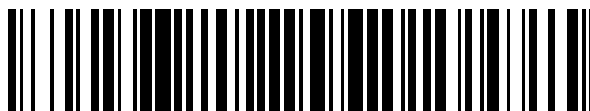


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 653 849**

51 Int. Cl.:

E21B 25/16 (2006.01)

E21B 49/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.03.2008** **PCT/AU2008/000395**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.09.2008** **WO08113127**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2008** **E 08714440 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2017** **EP 2134921**

54 Título: **Una herramienta de orientación de testigos**

30 Prioridad:

19.03.2007 AU 2007901412 P

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

09.02.2018

73 Titular/es:

**IMDEX GLOBAL B.V. (100.0%)
Herikerbergweg 238
1101 CM Amsterdam, Zuidoost , NL**

72 Inventor/es:

**BEACH, ANDREW;
BEACH, SHAYNE y
MCLEOD, GAVIN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 653 849 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

Una herramienta de orientación de testigos

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una herramienta de orientación de testigos que puede proporcionar características direccionales de una muestra de un testigo geológico extraído desde el subsuelo.

Antecedentes de la invención

10 El muestreo de testigos se utiliza para facilitar el estudio geológico del subsuelo con diversos fines, que incluyen la exploración y/o la explotación minera. Un análisis del material dentro de la muestra de un testigo proporciona información de la composición del subsuelo. No obstante, con el fin de interpretar con precisión la información obtenida a partir de la muestra de un testigo, es necesario conocer la orientación de la muestra de un testigo con relación al subsuelo del cual se extrajo.

15 El solicitante ha desarrollado numerosos dispositivos, sistemas y métodos para orientar una muestra de un testigo que incluyen un método de orientación de una muestra de un testigo descrito en la solicitud de patente australiana en tramitación n.º 2006901298; un cabezal de orientación descrito en la publicación internacional n.º WO 07/109848; un sistema de orientación de un testigo descrito en la publicación internacional n.º WO 07/1137356; y un dispositivo de orientación para una muestra de un testigo descrito en la publicación internacional n.º WO 03/038232; además del documento GB 2.318.372 se conoce una herramienta de orientación de testigos de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. La presente invención es el resultado de una investigación y desarrollo ulterior del solicitante en el campo de la orientación de testigos. En las reivindicaciones de esta solicitud y en la descripción de la invención, excepto donde el contexto requiera lo contrario debido a un lenguaje expreso o una implicación necesaria, el término "comprenden" o las variaciones tales como "comprende" o "que comprende" se utilizan con un sentido inclusivo, es decir, para especificar la presencia de las características enunciadas pero sin excluir la presencia o el añadido de características adicionales en diversas realizaciones de la invención.

Compendio de la invención

25 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se da a conocer una herramienta de orientación de testigos para proporcionar una indicación de la orientación *in situ* de una muestra de un testigo extraída de un pozo mediante una barrena de testigos, donde la herramienta comprende:

30 un sistema electrónico de orientación acoplado a la barrena de testigos, donde el sistema electrónico de orientación se configura, tras recibir una señal de activación, de modo que registre una o más primeras indicaciones de orientación de la herramienta; y,

un sistema de activación que proporciona la señal de activación tras detectar uno o más eventos de fondo de pozo asociados con el funcionamiento de la barrena de testigos.

35 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se da a conocer una herramienta de orientación de testigos para proporcionar una indicación de la orientación *in situ* de una muestra de un testigo extraída de un pozo mediante una barrena de testigos, donde la herramienta comprende:

un sistema electrónico de orientación acoplado a la barrena de testigos, donde el sistema electrónico de orientación se configura, tras recibir una señal de activación, de modo que registre una o más primeras indicaciones de orientación de la herramienta; y,

40 un sistema de activación que proporciona la señal de activación tras uno o ambos de (a) detectar uno o más eventos de fondo de pozo asociados con el funcionamiento de la barrena de testigos, y (b) expiración de un tiempo.

De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, se da a conocer una herramienta de orientación de testigos para proporcionar una indicación de la orientación *in situ* de una muestra de un testigo extraída de un pozo mediante una barrena de testigos, donde la herramienta comprende:

45 un sistema electrónico de orientación acoplado a la barrena de testigos, donde el sistema electrónico de orientación se configura de modo que registre una o más primeras indicaciones de orientación de la herramienta; y,

un sistema de activación que proporciona una señal de activación tras detectar uno o más eventos de fondo de pozo asociados con el funcionamiento de la barrena de testigos; y,

50 Donde la herramienta se configura de modo que asocie la o las primeras indicaciones de orientación con la señal de activación.

La señal de activación puede ser una de una pluralidad de señales de activación. Además, la herramienta se puede configurar además de modo que registre unas primeras indicaciones diferentes de orientación, por ejemplo, inclinación, alabeo y azimut, tras la recepción de señales de activación diferentes.

5 El o los eventos de fondo de pozo pueden comprender los eventos físicos respectivos que surgen por el movimiento de la herramienta o la barrena en el pozo.

Por ejemplo, el movimiento puede comprender uno o una combinación de:

- (a) un movimiento en una dirección ascendente;
- (b) un cambio de movimiento, de movimiento que tiene una componente lineal en una dirección descendente a movimiento que no tiene componente lineal;
- 10 (c) un cambio de movimiento, de movimiento en una dirección descendente a movimiento en una dirección ascendente;
- (d) un cambio de movimiento, de movimiento no lineal a movimiento en una dirección ascendente;
- (e) un cambio de las características del movimiento vibratorio de la herramienta o la barrena que surgen por el cese o comienzo de la perforación;
- 15 (f) un cambio de velocidad del movimiento lineal de la herramienta; y,
- (g) un cambio de velocidad de giro o dirección de la rotación alrededor del eje longitudinal, lateral o normal de la herramienta.
- (h) cualquier cambio de velocidad vectorial (velocidad y/o dirección de movimiento).

20 La señal de activación se puede proporcionar tras detectar una secuencia predeterminada de eventos de fondo de pozo, tales como un cese de la perforación seguido por el movimiento de la herramienta en una dirección ascendente.

La secuencia de eventos puede comprender además el comienzo de la perforación antes del cese de la perforación.

Otros eventos de fondo de pozo que se pueden detectar mediante el dispositivo de orientación electrónico y que se pueden utilizar a la hora de generar la señal de activación comprenden:

- 25 (a) detectar el contacto de un conjunto de extremo posterior, al cual está acoplado la herramienta, que golpea un anillo de apoyo en la barrena de testigos;
- (b) el conjunto de extremo posterior que golpea una capa freática, en el caso de que la barrena trabaje en el pozo por debajo de la capa freática.
- (c) detectar la liberación del conjunto de extremo posterior de una línea cableada cuando se introduce inicialmente un tubo de testigos en la barrena de testigos;
- 30 (d) la barrena de testigos señala una base del agujero;
- (e) un pescador de agarre externo que golpea y se engancha al conjunto de extremo posterior;
- (f) la recuperación del conjunto de extremo posterior desde el agujero perforado; y,
- (g) un cambio en el flujo de fluido a través o alrededor del conjunto de extremo posterior.

35 En lugar de utilizar los cambios detectados en las características de vibración de la herramienta, que tienen lugar cuando la barrena corta un testigo, la parada e inicio de la perforación se puede detectar mediante la determinación de la rotación real de la barrena de testigos utilizando sensores o dispositivos montados en un lado que rota del conjunto de extremo posterior o adyacentes a este. Dichos dispositivos pueden comprender un sensor de RPM inductivo, un acelerómetro o un giróscopo.

40 La herramienta 10 se puede configurar además de modo que registre o grabe el tiempo entre uno o más de los eventos de fondo de pozo, por ejemplo, el tiempo entre el cese de la perforación y el movimiento en una dirección ascendente; y/o el tiempo entre el cese de la perforación y el envío de la señal de activación. Dicha información puede ser beneficiosa a la hora de lograr la precisión o grado de confianza en las lecturas de la orientación.

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención se da a conocer un sistema de recuperación de testigos para una barrena de testigos, que comprende:

45 un tubo de testigos que tiene un extremo superior y un extremo inferior, donde el extremo inferior está provisto de una abertura para recibir una muestra de un testigo cortada mediante la barrena de testigos; y,

Una herramienta de orientación de testigos de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención, donde la herramienta de orientación de testigos está acoplada al tubo de testigos en una ubicación antes del extremo inferior del tubo de testigos.

- 5 El sistema de recuperación de testigos puede comprender además un conjunto de extremo posterior acoplado al extremo superior del tubo de testigos, y donde la herramienta de orientación de testigos se fija al conjunto de extremo posterior antes del extremo superior del tubo de testigos.

Un aspecto adicional de la presente invención da a conocer un método de registro de la orientación *in situ* de una muestra de un testigo extraído del terreno mediante una barrena de testigos, que comprende:

- 10 acoplar un dispositivo electrónico de orientación de testigos, con una relación espacial conocida, a una muestra de un testigo cortada mediante la barrena de testigos;
- configurar el dispositivo electrónico de orientación de testigos de modo que registre una o más indicaciones de la orientación del dispositivo tras la recepción de una señal de activación; y,
- proporcionar la señal de activación tras detectar uno o más eventos de fondo de pozo asociados con el funcionamiento de la barrena de testigos.

- 15 Los eventos de fondo de pozo pueden ser indicativos de una rotura, o una rotura inminente, de un testigo.

Detectar el o los eventos de fondo de pozo puede comprender detectar un movimiento ascendente del dispositivo.

- 20 La detección del evento de fondo de pozo puede comprender detectar un cese de una perforación antes de detectar el movimiento ascendente del dispositivo. La detección puede comprender además detectar el comienzo de la perforación antes de detectar el cese de la perforación. Asimismo, la detección puede comprender detectar un cese del movimiento descendente del dispositivo antes de detectar el comienzo de la perforación.

En una realización, la herramienta comprende un interruptor que activa la herramienta, un dispositivo de fondo de pozo tal como un conjunto cilíndrico interno al cual está unido la herramienta o la barrena, que señala la base del pozo. El interruptor puede comprender un interruptor de efecto Hall, un interruptor óptico, un interruptor de presión y un interruptor eléctrico que funciona mecánicamente.

- 25 Las primeras indicaciones de orientación pueden comprender una o una combinación de la inclinación del pozo, el azimut del pozo, la orientación del testigo, la inclinación del testigo y el azimut del testigo.

