un movimiento de extensión y por la holgura de las piezas móviles descrita anteriormente, las ruedas de ajuste se sacan hasta que su superficie de rodadura entra en contacto con la superficie interna del tubo 32 como se puede ver en la figura 6.

En esta posición, las ruedas de ajuste se apoyan contra la superficie interna del tubo 32 según cuatro puntos o líneas de apoyo equidistantes situados en un mismo plano. La interfaz de control y accionamiento registra la posición de las ruedas de ajuste 124 y 134, esta posición servirá como posición de referencia en el eje X, anotada como Dx0. La posición de las ruedas de ajuste 224 y 234 también se registra y sirve como posición de referencia de las ruedas en el eje Y, se anota Dy0. Las posiciones de referencia de las cuatro ruedas de ajuste corresponden a una deformación nula según los dos ejes.

Después, se activa el cilindro 12 en un movimiento de extensión para poner en movimiento las primeras piezas o ruedas de ajuste 124 y 134 y para que ejerzan una presión nominal comprendida entre 15 y 40 bares (1 bar = 100 kPa) según las dos direcciones del eje X en las paredes internas del tubo. Asimismo, el cilindro 22 se activa en un movimiento de extensión en las dos direcciones del eje Y, y la presión ejercida por el cilindro 22 es mínima y suficiente para mantener el contacto de las piezas móviles o ruedas de ajuste 224 y 234 sobre la superficie interna del tubo. Durante las etapas de medición, la presión ejercida por las ruedas de ajuste 224 y 234 es por lo tanto una presión de apoyo suficiente para mantener el contacto de la superficie de rodadura de las ruedas con la superficie interna del tubo, esta presión de apoyo es del orden de 1 bar (1 bar = 100 kPa).

La posición de las ruedas de ajuste se mide directamente mediante los sensores de posición. En el caso que la cimentación está ausente en el espacio anular, el tubo se volverá ovalado. En efecto, a lo largo del eje X, el diámetro del tubo tenderá a aumentar mientras que a lo largo del eje Y, el diámetro del tubo tenderá a disminuir. En consecuencia, para la primera parte 100, el sensor de posición 16 acoplado con el imán 14 mide la deformación del tubo 32 hacia el exterior a lo largo de un primer eje anotado X bajo la presión ejercida por las dos ruedas de ajuste 124 y 134. Para la segunda parte 200, el sensor de posición 26 acoplado con el imán 26 mide la deformación del tubo hacia el interior según un segundo eje anotado Y perpendicular al primero y situado en el mismo plano del primero, bajo la presión ejercida por las dos ruedas de ajuste 124 y 134. La deformación del tubo hacia el interior corresponde a la ovalización del tubo. El desplazamiento o distancia recorrida por las ruedas de ajuste a lo largo del eje X es una extensión, anotada Dx, y el desplazamiento o la distancia recorrida por las ruedas de ajuste según el eje Y es un estrechamiento anotado Dy como se puede ver en la figura 7. La presión de apoyo de las ruedas de ajuste 214 y 234 dirigida hacia el exterior no impide que las ruedas de ajuste se desplacen hacia el interior (por lo tanto en dirección opuesta con respecto a la fuerza de presión) bajo el efecto de la ovalización del tubo.

En un primer tiempo, una presión nominal, preferentemente comprendida entre 15 y 30 bares (1 bar = 100 kPa) se ejerce a lo largo del eje X por las dos ruedas de ajuste 124 y 134, y se mide el desplazamiento de las ruedas de ajuste. Según la figura 7, el tubo 32 se muestra dos veces, una vez en línea de puntos en su posición de origen circular como se muestra en la figura 6 y otra vez en línea continua cuando una presión es ejercida por las dos ruedas de ajuste 124 y 134.

La presión nominal a aplicar puede depender de las dimensiones del tubo a analizar. Es entonces necesaria una etapa de calibración del dispositivo. Esta etapa consiste en determinar sobre un tubo de mismas dimensiones (diámetro exterior e interior y grosor) situado al aire libre, la presión necesaria para obtener un desplazamiento Dx igual a 2 mm. La presión obtenida se toma como presión nominal P1 en el resto del procedimiento de

funcionamiento. La presión nominal P1 está generalmente comprendida entre 15 bares y 30 bares, y preferentemente es igual a 20 bares (1 bar = 100 kPa).

