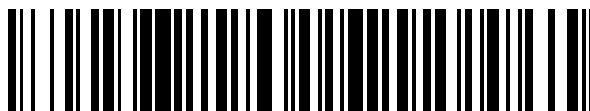


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 762 256**

51 Int. Cl.:

**G01N 3/30** (2006.01)

**G01N 3/32** (2006.01)

**G01N 3/42** (2006.01)

**G01N 33/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.02.2013 PCT/EP2013/053573**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.08.2013 WO13124426**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2013 E 13705493 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2019 EP 2817607**

54 Título: **Cabezal de medición destinado a ajustarse a un penetrómetro dinámico y procedimiento de medición con ayuda de dicho cabezal de medición**

30 Prioridad:

**23.02.2012 FR 1251660**

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

**22.05.2020**

73 Titular/es:

**SOL SOLUTION (100.0%)  
ZA des Portes de Riom Nord, 23 avenue Georges  
Gershwin  
63200 Riom, FR**

72 Inventor/es:

**GOURVES, ROLAND y  
BENZ NAVARRETE, MIGUEL**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

Observaciones :

**Véase nota informativa (Remarks, Remarques  
o Bemerkungen) en el folleto original publicado  
por la Oficina Europea de Patentes**

**ES 2 762 256 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

Cabezal de medición destinado a ajustarse a un penetrómetro dinámico y procedimiento de medición con ayuda de dicho cabezal de medición

5

**[0001]** La presente invención se refiere a un cabezal de medición destinado a ajustarse a un penetrómetro dinámico así como a un procedimiento de medición con ayuda de dicho cabezal de medición.

**[0002]** Un penetrómetro dinámico es un aparato que permite medir, in situ, las características mecánicas de los terrenos sin que sea necesario tomar una muestra para un estudio en laboratorio.

10

**[0003]** Un penetrómetro comprende un tren de barras metálicas. El extremo libre de una barra terminal está provisto de una punta que asegura la penetración en el terreno de una parte del tren de barras cuando se ejerce un impacto en el extremo libre de la otra barra terminal del tren de barras. Este impacto es transmitido al tren de barras por medio de un cabezal de percusión.

15

**[0004]** Dicho penetrómetro dinámico se describe en el documento FR-A-2.817.344 y es comercializado por la empresa SOL SOLUTION. Este penetrómetro permite medir la compacidad de un terreno y contiene un cabezal de percusión, una barra central, una sonda cónica y un tren de barras que unen el cabezal de percusión con la sonda cónica. El funcionamiento del penetrómetro se basa en el principio consistente en suministrar una energía al cabezal de percusión, especialmente mediante un golpe de martillo. Esta energía es transmitida a continuación por la barra central al tren de barras plegadas a la sonda cónica. Esta se introduce entonces en el terreno en una profundidad que depende de la densidad del terreno. Conociendo la energía suministrada al penetrómetro, el valor del desplazamiento de la sonda y la sección de la sonda, es posible entonces determinar la tasa de compacidad del terreno. Las dos últimas características son fáciles de medir y la energía transmitida al penetrómetro se mide por medio de un sensor de tipo piezoeléctrico cuya deformación genera una señal eléctrica proporcional a la intensidad del impacto. Asimismo se pueden usar, para medir la energía suministrada al penetrómetro, galgas de restricción montadas en puente de Wheatstone. Las galgas de restricción se someten a continuación a tensión y su resistencia eléctrica varía según la deformación de la galga. La señal eléctrica, aplicada a las galgas de restricción, varía así proporcionalmente a la intensidad del impacto y permite deducir el valor de la energía transmitida al cabezal de percusión. En este documento de la técnica anterior, no hay que preocuparse de medir la onda transmitida durante el impacto y menos aún de filtrar dicha onda transmitida.

20

25

30

**[0005]** El uso de dicho penetrómetro es limitado. En la práctica, el impacto se efectúa, en general, de forma manual con ayuda de un martillo. Por ello, la medida de las características de los terrenos se efectúa en una profundidad restringida, normalmente entre 0 y 7 m.

35

**[0006]** Además, la medida de la energía suministrada al penetrómetro adolece de falta de precisión y el uso de un material piezoeléctrico como el cuarzo aumenta el coste del penetrómetro.

40

**[0007]** El documento WO-03.056.302-A1 describe una sonda para terreno o nieve que contiene una celda de medición en el cabezal de sonda, así como un acelerómetro de manera que pueda establecerse un perfil de la fuerza vertical de la nieve o del terreno. La resistencia de penetración se mide por medio de la celda de medición que contiene un polímero débilmente termoendurecible elegido por su aptitud para comportarse como un fluido no compresible.

45

**[0008]** El documento FR-2.817.344-A1 implementa un penetrómetro que comprende un cabezal de percusión hecho de un material de alto módulo de elasticidad, una sonda cónica y al menos una barra que une el cabezal de percusión con la sonda cónica, consistente en transmitir una energía al cabezal de percusión mediante un impacto elástico.

50

**[0009]** El documento FR-2.732.246-A1 se refiere a un generador de ondas de choque destinado a engendrar una onda de choque en una estructura con vistas a estudiar las características. A remediar estos inconvenientes se dirige más en concreto la invención al proponer un cabezal de medición destinado a equipar un penetrómetro dinámico que permite la determinación, de manera fiable, de las características del terreno optimizando la recogida y el tratamiento de las señales suministradas por un penetrómetro, para espesores de terreno de hasta 15 m.