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención se da a conocer un sistema de recuperación de testigos para una barrena de testigos, que comprende:

- 30 un tubo interno de testigos que tiene un extremo superior y un extremo inferior opuesto provisto de una abertura para recibir un testigo cortado mediante la barrena de testigos; y,
- una herramienta de orientación de testigos acoplada al cilindro de testigos interno y que se puede mover en el interior del tubo interno de testigos en una dirección ascendente por contacto con el testigo, donde la herramienta de orientación de testigos comprende un dispositivo electrónico de orientación que tras recibir una señal de activación registra una o más primeras indicaciones de orientación de la herramienta;
- 35 un sistema de activación que proporciona la señal de activación al dispositivo electrónico de orientación; y
- Un dispositivo de orientación de caras de testigos que graba la orientación de rotación de una muestra de un testigo, donde el dispositivo electrónico de orientación está en una posición de rotación conocida con relación al dispositivo de orientación de caras de testigos.

- 40 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención se da a conocer un sistema de recuperación de testigos para una barrena de testigos, que comprende:

- un tubo de testigos que tiene un extremo superior y un extremo inferior opuesto provisto de una abertura para recibir una muestra de un testigo cortada mediante la barrena de testigos;
- 45 una herramienta de orientación de testigos acoplada al tubo interno de testigos y que se puede mover en el interior del cilindro de testigos interno en una dirección ascendente por contacto con la muestra de un testigo, donde la herramienta de orientación de testigos comprende un dispositivo electrónico de orientación que tras recibir una señal de activación registra una o más primeras indicaciones de orientación de la herramienta; y
- un sistema de activación que proporciona la señal de activación al dispositivo electrónico de orientación.

- 50 Un aspecto adicional de la presente invención da a conocer un aparato de orientación de testigos para proporcionar una indicación de la orientación de una muestra de un testigo extraída de un pozo mediante una barrena de testigos, donde el aparato comprende:

un dispositivo electrónico de orientación que tras recibir una señal de activación registra una o más primeras indicaciones de orientación de la herramienta;

un sistema de activación que proporciona la señal de activación al dispositivo electrónico de orientación; y

5 uno o más dispositivos secundarios de orientación que proporcionan una o más segundas indicaciones de orientación del testigo o del pozo, donde el dispositivo electrónico de orientación está en una posición de rotación con relación al o a los dispositivos secundarios de orientación.

10 El sistema de activación puede proporcionar la señal de activación en base a la expiración de un tiempo con respecto a un instante de referencia. Por ejemplo, el instante de referencia podría ser el instante en el que la herramienta se introduce en una barrena de testigos, o en un instante cuando el dispositivo de orientación de caras de testigos graba la orientación de la cara del testigo o después de esto.

En una realización alternativa, la señal de activación se transmite en múltiples ocasiones durante un período entre la inserción de la herramienta de orientación de testigos en la barrena de testigos y un instante después de que el dispositivo de orientación de caras de testigos grabe la orientación de la cara del testigo.

15 En una realización, el sistema de activación proporciona la señal de activación al dispositivo electrónico de orientación tras detectar uno o más eventos de fondo de pozo asociados con el funcionamiento de la barrena. El o los eventos de fondo de pozo pueden comprender uno o más eventos físicos que surgen por el movimiento de la herramienta en el pozo.

Descripción breve de los dibujos

20 Las realizaciones de la presente invención se describirán a continuación, a modo de ejemplo, haciendo referencia únicamente a los dibujos anexos, en los cuales:

la figura 1 es una representación esquemática de un conjunto cilíndrico interno y un tubo de testigos al cual está acoplado una realización de una herramienta de orientación de testigos;

la figura 2 es una vista con un corte de la herramienta de orientación de testigos y de las partes adyacentes del conjunto cilíndrico interno al cual está acoplada;

25 la figura 3 es una representación esquemática de un despiece parcial de una realización adicional de una herramienta de orientación de testigos de acuerdo con la presente invención;

la figura 4 es una representación de un despiece parcial de una tercera realización de la herramienta de orientación de testigos;

30 la figura 5 es una vista de una sección de la herramienta de orientación de testigos mostrada en la figura 4; y

la figura 6 representa la utilización de una plantilla para transferir las indicaciones de la orientación de un testigo capturadas por la herramienta a un testigo.

Descripción detallada de la realización preferida

35 En toda esta memoria descriptiva, el término "orientación" está pensado que signifique uno o más de "inclinación", "alabeo", y "azimut" de un aparato, herramienta, muestra de un testigo, pozo u otra estructura con relación a la cual se requieren o desean los datos de orientación.

Asimismo, la expresión "dispositivo electrónico de orientación" está pensado que denote un dispositivo o sistema electrónico que utiliza sensores y transductores electrónicos, tales como, aunque sin carácter limitante, acelerómetros, inclinómetros, giróscopos y magnetómetros.

40 En toda esta memoria descriptiva la expresión "dirección descendente" se concibe, a menos que el contexto sugiera claramente lo contrario, como una dirección que aumenta la distancia a lo largo del agujero desde un acoplamiento de conexión del agujero. Por tanto, por ejemplo, en un agujero perforado directamente hacia abajo en el terreno, la dirección descendente es la misma que la dirección de la aceleración gravitatoria. Mientras que, en un agujero hacia arriba, tal como uno perforado en una parte posterior de un túnel, la dirección descendente es una dirección opuesta a la dirección de la aceleración gravitatoria.

45 En toda esta memoria descriptiva la expresión "dirección ascendente" se concibe, a menos que el contexto sugiera claramente lo contrario, como una dirección que disminuye la distancia a lo largo del agujero desde el acoplamiento de conexión del agujero. Por tanto, por ejemplo, en un agujero perforado directamente hacia abajo en el terreno, la dirección ascendente es opuesta a la dirección de la aceleración gravitatoria. Mientras que, en un agujero hacia arriba, tal como uno perforado en una parte posterior de un túnel, la dirección ascendente es la misma que la dirección de la aceleración gravitatoria.

Las figuras 1 y 2 ilustran una realización de una herramienta de orientación de testigos 10 de acuerdo con la presente invención. La herramienta de orientación de testigos 10 se muestra asociada con un conjunto cilíndrico interno 11, que comprende un tubo de testigos 12, para recibir un testigo que se corta con una barrena de testigos, y un conjunto de extremo posterior 14, que está unido al tubo de testigos 12 para bajar y recuperar el tubo de testigos 12 desde la barrena de testigos. El tubo de testigos 12 tiene una construcción convencional mientras que el conjunto de extremo posterior 14 está modificado por la inclusión de un adaptador 16. La herramienta 10 está acoplada en un extremo a un obturador del tubo de testigos convencional 18 del conjunto de extremo posterior 14, donde el adaptador 16 se utiliza para acoplar un extremo opuesto de la herramienta 10 al resto del conjunto de extremo posterior 14. La herramienta 10 está en una relación espacial conocida o que se puede medir con el tubo de testigos 12. Asimismo, mientras la muestra de un testigo se fija mediante rotación en el interior del tubo de testigos 12, al menos justamente antes y durante el acto de rotura de un testigo, los datos de orientación relacionados con el tubo de testigos 12 se pueden relacionar con la orientación *in situ* de la muestra de un testigo.

La herramienta 10 comprende un dispositivo o sistema electrónico de orientación de testigos 20 alojado dentro de un cuerpo 22 que está acoplado a, y entre, el obturador del tubo de testigos 18 y el adaptador 16. El dispositivo electrónico de orientación de testigos 20 se configura de modo que registre una o más primeras indicaciones de la orientación de la herramienta (es decir, orientación del testigo) tras recibir una señal de activación. Para este fin, la herramienta 10 incluye un sistema de activación 24 que proporciona la señal de activación tras detectar uno o más eventos de fondo de pozo asociados con el funcionamiento de la barrena de testigos. Estos eventos se pueden relacionar en particular con la función de rotura de testigos de la barrena de testigos y/o con diversas secuencias de eventos esperados antes de la rotura del testigo.

El sistema 20 comprende múltiples sensores y transductores para detectar diversos eventos y datos de orientación de la herramienta 10 y de la barrena de testigos. Los sensores pueden comprender, por ejemplo, acelerómetros, giróscopos, interruptores físicos, magnetómetros, sensores de vibración, inclinómetros, sensores de RPM inductivos, sensores de flujo y sensores de presión. Algunos de los sensores y transductores envían información al sistema de activación, que analiza la información para determinar cuándo proporcionar la señal de activación. Otros sensores y transductores, que forman teóricamente un módulo de orientación 26, pueden estar en un estado en reposo o proporcionar de manera continua datos indicativos de la orientación del testigo y/o el pozo, no obstante, estos sensores y transductores no se activan y/o los datos de la orientación no se registran hasta que el sistema de activación 24 proporciona la señal de activación. Aquellos que son expertos en la técnica apreciarán que algunos de los sensores y transductores que utiliza el sistema de activación también pueden proporcionar datos de la orientación. El sistema de orientación 20 puede comprender además un transceptor 28 acoplado a una antena 30 para comunicarse con un ordenador portátil u otro dispositivo similar. Su función se explicará con más detalle posteriormente en la memoria descriptiva.

Las realizaciones de la herramienta 10 son capaces de registrar datos de la orientación *in situ* relacionados con el testigo y el pozo del cual se extrae el testigo un instante justo antes o en el momento de la rotura del testigo. Esto se hace disponiendo un sistema de activación 24 para emitir la señal de activación tras detectar unos eventos o unas secuencias de eventos particulares que se espera que tengan lugar cuando se rompe un testigo del terreno. Uno o más de los eventos de fondo de pozo están relacionados con eventos físicos que surgen por el movimiento de la herramienta 10 y de hecho de la barrena de testigos en el pozo. Uno de los eventos físicos indicador de una rotura de un testigo es un movimiento ascendente de la barrena de testigos y por tanto de la herramienta 10. En consecuencia, el sistema de activación 24 se puede configurar de modo que emita la señal de activación cuando los sensores en el módulo 26 detecten un movimiento o aceleración ascendente o un cambio en la dirección de movimiento de una dirección descendente a una dirección ascendente. Aunque dicho movimiento es característico de una rotura de testigo, también se pueden detectar otros eventos o movimientos, que aumentan el grado de confianza de que el movimiento ascendente está relacionado con una rotura del testigo. Algunos ejemplos de dichos eventos o movimientos incluyen:

1. El conjunto de extremo posterior 14 se libera en el acoplamiento de conexión del pozo.
2. Cuando la base del agujero está por debajo de la capa freática, detectar que el conjunto de extremo posterior 14 golpea la capa freática.
3. El conjunto de extremo posterior 14 contacta o golpea un anillo de apoyo dentro de la barrena de testigos.
4. El comienzo de la perforación.
5. El cese de la perforación.
6. La rotura del propio testigo.
7. Un pescador de agarre externo que golpea y se engancha al conjunto de extremo posterior 14.