Las primeras etapas de funcionamiento del dispositivo según la invención comprenden las siguientes etapas:

- a) bajar el dispositivo de medición 10 en el pozo perforado 31,
- b) detener el dispositivo a la altura deseada para realizar la medición,
- c) poner en movimiento las primeras piezas 124, 134 y las segundas piezas 224, 234 para ponerlas en contacto con la superficie interna del tubo y asociar esta posición correspondiente a una deformación nula y a una medida de referencia Dx0 y Dy0,
- d) poner en movimiento las primeras piezas 124, 134 hasta que dichas piezas ejerzan una presión nominal, preferentemente comprendida entre 15 bares y 30 bares sobre la superficie interna del tubo,
- e) captar la posición de las primeras piezas 124, 224 para deducir la medida de la distancia Dx de deformación del tubo hacia el exterior a lo largo del primer eje X utilizando la medida de referencia,
- f) captar la posición de las segundas piezas 224, 234 para deducir la medida de la distancia Dy de deformación del tubo hacia el interior a lo largo del primer eje Y utilizando la medida de referencia.

Si el desplazamiento medido Dx, por lo tanto a lo largo del eje X, es mayor o igual a 1,5 mm y menor o igual a tres veces el desplazamiento Dy a lo largo del eje Y, es decir $Dx \leq 3 \times Dy$, entonces se puede concluir que el espacio anular entre el tubo y la roca no se ha rellenado con un material tal como cemento o gravas o arena, por lo tanto el espacio anular está vacío. Se puede concluir que el pozo perforado no es conforme.

Es en el caso de ausencia total de material en el espacio anular cuando la ovalización del tubo es más significativa. Se puede observar al soltar la presión que el tubo vuelve a su forma inicial. Las deformaciones del tubo fueron elásticas.

Si el desplazamiento medido Dx, por lo tanto a lo largo del primer eje X, es estrictamente menor que 1,5 mm, o si el desplazamiento medido Dx es estrictamente mayor que tres veces el desplazamiento según Y, es decir $Dx > 3 \times Dy$, se considera entonces que el espacio anular se ha rellenado. Para determinar si el espacio anular se ha rellenado con un material duro y estanco tal como cemento o con otro material no estanco tal como gravas o arena, se repiten las etapas d), e) y f) con una presión P2 igual a dos veces la presión nominal P1. La presión ejercida por las dos primeras piezas 124 y 134 se aumenta hasta 2 veces la presión nominal P1. Se mide entonces la posición de las ruedas de ajuste según X e Y.

Habiendo repetido las etapas d), e) y f) con una presión P2 igual a dos veces la presión nominal P1, si el desplazamiento Dx es mayor o igual a 1,5 mm y mayor o igual a tres veces el desplazamiento según Y, es decir, $Dx \geq 1,5 \text{ mm}$ y $Dx \geq 3 \times Dy$, entonces se puede concluir que el espacio anular se ha rellenado con un material no estanco tal como gravas o arena. Se puede concluir que el pozo perforado no es conforme.

Si el desplazamiento Dx es estrictamente menor que 1,5 mm o si el desplazamiento Dx es estrictamente menor que tres veces el desplazamiento según Y, entonces se repiten las etapas d), e) y f) con una presión P1 igual a dos veces la presión nominal.

Después, si se repiten las etapas d), e) y f) con una presión P1 igual a dos veces la presión nominal y que el desplazamiento medido Dx es menor que 1,5 mm entonces se puede concluir que el espacio anular entre el tubo y la roca se ha rellenado con un material estanco tal como cemento.

En el caso de presencia de arena o gravas, es más difícil deformar el tubo, por lo que incluso a una presión mayor que dos veces la presión nominal la deformación del tubo en presencia de gravas o arena será menos significativa que la obtenida con dos veces la presión nominal cuando el espacio anular está vacío. La ovalización del tubo es menos importante ya que la deformación del tubo a lo largo del eje X es más una deformación plástica que una deformación elástica. Además, se puede observar que al soltar la presión el tubo no vuelve a su forma inicial. Esto se debe en parte a que la deformación no es totalmente elástica y también a que las gravas o los granos de arena se han movido durante la presión ejercida y han rellenado el espacio formado por el estrechamiento del diámetro del tubo según el segundo eje Y.

Las diferentes etapas de funcionamiento del dispositivo se ejecutan a partir del microprocesador y del programa de control y accionamiento 38, de manera manual o de manera automática.

El procedimiento de funcionamiento del dispositivo de medición según la invención es válido sobre cualquier tipo de dimensión de tubo para pozos perforados, por ejemplo es válido para tubos cuyos diámetros internos y externos

son: 112 mm y 125 mm, 115 mm y 125 mm, 117 mm y 125 mm, y más generalmente para tubos cuyo grosor está comprendido entre 2 mm y 10 mm, y en particular comprendido entre 4 mm y 6,5 mm.

- 5 El procedimiento de funcionamiento del dispositivo según la invención tiene la ventaja de proporcionar un procedimiento eficaz y fiable para determinar la conformidad de un pozo perforado, y en particular si el pozo perforado se ha construido de manera que aisle herméticamente las diferentes capas de formaciones atravesadas sin consecuencias perjudiciales para el medioambiente.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de medición (10) destinado a ser utilizado en un pozo perforado (31) provisto de un tubo (32), estando compuesto dicho dispositivo por dos partes (100) y (200), comprendiendo la primera parte (100) unas primeras piezas (124, 134) móviles entre dos posiciones y adaptadas para apoyarse contra la superficie interna del tubo a lo largo de un primer eje, unos medios adaptados para poner en movimiento las primeras piezas (124, 134) de manera que dichas primeras piezas ejerzan una presión sobre la superficie interna del tubo capaz de deformar el tubo en ausencia de cimentación en el espacio anular (33) entre la roca (34) y el tubo, y unos medios (14, 16) para medir la deformación del tubo hacia el exterior a lo largo del primer eje,

caracterizado por que la segunda parte (200) comprende unas segundas piezas (224, 234) en contacto con la superficie interna del tubo a lo largo de un segundo eje perpendicular al primer eje y ubicado en el mismo plano, unos medios adaptados para poner en movimiento dichas segundas piezas (224, 234) de manera que se mantenga este contacto, y unos medios (24, 26) para medir la deformación del tubo hacia el interior según el segundo eje.

2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que los medios adaptados para poner en movimiento las primeras piezas (124, 134), comprenden un cilindro neumático (12) alimentado por lo menos por un compresor situado en el exterior del pozo, siendo el vástago de dicho cilindro solidario de una horquilla (110), dos bielas (120, 130) montadas de manera pivotante respectivamente alrededor de un eje (121, 131) ubicadas en el extremo de la horquilla (110), dos basculadores (122, 132) montados de manera pivotante respectivamente alrededor de un eje (128) y (138) fijo, estando también conectados los basculadores (122, 132) respectivamente con las bielas (120, 130) mediante una conexión de pivote respectivamente alrededor de un eje (123) y (133).

3. Dispositivo según la reivindicación 2, en el que las primeras piezas (124, 134) son dos ruedas de ajuste conectadas cada una respectivamente con los basculadores (122) y (132) por un eje de rotación (125) y (135) de manera que puedan girar alrededor de este eje, siendo dichos ejes paralelos entre sí y al eje Y, y estando las dos ruedas de ajuste (124, 134) diametralmente opuestas una a otra.

4. Dispositivo según una de las reivindicaciones 2 o 3, en el que los medios para medir la deformación del tubo hacia el exterior a lo largo del primer eje comprenden un sensor de posición (16), un imán (14) acoplado con dicho sensor y fijado al vástago del cilindro (12), siendo el desplazamiento de dicho imán, que es proporcional al desplazamiento de las primeras piezas (124 y 134), convertido en una señal eléctrica por el sensor (16) y transmitido a una interfaz de control y accionamiento (36) ubicada en el exterior del pozo perforado mediante una conexión eléctrica ubicada en un cable umbilical (35).

5. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que los medios adaptados para poner en movimiento las segundas piezas (224, 234), comprenden un cilindro neumático (22) alimentado por lo menos por un compresor situado en el exterior del pozo, siendo el vástago de dicho cilindro solidario con una horquilla (210), dos bielas (220, 230) montadas de manera pivotante respectivamente alrededor de un eje (221, 231) ubicado en el extremo de la horquilla (210), dos basculadores (222, 232) montados de manera pivotante respectivamente alrededor de un eje (228) y (238) fijo, estando también conectados los basculadores (222, 232) respectivamente con las bielas (220, 230) mediante una conexión de pivote respectivamente alrededor de un eje (223) y (233).

6. Dispositivo según la reivindicación 5, en el que las segundas piezas (224, 234) son dos ruedas de ajuste conectadas cada una respectivamente con los basculadores (222) y (232) por un eje de rotación (225) y (235) de manera que puedan girar alrededor de este eje, siendo dichos ejes paralelos entre sí y al eje X, y estando las dos ruedas de ajuste (224, 234) diametralmente opuestas una a otra.

7. Dispositivo según una de las reivindicaciones 5 o 6, en el que los medios para medir la deformación del tubo hacia el interior según el segundo eje comprenden un sensor de posición (26), un imán (24) acoplado con dicho sensor y fijado al vástago del cilindro (22), siendo el desplazamiento de dicho imán, que es proporcional al desplazamiento de las segundas piezas (224 y 234), convertido en una señal eléctrica por el sensor (26) y transmitido a una interfaz de control y accionamiento (36) ubicada en el exterior del pozo perforado mediante una conexión eléctrica ubicada en un cable umbilical (35).

8. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que dichas primeras y segundas piezas, dichos medios para poner en movimiento dichas primeras y segundas piezas y dichos medios para medir las deformaciones del tubo, están conectados entre sí y fijados a una estructura rígida compuesta por una pluralidad de piezas de conexión circulares (301) y de tirantes (309) de manera que el dispositivo de medición (10) encaje en un cilindro.

9. Dispositivo según la reivindicación 8, en el que las primeras piezas (124, 134) y las segundas piezas (224, 234) pueden desplazarse entre una primera posición escamoteada y una segunda posición abierta y viceversa, estando dichas piezas en la posición escamoteada cuando el vástago del cilindro (12), y respectivamente (22), está recogido al máximo, en esta posición escamoteada, dichas piezas quedan situadas en el interior del dispositivo de medición, es decir en el interior del cilindro en el que encaja el dispositivo.

10. Dispositivo según la reivindicación 9, en el que los ejes de rotación (125, 135, 225 y 235) de las cuatro piezas (124, 134, 224 y 234) están en un mismo plano XY perpendicular al eje longitudinal del dispositivo de medición cuando están en su posición escamoteada.

11. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 10 en el que el tubo (32) está realizado de un material de módulo de Young comprendido entre 0 y 5 GPa.

12. Procedimiento de funcionamiento de un dispositivo de medición (10) que comprende dos primeras piezas (124, 134) móviles entre dos posiciones y alineadas sobre un primer eje X, y dos segundas piezas (224, 234) móviles entre dos posiciones y alineadas sobre un segundo eje Y perpendicular al primero, estando dichas cuatro piezas adaptadas para apoyarse contra la superficie interna de un tubo (32) según cuatro puntos de apoyo equidistantes y situados en un mismo plano, unos medios adaptados para poner en movimiento las piezas móviles de manera que dichas piezas ejerzan una presión sobre la superficie interna del tubo, y unos sensores de posición (14, 24) para medir las deformaciones del tubo en las dos direcciones de los ejes perpendiculares X e Y, caracterizado por que comprende las siguientes etapas:

- a) bajar el dispositivo de medición (10) en el pozo perforado,
- b) detener el dispositivo a la altura deseada para realizar la medición,
- c) poner en movimiento las primeras piezas (124, 134) y las segundas piezas (224, 234) para ponerlas en contacto con la superficie interna del tubo y asociar esta posición a una deformación nula y a una medida de referencia Dx_0 y Dy_0 ,
- d) poner en movimiento las primeras piezas (124, 134) hasta que dichas piezas ejerzan una presión nominal P_1 comprendida entre 15 bares y 30 bares sobre la superficie interna del tubo,
- e) captar la posición de las primeras piezas (124, 224) para deducir la medida de la distancia Dx de deformación del tubo hacia el exterior a lo largo del primer eje X utilizando la medida de referencia,
- f) captar la posición de las segundas piezas (224, 234) para deducir la medida de la distancia Dy de deformación del tubo hacia el interior a lo largo del segundo eje Y utilizando la medida de referencia.

13. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que si el desplazamiento medido Dx es mayor o igual a 1,5 mm y el desplazamiento Dy es menor o igual a 3 veces el desplazamiento Dy , entonces se puede concluir que el espacio anular entre el tubo y la roca no se ha rellenado con materiales tales como cemento o gravas o arena; en el caso contrario se repiten las etapas d), e) y f) con una presión P_2 igual a dos veces la presión nominal P_1 .

14. Procedimiento según la reivindicación 13, en el que si se repiten las etapas d), e) y f) con una presión P_2 igual a dos veces la presión nominal P_1 , el desplazamiento medido Dx es mayor o igual a 1,5 mm y el desplazamiento Dy es mayor o igual a 3 veces el desplazamiento Dy , entonces se puede concluir que el espacio anular entre el tubo y la roca se ha rellenado con materiales no estancos tales como gravas o arena; de lo contrario se repiten las etapas d), e) y f) con una presión P_3 igual a tres veces la presión nominal P_1 .

15. Procedimiento según la reivindicación 14, en el que si se repiten las etapas d), e) y f) con una presión P_3 igual a tres veces la presión nominal P_1 y el desplazamiento medido Dx es menor que 1,5 mm entonces se puede concluir que el espacio anular entre el tubo y la roca se ha rellenado con un material estanco tal como cemento.