Por ejemplo, además de detectar simplemente un movimiento ascendente de la herramienta 10 o del tubo de testigos 12 o de la propia barrena de testigos, el sistema de activación 24 se puede disponer de modo que emita la señal de activación tras la detección por parte del módulo de una secuencia de comienzo de la perforación, cese de la

perforación y movimiento en una dirección ascendente. La detección del comienzo y cese de la perforación puede ser por medio de la utilización de sensores de vibración en el módulo 26. Se sabe que durante la perforación, mientras la barrena de testigos está apoyada contra la roca, se generarán vibraciones de características conocidas.

La señal de activación puede ser una de entre una pluralidad de señales de activación que se proporcionan tras la detección de diferentes eventos de fondo de pozo. Es decir, se puede proporcionar una señal de activación cuando se detecta el comienzo de la perforación, otra cuando se detecta el cese de la perforación y otra cuando se detecta un movimiento ascendente de la herramienta 10 o barrena. Por tanto, el registro (la grabación) de los datos comenzará antes de la rotura del testigo. De manera adicional, se pueden registrar indicaciones de la orientación diferentes para señales de activación diferentes. Por ejemplo, se puede registrar la inclinación cuando el sistema de activación detecta que se ha detenido la perforación (p. ej., no se detecta rotación de la barrena de testigos tras haber detectado anteriormente el comienzo de la perforación; y la orientación del testigo se puede registrar después de que el sistema de activación detecte que un receptáculo elevador de testigos sujeta el testigo justo antes de la rotura del testigo.

La herramienta 10 y más en particular el sistema electrónico de orientación 20 comprenden un dispositivo con memoria para almacenar los datos registrados. La señal de activación se puede considerar que actúa como un puntero para identificar los datos de la orientación registrados en el instante en el que se enviaron la(s) señal(e)s de activación, de modo que los datos de la orientación se puedan correlacionar con un evento de fondo de pozo particular, en concreto con la rotura del testigo.

En consecuencia, detectar un cambio en las características de las vibraciones sería indicativo del comienzo y cese de la perforación. No obstante, esta no es la única manera en la que se puede detectar el comienzo y cese de la perforación. Como alternativa, se pueden disponer sensores en el módulo 26 o en el sistema de activación 24 para detectar la velocidad, dirección o el cambio de velocidad o dirección de rotación de la barrena de testigos. Por ejemplo, tras el comienzo de la perforación, el sensor detectará la rotación de la barrena de testigos, mientras que tras el cese de la perforación el sensor detectará seguidamente un cambio en la velocidad de rotación y más en particular una velocidad de rotación cero. Dicho sensor puede comprender un sensor RPM inductivo, un acelerómetro o un giroscopo que tienen un componente en una sección que rota del conjunto de extremo posterior 14 o adyacente a esta, tal como, por ejemplo, en un lado antes del rodamiento 32 del conjunto de extremo posterior.

Otras posibles variaciones para detectar el comienzo y cese de la perforación incluyen detectar el flujo de fluido a través o alrededor del conjunto de extremo posterior 14. A este respecto, el fluido se bombea a través o alrededor de la barrena de testigos y el conjunto de extremo posterior durante la perforación, donde el flujo se interrumpe cuando cesa la perforación. Por lo tanto, detectar un cambio en el flujo de agua también será indicativo del cese de la perforación. Además, aunque el movimiento ascendente se puede detectar habitualmente mediante un acelerómetro, se pueden utilizar otros tipos de sensores, que incluyen sensores ópticos o láseres, para detectar movimiento en una dirección ascendente.

Un beneficio importante de la herramienta 10 frente a otros dispositivos de orientación de testigos, que se basan en el registro del tiempo para correlacionar los datos de la orientación a un testigo, es que la herramienta 10 no requiere que los operarios utilicen temporizadores y, por lo tanto, es menos susceptible a error. La realización descrita anteriormente de la herramienta 10 se puede considerar como un sensor "autónomo" que registrará de manera automática los datos de orientación de testigos justo antes o al mismo tiempo que la rotura de un testigo.

La herramienta 10 se puede configurar además de modo que proporcione el azimut del pozo y la orientación vertical del testigo con relación al azimut. Se conoce la utilización de giroscopos para obtener la información del azimut cuando se registran pozos. No obstante, la tecnología de los giroscopos no es adecuada para su utilización en la orientación de testigos de fondo de pozo durante el proceso de perforación. Las razones para esto incluyen que los giroscopos tienden a desviarse cuando operan durante períodos extensos, tal como se requeriría cuando se baja el giroscopo a través de la barrena de testigos; la incapacidad del giroscopo para mantener una orientación precisa cuando está expuesto a movimientos bruscos, tal como una sacudida o vibración, tal como ocurriría cuando se deja caer un conjunto de extremo posterior por una sarta de perforación; y, la necesidad de que la medición del azimut se realice con relación a un punto de referencia conocido.

A pesar de las limitaciones anteriores, una realización de la herramienta 10 puede comprender un giroscopo 34 o un dispositivo similar para registrar el azimut y la inclinación. Esto se facilita mediante la utilización del sistema de activación 24 que activará únicamente el giroscopo 34 para cambiar de un estado apagado o en reposo a un estado de registro al mismo tiempo que suministra una señal de activación al módulo de medición 26. Antes de que el sistema de activación 24 envíe la señal de activación, el giroscopo 34 está en un estado apagado o en reposo. Tras la recepción de la señal de activación, el giroscopo 34 se activa para comenzar a monitorizar los cambios en la orientación.

Al tiempo que el conjunto cilíndrico interno 11 se extrae desde la barrena de testigos, el giroscopo 34 continúa monitorizando los cambios de la orientación. La orientación de un acoplamiento de conexión del pozo se puede utilizar como una orientación de referencia conocida. Por tanto, los cambios de la orientación desde la emisión de la señal de activación se pueden relacionar con la orientación del acoplamiento de conexión, de modo que se facilite la determinación del azimut de la herramienta 10 y del pozo en la base del agujero, sustancialmente en el instante de una rotura de un testigo. En efecto, esto proporciona una toma de estudio única en el fondo del agujero. Estos datos

se pueden utilizar para elaborar un estudio continuo del pozo con el fin de determinar su trayectoria cuando se combinan con una medición o estimación de la profundidad del agujero. Esta se puede determinar simplemente contando el número de barras en la barrena de testigos para cada muestreo de testigos.

5 Como el giróscopo 34 necesitará únicamente monitorizar los cambios en la orientación de la herramienta 10 después de que se haya detenido la perforación, se evita la necesidad de monitorizar los cambios durante el descenso de la herramienta por el agujero y durante la perforación. Esto reduce sustancialmente el tiempo de funcionamiento del giróscopo, lo que reduce por tanto la desviación que se produce. También obvia la necesidad de que el giróscopo monitorice los cambios durante períodos de vibración intensa durante la perforación, lo que evita por tanto una pérdida significativa de precisión.

10 En la realización anterior, la herramienta 10 se utiliza como una herramienta independiente para obtener los datos de la orientación. Con el fin de extraer los datos y relacionar los datos con una muestra de un testigo que se mantiene dentro del tubo de testigos 12, la herramienta 10 se puede utilizar conjuntamente con un sistema de orientación de testigos del tipo descrito en la solicitud internacional n.º WO 2007/137356 del solicitante. En resumen, el sistema de orientación de testigos en la publicación a la que se hace referencia anteriormente comprende una combinación de:

15 un dispositivo electrónico de orientación que puede tener algunas características comunes al dispositivo 10 de la presente;

un indicador de posición de testigos adaptado para ajustarse con el tubo de testigos 12 cuando está en el terreno; y

20 una unidad remota, tal como un ordenador portátil, que realiza la comunicación entre la herramienta 10 y el indicador de posición de testigos.

De manera concisa, el transceptor 28 en la herramienta 10 se comunica por medio de comunicación inalámbrica con el ordenador portátil, que a su vez transfiere los datos al indicador de posición de testigos. Más en particular, la herramienta 10 registra los datos de la orientación de un punto de referencia en el tubo de testigos 12, con relación a una primera referencia, en el instante en el que ha tenido lugar el evento de fondo de pozo particular, es decir, durante 25 o justo antes de una rotura del testigo. El punto de referencia en el tubo de testigos no es necesario que sea una marca física. Una vez que el tubo de testigos 12 se recupera y se coloca en una posición estable, por ejemplo, en una bandeja para testigos, la herramienta 10 se hace funcionar de nuevo para registrar los datos de orientación del mismo punto de referencia en el tubo de testigos con respecto a una segunda referencia. El ordenador portátil calcula un desplazamiento de rotación σ desde la primera referencia hasta la segunda referencia y lo comunica de manera 30 inalámbrica al indicador de posición de testigos. A continuación, se hace rotar el indicador de posición de testigos en torno al tubo de testigos 12. Cuando el indicador de posición de testigos se mueve hasta una posición donde se hace rotar el desplazamiento de rotación adecuado σ desde la segunda referencia, este emite una señal para indicar la posición de la primera referencia.

35 El indicador de posición de testigos también incluye una guía en forma de tira que tiene una ranura alargada para recibir un dispositivo de trazado o marcado tal como un lápiz. El extremo más delantero de la tira se extiende sobre la parte frontal de un receptáculo elevador de testigos 36 y una parte del testigo que se extiende desde el receptáculo elevador de testigos. A continuación, se utiliza el marcador para marcar el receptáculo elevador de testigos y/o el testigo para representar la ubicación del testigo con relación a la referencia particular.

40 El indicador de posición de testigos se puede modificar además, con relación al descrito en la solicitud a la que se hace referencia anteriormente, mediante la inclusión de un sensor para detectar cuándo se ha desplazado un marcador a lo largo de la ranura para representar que se ha realizado una marca en el receptáculo elevador de testigos y/o en el testigo. El indicador de posición de testigos y el ordenador portátil pueden determinar con cuanta precisión un operario marca el testigo, comparando su posición cuando se marca con su posición requerida. Esta precisión de la información de marcado se puede transferir a continuación de vuelta al ordenador portátil e integrarse con la 45 información original de la orientación. La información contenida en el ordenador portátil se puede transferir a un soporte desmontable, de modo que toda la información se pueda proporcionar al receptor del testigo.

50 Como alternativa, el indicador de posición de testigos se puede disponer de modo que evite que un usuario marque el testigo hasta que el indicador de posición de testigos esté orientado correctamente. Esto se puede lograr, por ejemplo, teniendo una compuerta móvil que se desliza a través de la ranura para bloquear la ranura, cuando la posición del orientador de posición de testigos no está en la orientación correcta.