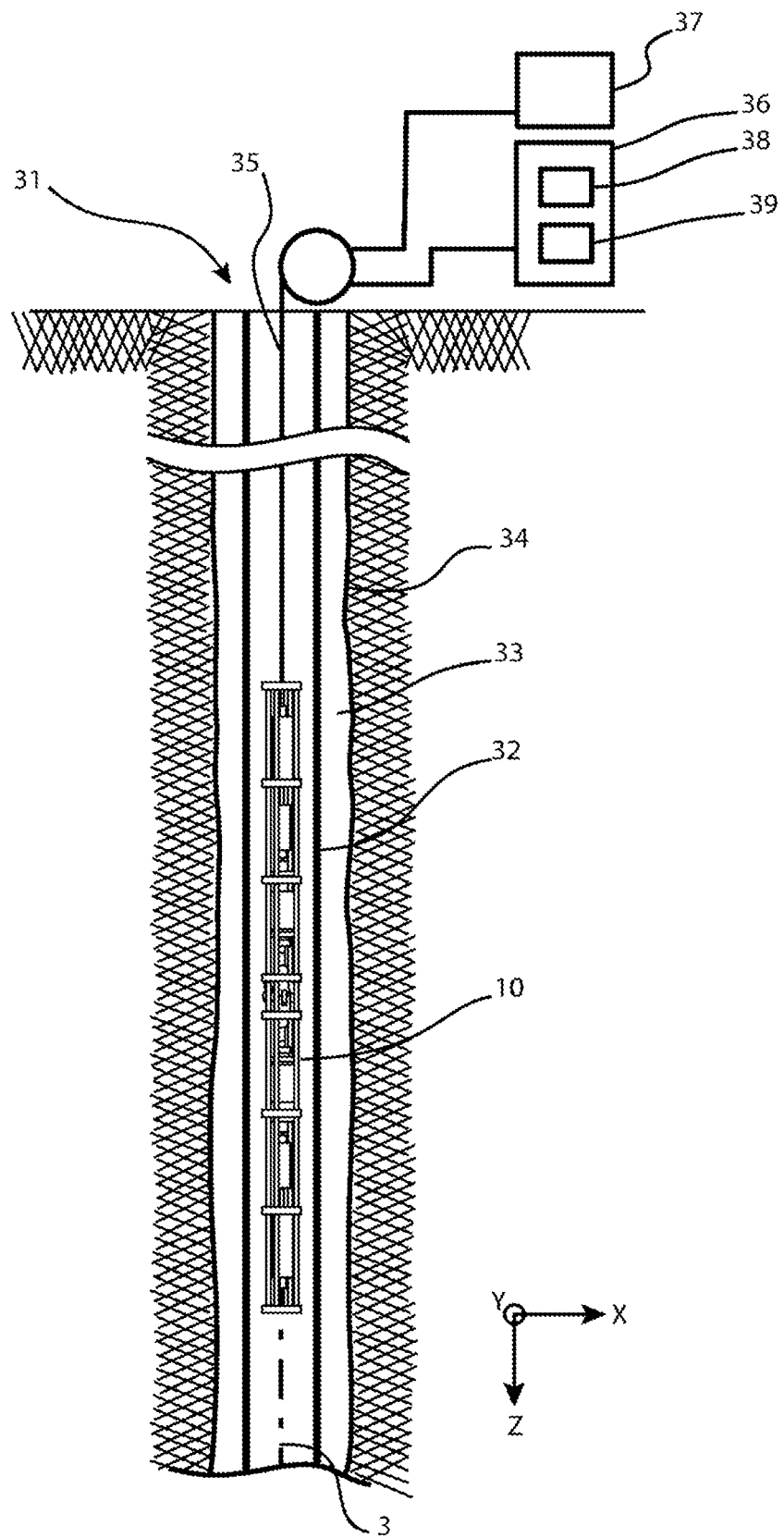


Figura 1