En una variación, el sistema de activación se puede modificar de modo que envíe señales de activación en base a uno o ambos de (a) uno o más eventos de fondo de pozo, y (b) la expiración de un tiempo.

Los activadores temporales pueden comprender uno o una combinación de:

55 (a) un activador individual con un tiempo de retardo específico con relación a un instante en el que un operario inicializa el dispositivo o se activa debido a un evento físico;

(b) múltiples activadores continuos a intervalos prefijados que comienzan con un tiempo de retardo específico con relación a un instante en el que un operario inicializa el dispositivo o se activa debido a un evento físico y del cual se seleccionan uno o más conjuntos de datos.

5 El sistema de activación 24 puede activar los sensores en el módulo 26 para grabar una o una combinación de lecturas de orientación en un punto/unos puntos en un instante:

(a) exactamente cuando tiene lugar la activación;

(b) tras cierto retardo temporal;

(c) antes de la activación al seleccionar una lectura grabada previamente, donde se toman múltiples lecturas a intervalos predeterminados.

10 El sistema de activación 24 puede enviar de manera cíclica señales de activación durante un período prescrito de tiempo después de que se envíe el primer activador. Por ejemplo, las señales de activación se pueden enviar cada 10 segundos durante un período de dos minutos. Como alternativa, el dispositivo electrónico de orientación 20 se puede disponer de modo que tras recibir una señal de activación registre la o las primeras características direccionales de manera cíclica durante un período de tiempo prescrito, por ejemplo, cada 10 segundos durante un período de 2
15 minutos.

Las figuras 3-6 ilustran diversos aparatos de orientación de testigos 100, que comprenden una combinación de la herramienta de orientación de testigos 10 junto con uno o más dispositivos secundarios de orientación. Tal como se describe con mayor detalle a continuación, uno de los dispositivos secundarios de orientación puede ser un dispositivo de orientación de caras de testigos, el cual graba la orientación *in situ* de la cara del testigo. Otro dispositivo secundario de orientación que se puede incorporar en los aparatos 100 es un orientador de fondo, que graba la ubicación de un vector de gravedad cero en la base del agujero, siempre que el agujero esté inclinado con respecto a la vertical. Los dispositivos secundarios de orientación pueden ser mecánicos o electrónicos.

En la realización del aparato 100 mostrado en la figura 3, el sistema de activación 26 se representa como contenido en la carcasa común 22 junto con el resto del sistema electrónico 20. No obstante, esto no es siempre así y el sistema de activación 26 puede estar separado físicamente de la herramienta 100, pero en comunicación con el resto del sistema electrónico 20 (por ejemplo, mediante comunicación por radio) para permitir el suministro de las señales de activación.

El sistema de activación 24 puede proporcionar señales de activación en base a los mismos eventos de fondo de pozo descritos en relación con la primera realización.

30 Esta realización del aparato 100 comprende: un dispositivo secundario de orientación, que proporciona la orientación de una cara de un testigo y que está en forma de un dispositivo de perfiles 120; y un cuerpo 122, que tiene un extremo inferior 124 y un extremo superior 126. El cuerpo 122 comprende un cuerpo de bloqueo 127, un cuerpo de enganche 128 y un anclaje 130, que se describen con detalle a continuación en la presente haciendo referencia a la realización mostrada en las figuras 5 y 6. En la realización de la figura 3, el dispositivo electrónico de orientación 20 está ubicado pasado el cuerpo 122.

El dispositivo 120 puede adoptar la forma del orientador de caras tal como se describe en la publicación internacional n.º WO 07/109848 del solicitante a la que se hace referencia anteriormente. El dispositivo 120 comprende un cuerpo sustancialmente cilíndrico 132 que tiene una pluralidad de agujeros internos que se extienden axialmente 134 para colocar los pasadores 136 respectivos. Los pasadores 136 se mantienen dentro de los agujeros 134 con un grado de resiliencia, de modo que, si se aplica una fuerza axial sobre los pasadores 136 en la dirección ascendente, los pasadores 136 pueden deslizar dentro del cuerpo 132, pero cuando se retira la fuerza, los pasadores 136 mantienen su posición relativa en sus agujeros 134. El cuerpo 132 también dispone de una escala de posicionamiento 138, marcada en su superficie circunferencial exterior 140. La escala proporciona marcas en incrementos de cinco grados desde 0º a 360º. La marca de 0º está alineada con una marca de referencia posicional 142 dispuesta en un extremo inferior de un eje 144 que se extiende hasta el dispositivo electrónico de orientación 20.

La marca 142 también proporciona una referencia cero para el dispositivo electrónico de orientación 20, de modo que mediante el acoplamiento del dispositivo 120 al dispositivo electrónico 20, ambos estén enchavetados a la misma referencia cero.

El orientador de caras 120 proporciona una grabación de un perfil de una base del agujero de la cual se corta un testigo 112. Aquellos que son expertos en la técnica sobreentenderán que la base del agujero pasa a ser una cara superior del testigo 112. Habitualmente, el dispositivo 120 se fabrica como un dispositivo de un solo uso que, tras la extracción del testigo, se retira del aparato 100 y se almacena con el testigo 112. Antes de que ocurra esto, la escala 138 se marca con un ángulo que denota la orientación del testigo con relación a la marca de cero grados en la escala 138. Este marcado se puede obtener al transferir los datos del dispositivo electrónico 20 al dispositivo 120, mediante la intervención de un dispositivo portátil de telemetría (ordenador portátil) que pregunta al dispositivo 20 con el fin de obtener, por ejemplo, los datos de orientación de la cara de la herramienta en el instante que el sistema de activación

26 envía la señal de activación. Esto proporcionará, por ejemplo, un posicionamiento en grados con referencia a la marca de referencia 142. A continuación, este posicionamiento se puede marcar físicamente en la escala 138. Por ejemplo, si la orientación de la cara de la herramienta fue de 35° con relación a la marca 142, en ese caso se puede realizar una marca indeleble en la posición de 35° de la escala 138.

La figura 4 ilustra una realización adicional del aparato 100. En esta figura, las características que son idénticas a aquellas descritas haciendo referencia a la figura 3 se denotan con los mismos números de referencia. La diferencia importante entre el aparato 100 mostrado en la figura 4 y aquel mostrado en la figura 3, es que la herramienta 10 de la figura 4 está ubicada en el extremo superior 126 del cuerpo 122 y se acopla un dispositivo secundario de orientación adicional, en forma de un orientador mecánico de fondo 146, entre el extremo inferior 124 del cuerpo 122 y el dispositivo para perfilar caras de testigos 120. El orientador de fondo 146 dispone de tres bolas 148a, 148b y 148c (en adelante denominadas en general como "bolas 148") dispuestas dentro de los anillos de rodadura 150a, 150b y 150c correspondientes (en adelante denominados en general como "anillos de rodadura 150"). Antes de que se active el orientador de fondo 146, las bolas 148 son libres para rodar dentro de sus anillos de rodadura 150 respectivos. En consecuencia, por la acción de la gravedad, siempre que el aparato 100 esté dispuesto en un pozo que no sea absolutamente vertical, las bolas 148 rodarán al punto más bajo dentro de sus anillos de rodadura respectivos. Cuando se activa el orientador de fondo 146 se reduce la anchura de los anillos de rodadura 150, de modo que las bolas 148 queden inmovilizadas en sus anillos de rodadura. Esto evita cualquier rodadura adicional de las bolas y mantiene, por tanto, la indicación del fondo del agujero.

El aparato 100 hace funcionar el orientador de fondo 146, y en particular el dispositivo para perfilar caras de testigos 120, que señala el fondo del pozo. El funcionamiento del orientador de fondo 146, el cuerpo de enganche 128 y el anclaje 130 se describen con detalle en las solicitudes WO 03/038232 y WO 2005/078232 del solicitante a las que se hace referencia anteriormente. A pesar de esto, se ofrece una descripción breve del funcionamiento de estos componentes haciendo referencia en particular a las figuras 4 y 5.

Un eje 152, que dispone de una marca tipo chaveta 142, se extiende axialmente a través de los anillos de rodadura 150 y hasta la carcasa de bloqueo 127 y el cuerpo de enganche 128. El dispositivo 120 está acoplado a un extremo inferior del eje 152. La carcasa de bloqueo 127 incluye una extensión tubular 156 que tiene unos asientos 157 en su superficie exterior para los enganches 158 respectivos, que están acoplados, con posibilidad de pivotar, al cuerpo de enganche 128 y se pueden extender a través de las ventanas 160 formadas en el cuerpo de enganche 128. Se fija un recubrimiento 159 a un extremo inferior de la carcasa de bloqueo 127 y cubre el orientador de fondo 146. También se forma un rebaje 161 en la carcasa de bloqueo 127, entre los asientos 157 y el recubrimiento 159. Se dispone un resorte pretensado 162 en torno a un extremo superior del eje 152, dentro de la extensión 156, y empuja el eje en una dirección ascendente. Se retiene un resorte 164 adicional en una cavidad entre el cuerpo de enganche 128 y la extensión 156, de modo que actúe empujando la extensión 156, y por tanto la carcasa de bloqueo 127, en una dirección descendente.

Otro resorte 166 actúa entre el cuerpo de enganche 128 y una camisa de anclaje 168 del anclaje 130, empujando la camisa 168 hacia un reborde 170 formado en torno a un cuerpo de anclaje 172 del anclaje 130. Se retienen una pluralidad de bolas de anclaje 174 dentro de la camisa de anclaje 168. Las bolas de anclaje 174 ruedan a lo largo de una superficie exterior 176 del cuerpo de anclaje 172. Cuando la camisa de anclaje 168 aprieta contra el reborde 170 debido al resorte 166, las bolas 174 se extienden radialmente más allá de la camisa de anclaje 168. En esta posición, las bolas de anclaje 168 se retienen en una parte de diámetro exterior constante 178 del cuerpo de anclaje 172.

Al moverse en una dirección descendente desde la parte 176, la circunferencia exterior del cuerpo exterior 172 se forma con una parte cónica 180 que conduce a un rebaje circunferencial 182. El cuerpo de anclaje 172 también tiene, en su extremo inferior de abajo, una parte 184 de un primer diámetro interno constante, a continuación, una parte cónica 186 contigua, que tiene un diámetro interno en aumento, y que conduce a una parte 188 adicional que tiene un diámetro interno constante, mayor que el diámetro interno de la parte 184.

Un asiento de activación 190 se fija a un extremo superior del eje 152 y cada una de una pluralidad de bolas de activación 192 está asentada parcialmente en una acanaladura circunferencial 194, formado en el asiento de activación 190, y en los agujeros 196 formados en un extremo superior de la extensión 156.