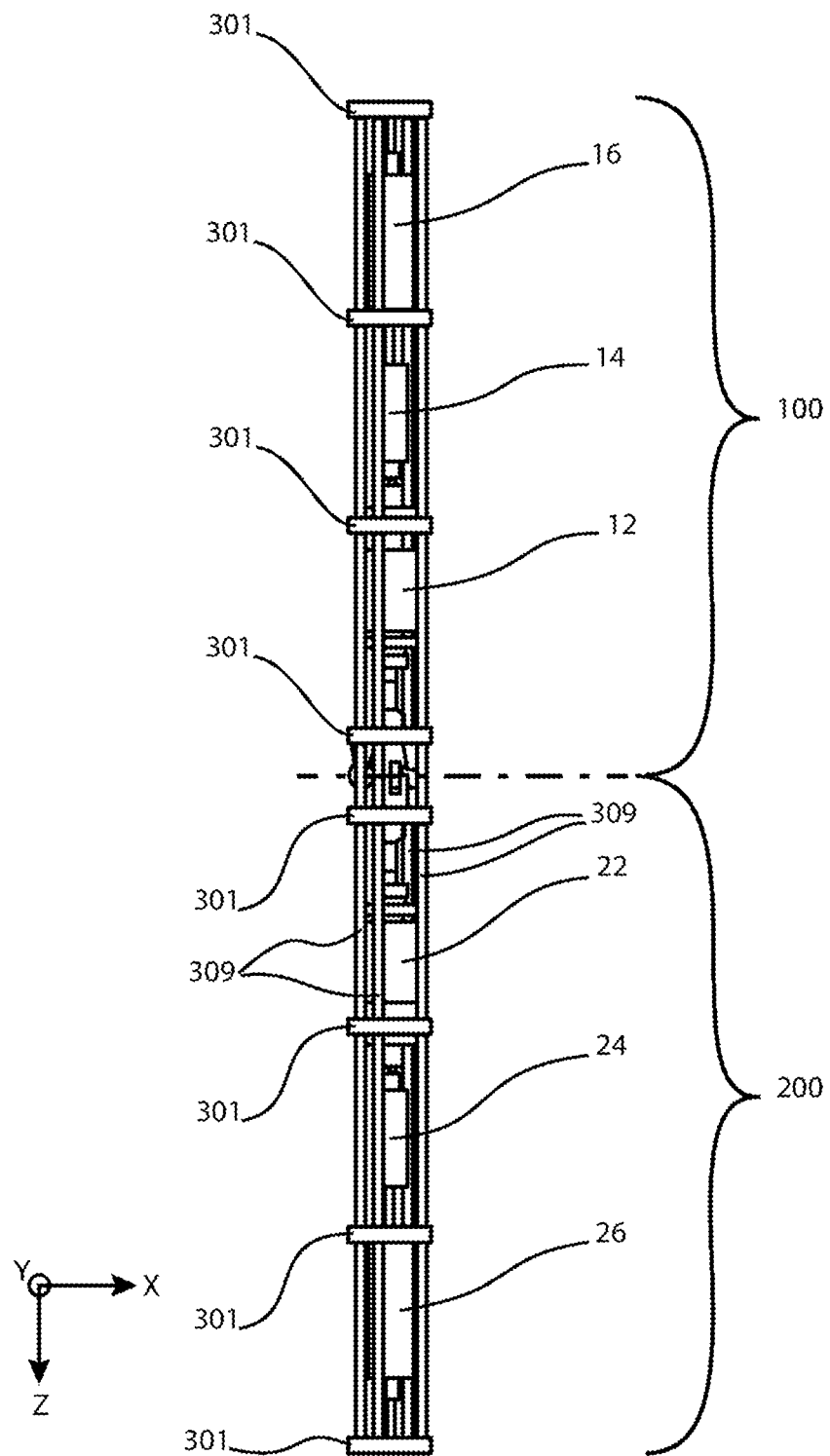
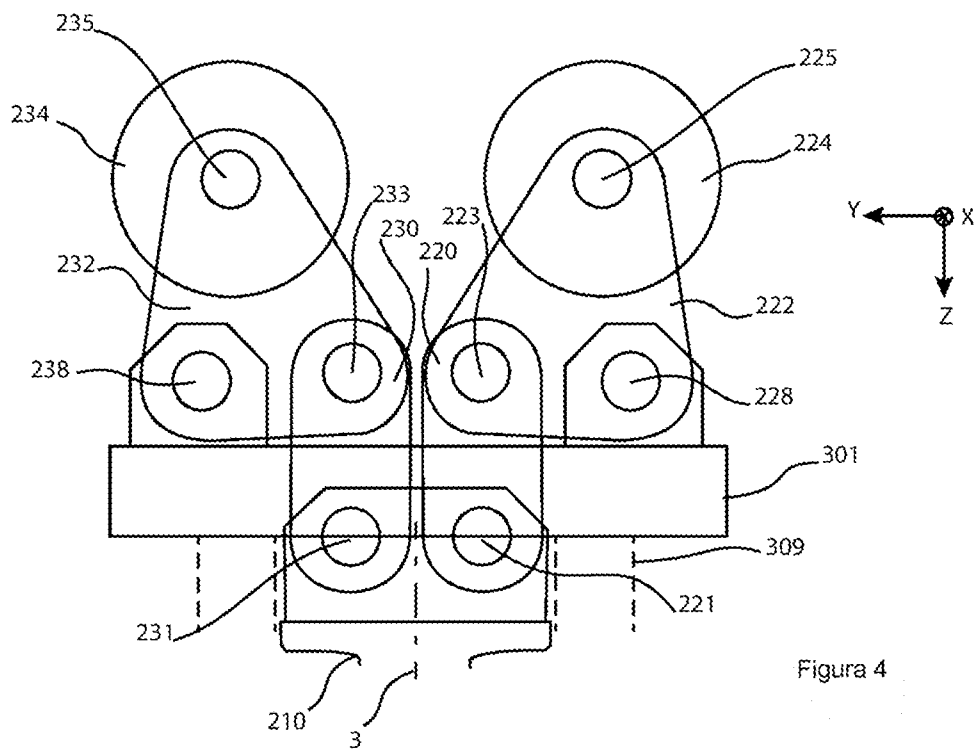