El aparato 100 se carga en un extremo inferior de un tubo de testigos 12 introduciendo en primer lugar el extremo provisto de la herramienta 10. Finalmente, los dientes de enganche 158 contactan con un extremo inferior del tubo de testigos 12 lo que evita una introducción adicional de una herramienta 100. Durante la introducción, el cuerpo de anclaje 168 se desliza axialmente alejándose del reborde 170, de modo que las bolas de anclaje 174 ruedan a lo largo de la parte cónica 180 y, por tanto, se muevan radialmente hacia dentro. Una vez que ha cesado la introducción del aparato 100 por contacto de los enganches 158 con el extremo inferior del tubo de testigos, el resorte 166 empuja la camisa 168 en una dirección ascendente, lo que provoca que las bolas de anclaje 174 comiencen a desplazarse hacia arriba por la longitud cónica 180, hasta una posición donde se extienden radialmente hacia fuera desde la camisa 168 hasta un punto donde se apoyan contra una superficie interna del tubo de testigos 12. Esto bloquea de manera eficaz el aparato 100 al tubo de testigos 12 y evita que se caiga. A continuación, se baja el tubo de testigos 12 en una barrena de testigos 193 a través de una línea cableada o de soporte convencional o de otro método de introducción, donde la barrena de testigos se suspende sobre la base del pozo. Con el tubo de testigos asentado correctamente dentro de la

barrena de testigos, el dispositivo para perfilar caras de testigos 120 se extiende desde el recubrimiento 159 y un trépano de barrena 195, acoplada a un extremo inferior de la barrena de testigos 193. Durante este tiempo, las bolas de orientación 148 están libres para rodar dentro de sus anillos de rodadura 150.

5 A continuación, se baja la barrena de testigos sobre la base del agujero, lo que da como resultado que los pasadores 136 se deslizan axialmente dentro del cuerpo cilíndrico 132 para proporcionar un perfil de la base del agujero.

10 Al tiempo que la barrena de testigos se baja adicionalmente, antes del comienzo de la perforación, un extremo del recubrimiento 59 entrará en contacto en algún momento con la base del agujero. En este momento, una baja adicional de la barrena de testigos da como resultado que la extensión 156 se desliza axialmente hacia dentro con relación al cuerpo de enganche 128 en una dirección ascendente, que comprime el resorte 164. En algún momento, las bolas de activación 192 rodarán hacia fuera a lo largo de la parte cónica 186 hasta la parte 188 del cuerpo de anclaje 172. Cuando esto ocurre, las bolas de activación 192 se pueden mover hacia fuera en una dirección radial y salir de la acanaladura 194 en el asiento de activación 190. Esto libera el resorte 162, lo que le permite empujar el asiento de activación 190 y, por tanto, el eje 152 en una dirección ascendente con relación a la extensión 156. Esto da como resultado una inmovilización de las bolas de orientación 148 dentro de sus anillos de rodadura 150.

15 Una bajada continuada de la barrena de testigos sobre la base del agujero da como resultado que los asientos 157 se deslizan por debajo de los enganches 158, de modo que el rebaje 161 queda por debajo de los enganches 58. Ahora, los enganches 158 están libres para rotar hacia dentro y desacoplar de ese modo el aparato 100 del extremo inferior del tubo de testigos 12.

20 El movimiento axial del eje 152 se puede utilizar para activar un interruptor tal como, aunque sin carácter limitante, un microinterruptor, un interruptor de efecto Hall, un interruptor óptico o un interruptor de presión, que se puede considerar como que forma parte del sistema de activación, con el fin de enviar una señal de activación para el dispositivo electrónico de orientación 20. A continuación, el dispositivo electrónico de orientación 20 puede registrar los datos relacionados con la orientación de una herramienta 10, el pozo en el que se encuentra y/o el testigo 112. El registro de información mediante el dispositivo electrónico 20 puede tener lugar con una frecuencia predeterminada durante un período de tiempo predeterminado. Por ejemplo, el dispositivo/sistema electrónico de orientación 20 puede registrar los datos de la orientación cada 10 segundos durante un período de 2 minutos, después de la recepción de la señal de activación inicial.

25 El dispositivo electrónico de orientación 20 se puede disponer de modo que el registro de las indicaciones de la orientación tenga lugar únicamente cuando se reciben las señales de activación tanto por el movimiento del eje 152 como de al menos otro sensor o transductor del sistema de activación 24.

30 La indicación de orientación proporcionada por el dispositivo para perfilar caras de testigos 120 y el orientador de fondo 146 se puede transferir al testigo 112 de una manera descrita en la solicitud de patente australiana n.º 2006901550 del solicitante a la que se hace referencia anteriormente, que utiliza la plantilla 198 tal como se representa en la figura 7. La plantilla 198 comprende un par de líneas paralelas 200 para la ubicación de los lados opuestos de las bolas de orientación 148, y una línea indicadora 202, que se extiende paralela de manera centrada entre las líneas 200 ajustadas. En la plantilla 198 se corta una ranura alargada 204, que tiene un borde 206 alineado con la línea indicadora 202. La ranura 204 se extiende sobre la escala 138 en el cuerpo 132, así como también sobre una parte de la muestra del testigo 112. Un operario puede utilizar un marcador, tal como un bolígrafo o un lápiz, para dibujar segmentos de línea 208a, a lo largo del borde 206 desde el cuerpo 132, a través de la escala 138, y 208b a lo largo del testigo 112. La indicación de la orientación registrada por el dispositivo electrónico de orientación 20 se puede obtener y marcar en el testigo 112 de la misma manera a como se describe en la solicitud australiana n.º 2006902873 del solicitante a la que se hace referencia anteriormente.

35 La provisión de tanto la herramienta 10 como del dispositivo mecánico de orientación 146, tal como se representa en la figura 4, también permite auditar el aparato 100 de modo que proporcione cierto grado de confianza en los datos de la orientación obtenidos de este. Esto surge porque en realizaciones donde hay tanto un dispositivo electrónico de orientación 20 como uno o más dispositivos mecánicos de orientación 146, se puede hacer una comparación entre las mismas indicaciones de la orientación obtenidas desde cada uno de los dispositivos. Por ejemplo, si las indicaciones de fondo de pozo proporcionadas por dispositivos independientes están dentro de un rango de tolerancia aceptable (p. ej., de hasta 5°) se tiene un grado de confianza alto siempre que cada uno de los dispositivos 20 y 146 esté proporcionando indicaciones fiables de la orientación. No obstante, si los dispositivos ofrecen indicaciones que difieren más de un rango aceptable, se pueden señalar los errores potenciales *in situ* para facilitar una acción correctiva.

40 La combinación del tubo de testigos 12 y la herramienta de orientación de testigos 10, que forman parte de los aparatos mostrados en las figuras 3-6, comprende lo que se cree que es un sistema único de recuperación de testigos, ya que el dispositivo electrónico de orientación 20 está ubicado, al menos en el momento de su despliegue, en un extremo inferior o frontal del tubo de testigos 12. Más en particular, tal como se apreciará a partir de la descripción anterior, al estar el aparato 100 en el extremo inferior o frontal del tubo de testigos 12, está físicamente cerca de la muestra del testigo 112 en el momento, o en uno de los momentos, en el que el dispositivo electrónico de orientación 14 registra los datos de la orientación de la herramienta 100. Se cree que esto puede originar una precisión más alta en los datos de la orientación grabados que en otros sistemas, en los que los dispositivos electrónicos de orientación están

ubicados en un extremo posterior del tubo interno de testigos, es decir, entre un extremo superior del tubo de testigos interno y un pescador de agarre externo. A este respecto, los tubos internos de testigos están disponibles habitualmente en longitudes de tres o seis metros.

- Se contempla que diversas realizaciones de la herramienta 10 pueden realizar autocomprobaciones y proporcionar a los usuarios la información referida al estado de la herramienta 10. Los mensajes de estado pueden incluir uno o una combinación de carga baja de la batería, error de comunicaciones, fallos del sistema. La herramienta 10 también puede obtener y procesar datos, de modo que proporcione a los usuarios una medida de la precisión y fiabilidad de los datos de la orientación grabados. Los datos obtenidos por la herramienta 10 para proporcionar información de la orientación se pueden analizar utilizando medidas estadísticas de su precisión. Los datos registrados se pueden analizar para identificar la presencia de cualquier movimiento durante el registro de los datos de la orientación. También se puede determinar y proporcionar a un usuario la dirección de movimiento. Estas autocomprobaciones pueden ser convenientes para identificar los requisitos superficiales. En particular, la indicación de movimiento durante el registro puede ser conveniente a la hora de identificar un funcionamiento inadecuado de la herramienta 10 y, por tanto, señalar la necesidad de capacitar o volver a capacitar a los operarios.
- Por ejemplo, se pueden analizar los datos de los sensores para determinar si la barrena de testigos estaba rotando y/ sometida a una vibración excesiva en el momento de una rotura del testigo. Dichos eventos, en particular la rotación, disminuirán la fiabilidad de los datos de la orientación. La herramienta 10 comprendería habitualmente tres acelerómetros para proporcionar los datos de la aceleración en los ejes X, Y y Z respectivamente. La rotación de la barrena de testigos en el momento de la rotura del testigo estaría indicada por las lecturas de estos acelerómetros.
- Más en particular, la herramienta 10 puede proporcionar información al operario referente al funcionamiento adecuado de sus componentes, partes y sistemas. Si un componente o sistema falla, la herramienta 10 podría informar del fallo al operario por medio de la unidad de control portátil. Si el fallo tiene lugar o se detecta mientras la herramienta 10 está dentro de un pozo, esta puede informar al operario por medio de la unidad de control portátil una vez que la herramienta se ha recuperado en la superficie.
- Además del funcionamiento anterior, la herramienta 10 también podría ser capaz de realizar una autocomprobación completa que verifique el funcionamiento correcto de todo el sistema. Este autodiagnóstico se podría ejecutar por orden de un operario o de manera automática, cuando el operario prepara la herramienta para un muestreo de testigos (bajarla por un pozo para que realice su función). De esta manera, no se utilizaría una herramienta defectuosa para un muestreo de testigos y que diera como resultado una orientación errónea.
- La herramienta 10 también puede ser capaz de proporcionar información al operario referente a la certidumbre de una medida de la orientación proporcionada. La certidumbre de una medida de la orientación se puede determinar analizando la entrada de los sensores de las herramientas antes, durante y después de que se realice la medida de la orientación. Cuando se analizan, los datos de los sensores pueden revelar que hubo una situación externa no deseada presente cuando se realizó la medida de la orientación. La situación externa no deseada podría ser un movimiento en forma de movimiento lineal, rotación o vibración. También podría ser alguna otra situación externa, tal como una temperatura alta o baja. Los resultados de los análisis se podrían comunicar al operario de una o una combinación de las siguientes maneras:
1. Proporcionando una indicación de la fuente de situación externa no deseada.
 2. Asociando la situación externa no deseada con un evento de fondo de pozo conocido que no debería haber ocurrido e informar del evento al operario.
 3. Proporcionando una medida calculada de la certidumbre de las orientaciones a partir de los datos analizados de los sensores. Por ejemplo, se podría emplear una escala de 1 a 5, donde 1 es una orientación cierta y 5 es una orientación muy incierta (fallida). A continuación, se podría proporcionar la certidumbre de las orientaciones utilizando esta escala.
- La información proporcionada por la herramienta en los modos anteriores será útil para identificar errores de procedimiento cometidos por los operarios de la herramienta. Por ejemplo, si la barrena de testigos estaba girando cuando se midió la orientación, la herramienta 10 informaría de que la orientación es incierta debido a que se detectó una rotación durante la orientación. Esta también podría informar que la causa probable de la rotación fue que la barrena de testigos estaba girando. En el futuro, el operario la conocerá para garantizar que la barrena de testigos no está girando cuando se mide la orientación. De manera similar, si la barrena de testigos se estaba elevando o bajando cuando se medía la orientación, la herramienta 10 podría proporcionar un informe al respecto al operario.
- Al proporcionar información referente a los fallos del dispositivo y a la certidumbre de las orientaciones, cuando algo vaya mal el operario estará totalmente informado de la causa. Por tanto, el error del operario se puede discernir del error/fallo de la herramienta. Estos informes también pueden estar disponibles para los supervisores o gestores por medio del dispositivo de control portátil o cuando los datos se exportan a un dispositivo de memoria externo o un portátil para ayudarles a mantener los equipos o participar en temas de capacitación.

Ahora que se han descrito con detalle diversas realizaciones de la presente invención, será evidente para aquellos que son expertos en la técnica pertinente que se pueden realizar numerosas modificaciones y variaciones sin alejarse de los conceptos básicos de la inventiva. Por ejemplo, se describe un dispositivo mecánico de orientación 146 que utiliza tres bolas de orientación 148. No obstante, en una variación alternativa, este dispositivo de orientación puede comprender una única bola de orientación. Además, o como alternativa, el dispositivo mecánico de orientación puede incluir una arandela que esté indentada con una marca representativa de la ubicación del fondo del agujero, tal como se describe en la publicación internacional n.º WO 03/038232 del solicitante. Las realizaciones de la invención también pueden incluir además del orientador mecánico 146, o como alternativa a este, un inclinómetro mecánico, del cual se describe un ejemplo en la publicación internacional n.º WO 03/038232 del solicitante a la que se hace referencia anteriormente.

Como alternativa al orientador de caras de Van Ruth 120 (es decir, de tipo con pasadores), la orientación de las caras de los testigos se puede obtener mediante otros dispositivos que incluyen, lápices y punzones marcadores, dispositivos ópticos o electromagnéticos de medición de distancias y registro de imágenes. El registro del azimut se puede lograr utilizando cualquier sistema electrónico conocido, cuando se mide mediante el dispositivo electrónico de orientación 20, o cualquier sistema mecánico conocido cuando se mide mediante un dispositivo mecánico de orientación 146. Estos incluyen, por ejemplo, la utilización de magnetómetros para detectar la dirección magnética cuando se utilizan conjuntamente con equipos de perforación no magnéticos o si se fijan en una posición fuera de la sarta de perforación para evitar la interferencia magnética. El azimut también se puede registrar utilizando sensores de tipo giróscopo para medir el cambio inercial de posición, desde un punto de referencia conocido; o mediante la utilización de una brújula giroscópica o un sensor de tipo girocompás.

REIVINDICACIONES

1. Una herramienta de orientación de testigos (10) para proporcionar una indicación de orientación *in situ* de una muestra de un testigo (112) extraída de un pozo mediante una barrena de testigos;

comprendiendo la herramienta un sistema de orientación electrónico (20) acoplado a la barrena de testigos;

5 donde la herramienta se **caracteriza por que:**

el sistema electrónico de orientación (20) se configura de modo que, tras recibir una señal de activación, registre una o más primeras indicaciones de orientación de la herramienta; y

10 donde la herramienta comprende además un sistema de activación (24) que proporciona la señal de activación tras detectar uno o más eventos de fondo de pozo asociados con el funcionamiento de la barrena de testigos.

2. La herramienta de orientación de testigos (10) de acuerdo con la reivindicación 1, donde la señal de activación es una de entre una pluralidad de señales de activación enviadas por el sistema de activación (24).

15 3. La herramienta de orientación de testigos (10) de acuerdo con la reivindicación 2, donde la herramienta se configura de modo que registre diversas primeras indicaciones de orientación tras la recepción de diversas señales de activación.

4. La herramienta (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, donde el o los eventos de fondo de pozo comprenden los eventos físicos respectivos que surgen por el movimiento de la herramienta (10) o la barrena en el pozo.

5. La herramienta de acuerdo con la reivindicación 4, donde los eventos de fondo de pozo comprenden uno o más de:

20 (a) un movimiento en una dirección ascendente;

(b) un cambio de movimiento, de movimiento que tiene una componente lineal en una dirección descendente a movimiento que no tiene componente lineal;

(c) un cambio de movimiento, de movimiento en una dirección descendente a movimiento en una dirección ascendente;

25 (d) un cambio de movimiento, de movimiento no lineal a movimiento en una dirección ascendente;

(e) un cambio de las características del movimiento vibratorio de la herramienta (10) o la barrena;

(f) un cambio de velocidad del movimiento lineal de la herramienta (10) ;

(g) cualquier cambio de velocidad vectorial (velocidad y/o dirección de movimiento); y,

30 (h) un cambio de velocidad de giro o dirección de la rotación alrededor del eje longitudinal, lateral o normal de la herramienta;

(i) un contacto de un conjunto de extremo posterior (14), al cual está acoplado la herramienta con un anillo de apoyo en la barrena de testigos;

(j) el conjunto de extremo posterior (14) que golpea una capa freática en una operación de perforación, en la que la barrena trabaja en el pozo por debajo de la capa freática.

35 (k) liberación del conjunto de extremo posterior (14) de una línea cableada cuando se introduce inicialmente un tubo de testigos (12) en la barrena de testigos;

(l) la herramienta (10) o la barrena de testigos señalizan una base del pozo;

(m) un pescador de agarre externo que golpea y se engancha al conjunto de extremo posterior (14);

(n) la recuperación del conjunto de extremo posterior (14) desde el agujero perforado; y,

40 (o) un cambio en el flujo de fluido a través o alrededor del conjunto de extremo posterior (14).

6. La herramienta (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-5, donde el sistema de activación (24) se configura de modo que envíe la señal de activación tras detectar un evento o una secuencia de eventos de fondo de pozo predeterminado.

45 7. La herramienta (10) de acuerdo con la reivindicación 6, donde la secuencia de eventos de fondo de pozo comprende un cese de la perforación seguido por el movimiento de la herramienta (10) en una dirección ascendente.

8. La herramienta (10) de acuerdo con la reivindicación 7, donde la secuencia de eventos de fondo de pozo comprende además el comienzo de la perforación antes del cese de la perforación.
- 5 9. La herramienta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-8, donde el sistema electrónico de orientación (20) comprende además un dispositivo electrónico de medición del azimut, donde el dispositivo electrónico de medición del azimut se hace funcionar de modo que registre el azimut tras recibir la señal de activación.
10. La herramienta (10) de acuerdo con la reivindicación 9, donde el dispositivo electrónico de medición del azimut se configura de modo que se encuentre en un estado en reposo antes de recibir la señal de activación.
11. Un método de registro de la orientación *in situ* de una muestra de un testigo extraído del terreno mediante una barrena de testigos, donde el método comprende:
- 10 acoplar un sistema electrónico de orientación de testigos (20), con una relación espacial conocida, a un tubo de testigos (12) que transporta una muestra de un testigo cortada mediante la barrena de testigos;
- caracterizado por que** el sistema electrónico de orientación de testigos (20) se configura de modo que registre una o más indicaciones de la orientación del sistema (20) tras la recepción de una señal de activación; y
- 15 donde el método comprende además enviar la señal de activación tras detectar uno o más eventos de fondo de pozo asociados con el funcionamiento de la barrena de testigos.
12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, donde los eventos de fondo de pozo son indicativos de una, o de una inminente, rotura de un testigo.
13. El método de acuerdo con la reivindicación 11 o 12, donde detectar el o los eventos de fondo de pozo comprende
- 20 detectar un movimiento ascendente del sistema (20).
14. El método de acuerdo con la reivindicación 13, donde la detección del evento de fondo de pozo comprende detectar un cese de la perforación antes de detectar el movimiento ascendente del sistema (20).
15. El método de acuerdo con la reivindicación 14, donde la detección comprende además detectar el comienzo de la perforación antes de detectar el cese de la perforación.
- 25 16. El método de acuerdo con la reivindicación 14 o 15, que comprende detectar un cambio en las características de las vibraciones asociadas con el funcionamiento de la barrena de testigos, como indicación del comienzo y el cese de la perforación.
17. El método de acuerdo con la reivindicación 16, donde detectar uno o más eventos de fondo de pozo asociados con el funcionamiento de la barrena de testigos comprende además detectar un cambio en el flujo de fluido a través o
- 30 alrededor de un conjunto de extremo posterior (14) acoplado a una herramienta (10), que comprende el sistema (20).
18. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11-17, que comprende además extraer el sistema (20) tras la provisión de la señal de activación y hacer funcionar el sistema electrónico de orientación de testigos (20), de modo que monitorice los cambios de orientación hasta que el sistema (20) alcance un acoplamiento de conexión del pozo.
- 35 19. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11-18, que comprende analizar las salidas de los sensores y transductores que detectan los eventos de fondo de pozo, para verificar el funcionamiento correcto del sistema (20).