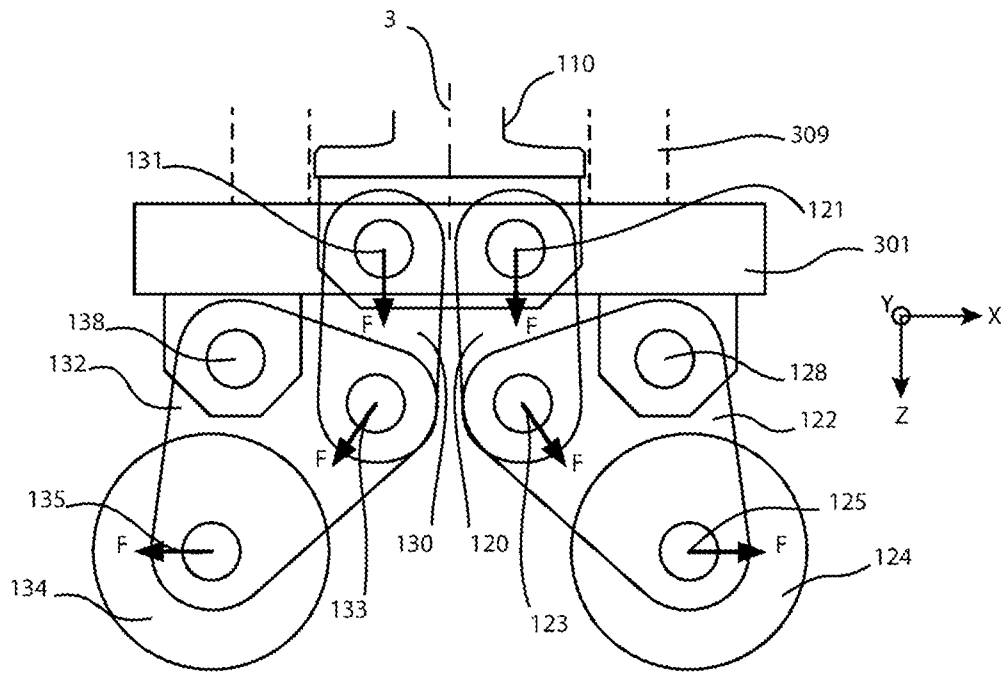


Figura 2



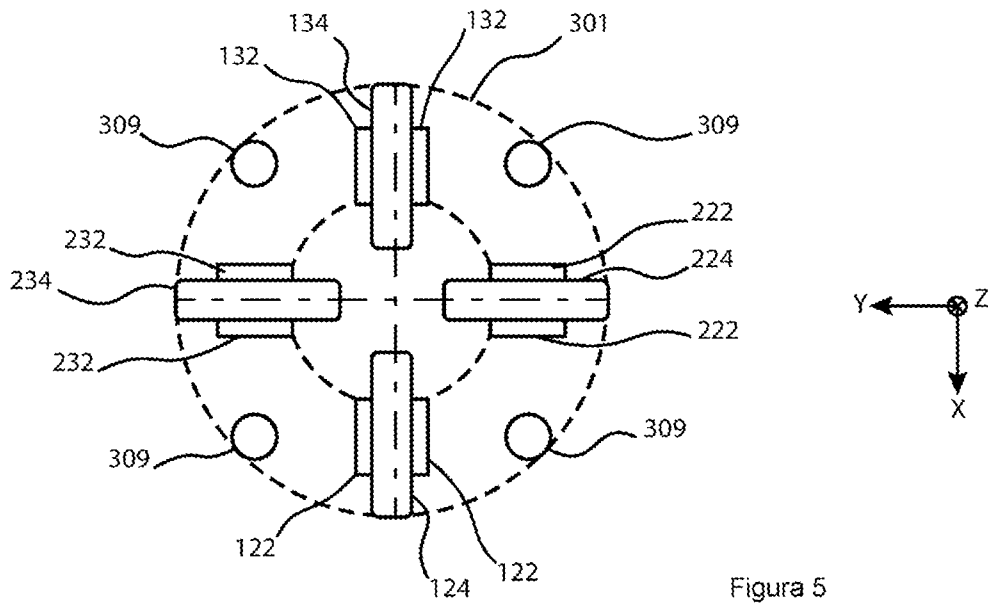


Figura 5

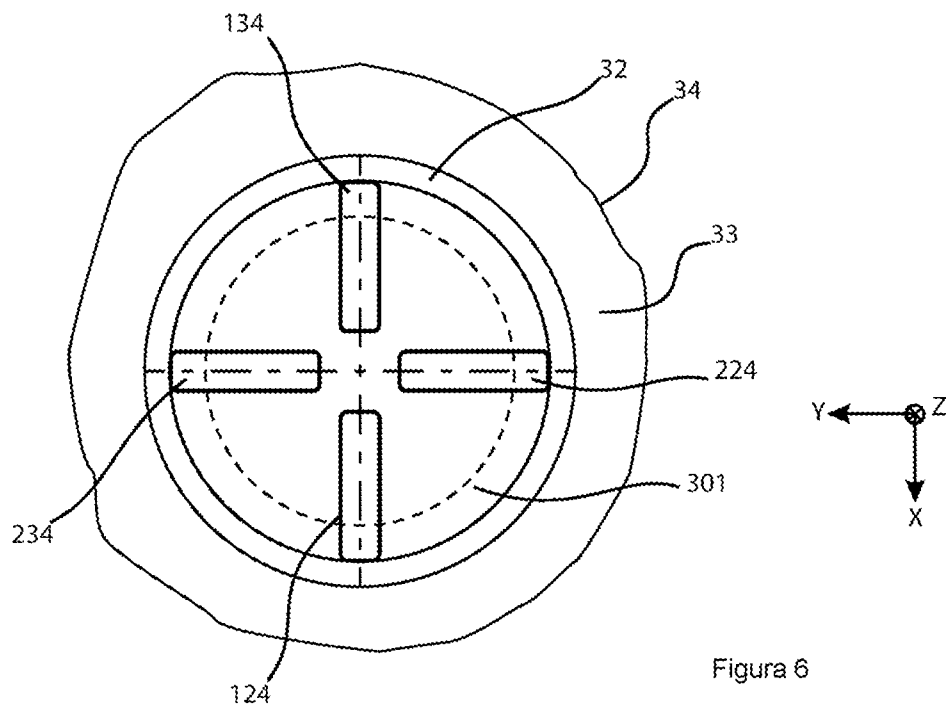


Figura 6

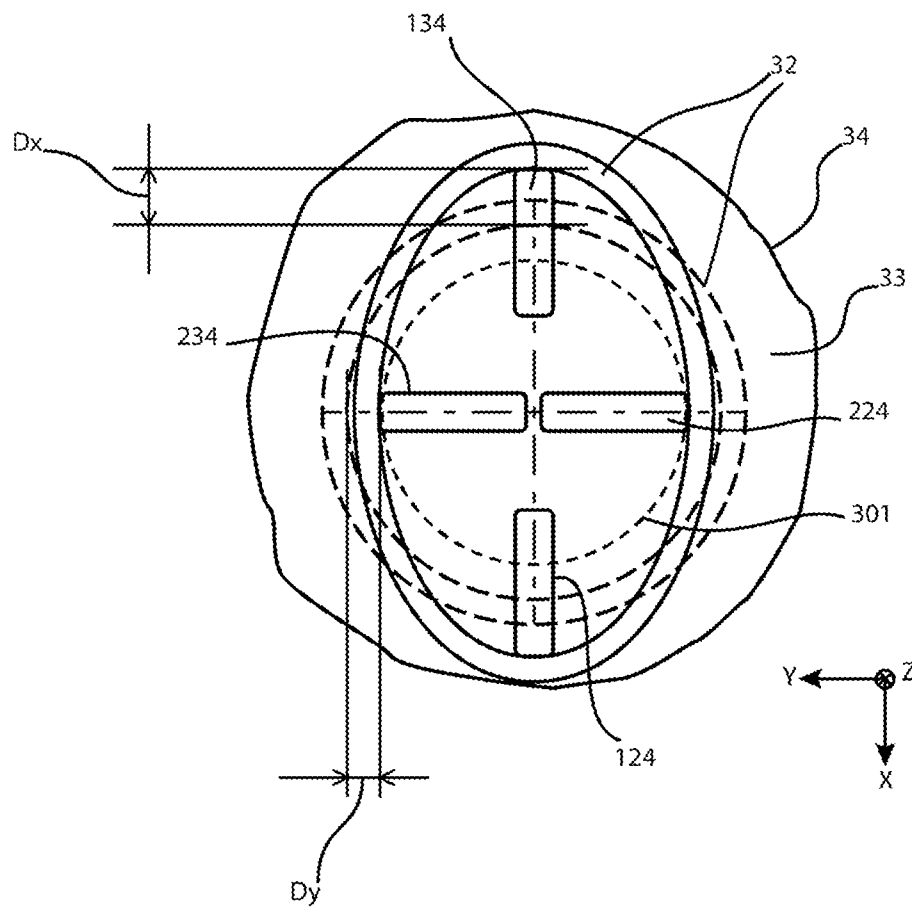


Figura 7