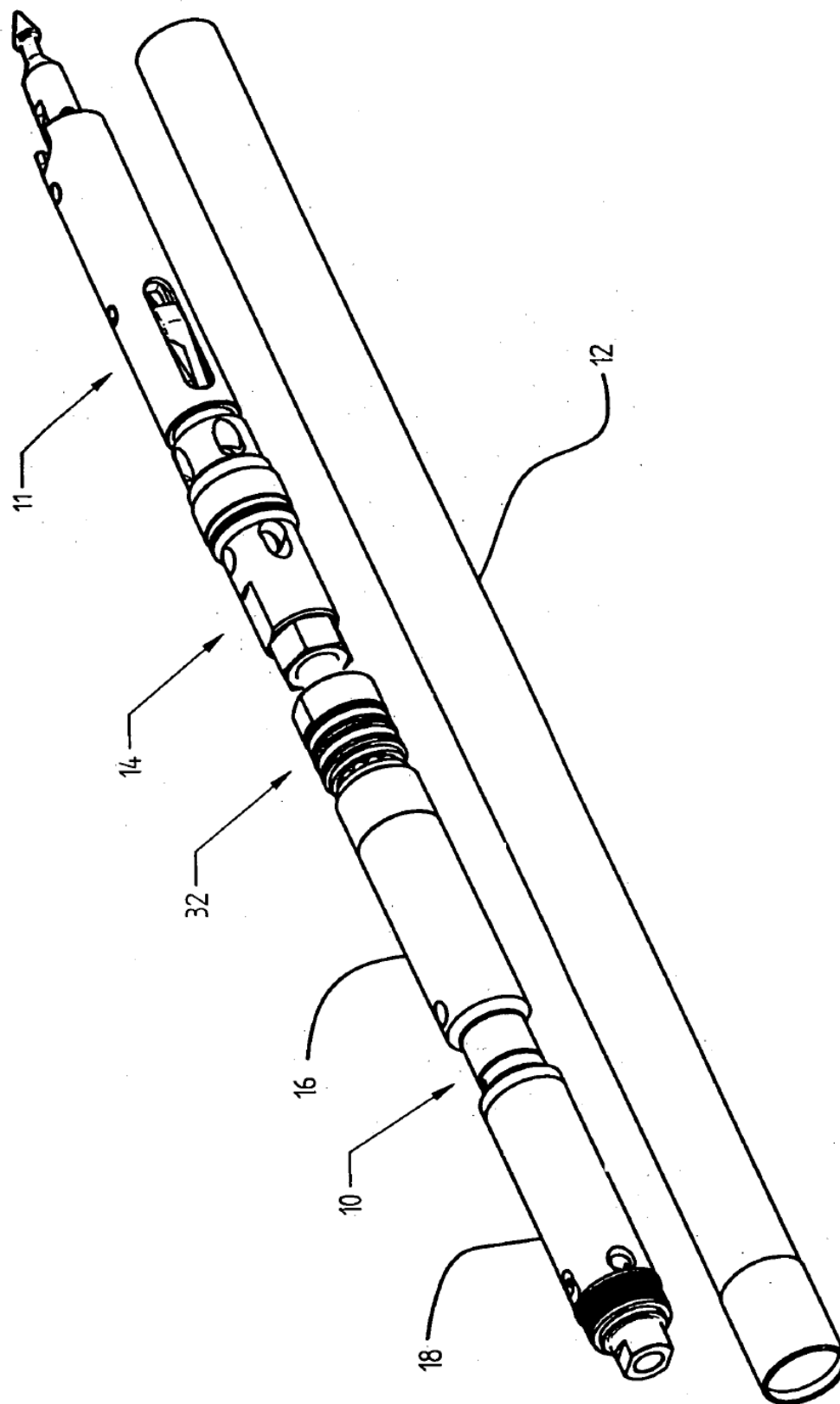


Figura 1

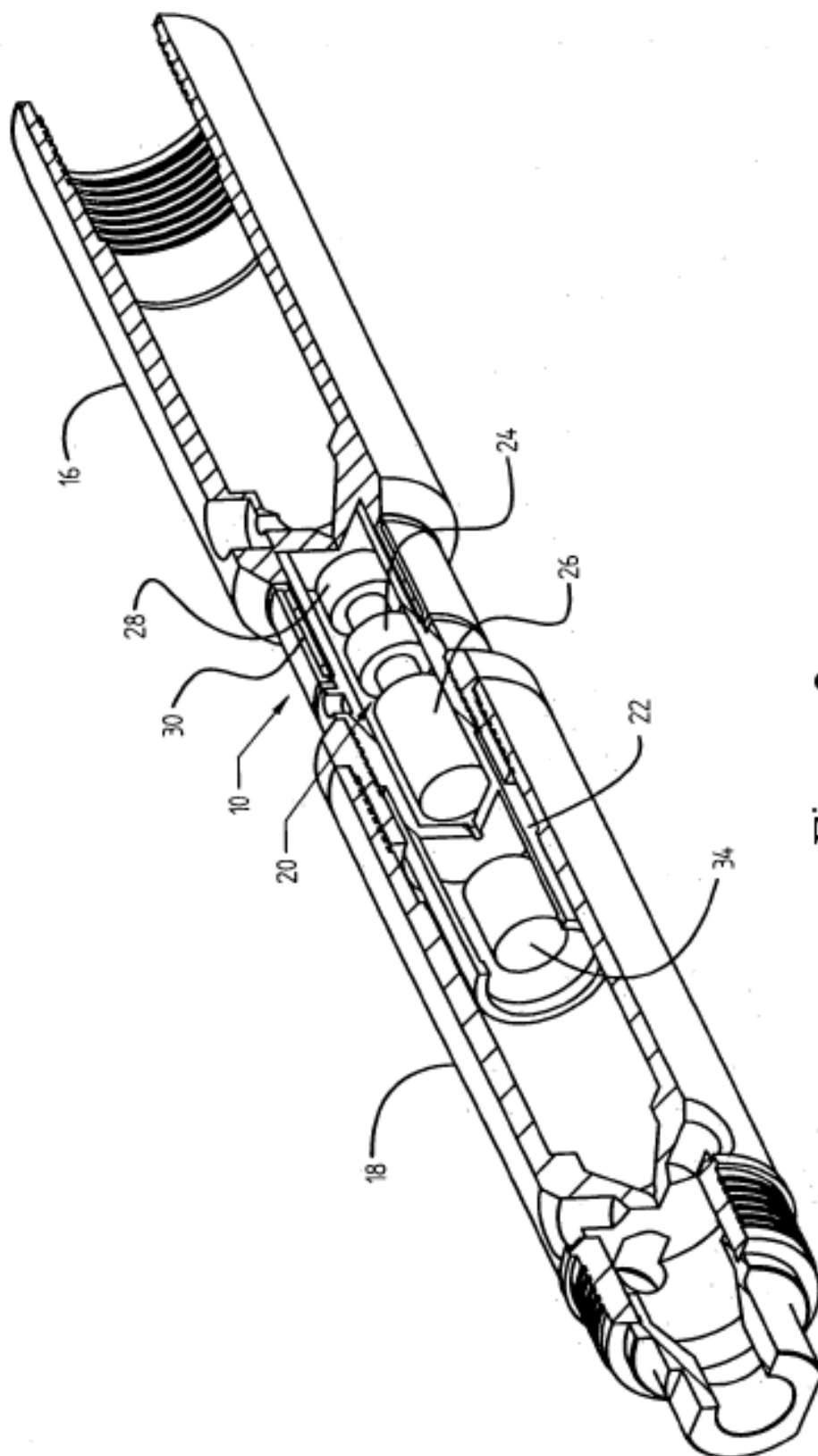


Figura 2

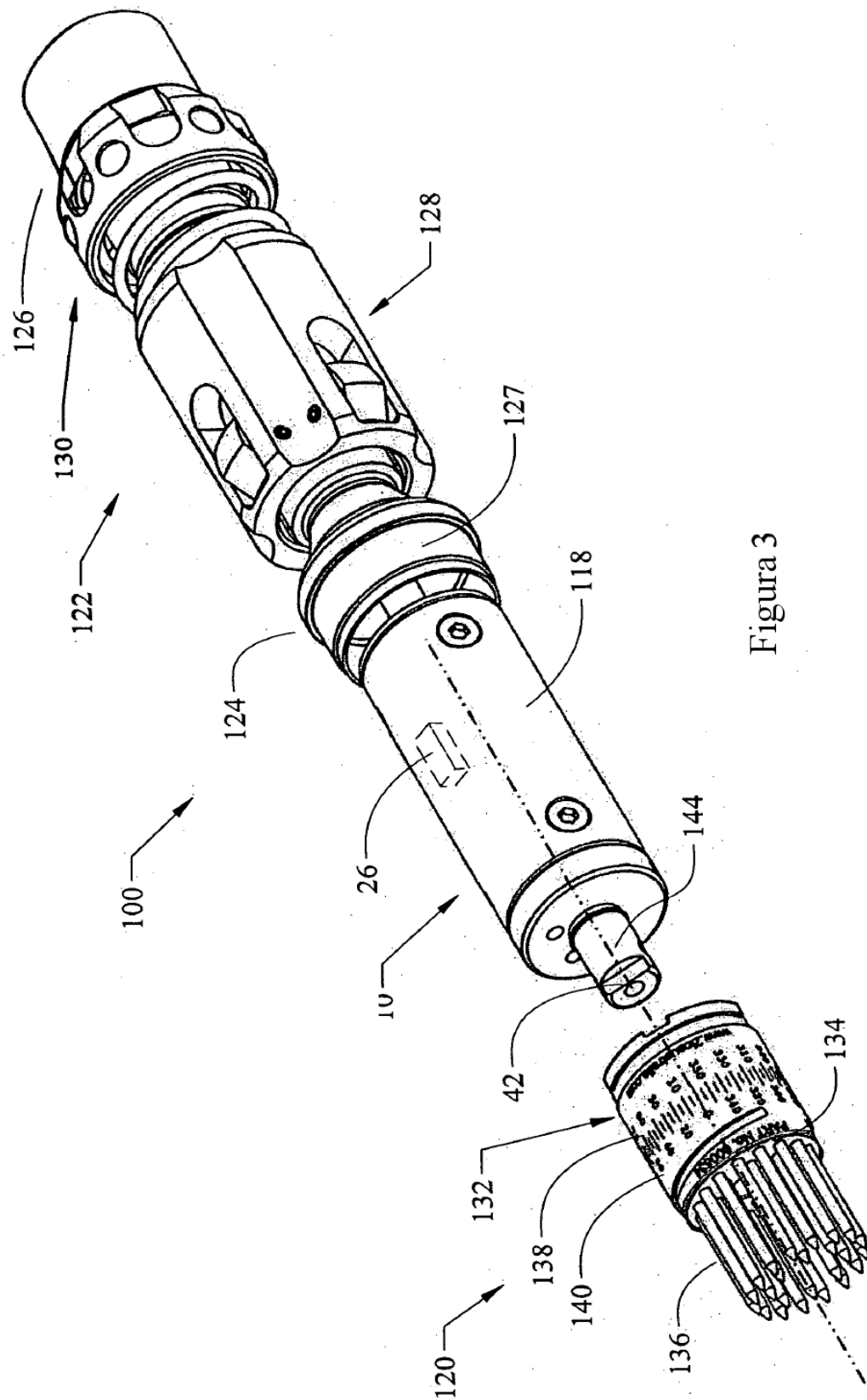
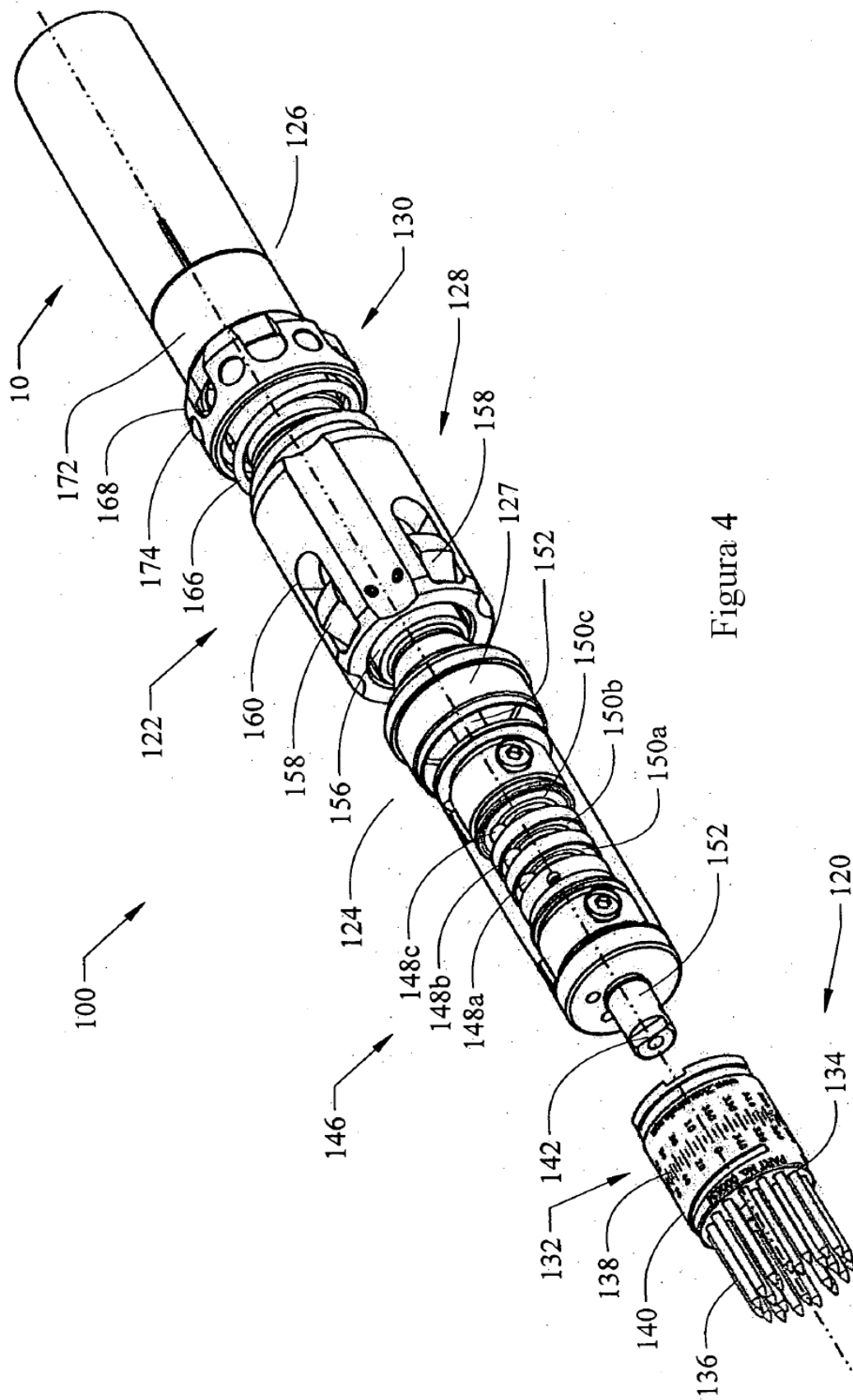


Figura 3



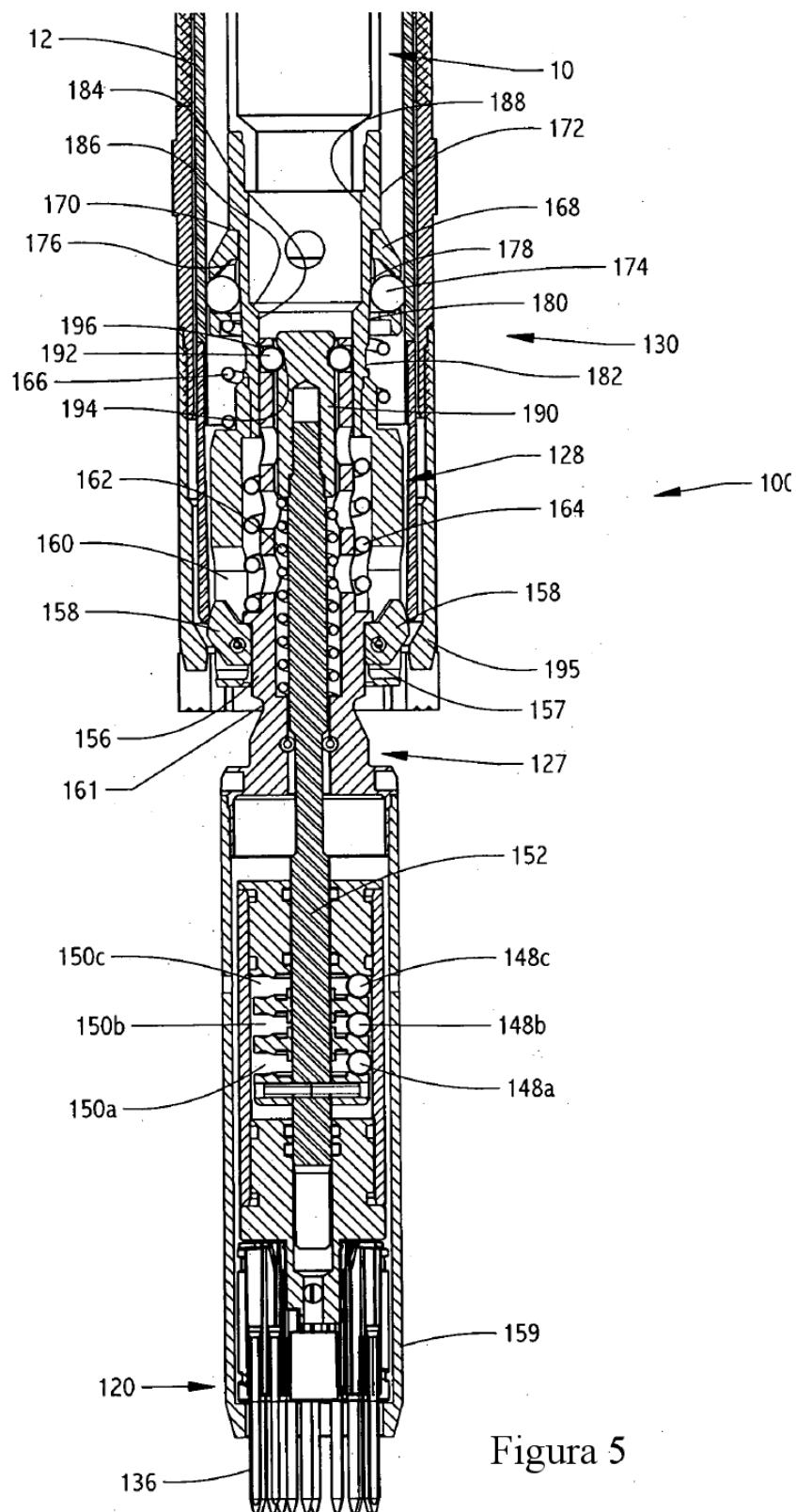


Figura 5

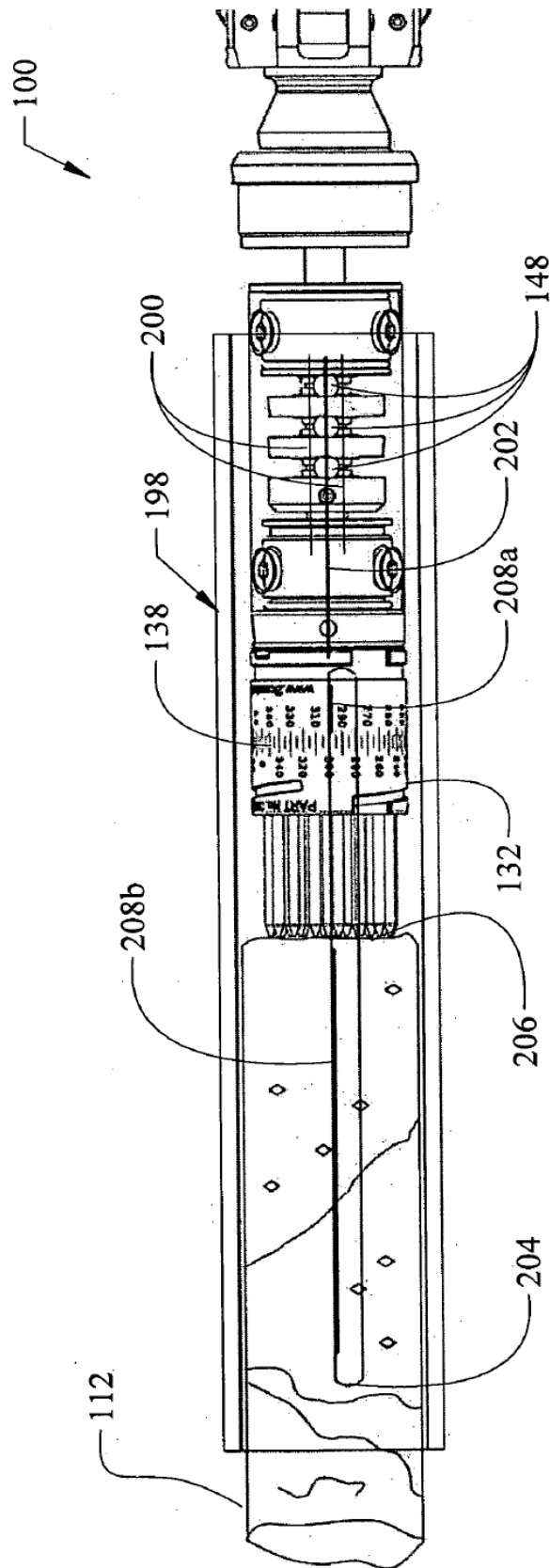


Figura 6