55

**[0010]** Para este fin, la invención tiene por objeto un cabezal de medición tal como se define en la reivindicación 1.

1.

**[0011]** La presencia de un miembro de absorción apto para filtrar la onda de choque permite una recogida optimizada de las señales a la vez que se limita el tratamiento de estas últimas, de manera que las señales experimentan así un primer filtrado.

60

**[0012]** En las reivindicaciones dependientes 2 a 9 se especifican aspectos ventajosos pero no obligatorios de la invención.

65

**[0013]** La invención se refiere asimismo a un procedimiento de medición tal como se define en la reivindicación 10.

5 **[0014]** La invención se entenderá mejor y otras ventajas de la misma serán evidentes más claramente con la lectura de la descripción que se ofrece a continuación de un cabezal de medición realizada de acuerdo con la invención, ofrecida únicamente a modo de ejemplo y hecha en referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- la figura 1 es una vista lateral de un cabezal de medición de acuerdo con la invención,
- 10 - la figura 2 es una sección longitudinal, a la misma escala, según el plano II del cabezal de medición de la figura 1,
- la figura 3 es una vista simplificada, lateral y a otra escala, del cabezal de medición de la figura 1 unido a un tren de barras de un penetrómetro, de manera que este tren de barras se representa de forma parcial,
- la figura 4 es una vista lateral, simplificada, de un primer tipo de penetrómetro equipado con el cabezal de medición de la figura 1, de manera que se representa un martillo en la posición antes de un impacto en el cabezal de percusión, estando el terreno ilustrado esquemáticamente,
- 15 - la figura 5 es una vista en perspectiva, simplificada y a menor escala, de otro tipo de penetrómetro equipado con el cabezal de medición de la figura 1,
- la figura 6 es un diagrama que ilustra el procedimiento de tratamiento de las señales recogidas por el cabezal de medición y
- 20 - la figura 7 es una curva simplificada de las señales recogidas por dicho cabezal de medición representativas, una vez tratadas, del comportamiento de un terreno.

**[0015]** Tal como aparece en las figuras 1 y 2, el cabezal de medición 1 comprende un cuerpo principal 2 cilíndrico de base circular. Este cuerpo 2, hueco, está hecho de acero. Como variante, está hecho de otro material rígido.

**[0016]** Al menos uno, ventajosamente dos sensores de deformación 3, 4, ilustrados esquemáticamente en la figura 2, están montados en una barra central 5 insertada longitudinalmente en el cuerpo hueco 2 del cabezal de medición 1. La barra central 5 es maciza y cilíndrica con base circular. Su eje longitudinal X principal se confunde con el eje longitudinal principal del cuerpo 2 cuando se inserta en este último.

**[0017]** Los dos sensores de deformación 3, 4, denominados asimismo galgas de restricción, están alineados según el eje X y dispuestos uno con respecto al otro a una distancia comprendida entre el 10% y el 50% de la longitud L2 útil del cuerpo principal 2.

**[0018]** Ventajosamente, tal como se representa en la figura 2, se dispone igualmente un acelerómetro 6 en la barra 5 entre las dos galgas de restricción 3, 4. La parte de referencia 60 del acelerómetro 6 se fija en la pared interna 20 del cuerpo hueco 2.

**[0019]** La barra 5 tiene una longitud L5 tal que sobrepasa el cuerpo principal 2 por estos dos extremos 50, 51. Los extremos 50, 51 se extienden más allá del cuerpo 2 atravesando las juntas 21, 22 que cierran los extremos 23, 24 del cuerpo 2. Las juntas 21, 22 aseguran, por una parte, la estanqueidad con respecto al polvo y al agua del interior del cuerpo 2 y, por otra parte, permiten limitar las perturbaciones electromagnéticas en el cabezal de medición 1, aislando los elementos eléctricos y electrónicos, por ejemplo los sensores 3, 4 y el acelerómetro 6, insertados en el cuerpo principal 2. El cuerpo 2 participa igualmente, por la naturaleza de su material constitutivo, en la protección electromagnética de los elementos que contiene.

**[0020]** Se prevén igualmente salidas, no representadas, que permiten conectar los diferentes sensores a un módulo de cálculo, en el cuerpo principal 2 del cabezal de medición 1.

**[0021]** El extremo 51, denominado bajo con respecto a la figura 2, de la barra 5 forma el extremo del cabezal de medición. Comprende un orificio ciego 7. El orificio 7 se practica longitudinalmente en el extremo 51 y está centrado en el eje X de la barra 5. El orificio 7 permite la fijación del cabezal de medición 1, por un cajeado de tipo macho/hembra, conocido de por sí, en un extremo 8 de un tren 9 de barras 10, tal como se ilustra en la figura 3. El tren 9 de barras 10 se extiende igualmente según el eje X de la barra central 5 y el extremo 51 está, en la configuración de uso del penetrómetro, orientado hacia el terreno. Esta fijación puede ser definitiva. En este caso, la primera barra 10 del tren 9 está, por ejemplo, soldada al cabezal de medición, estando el orificio 7 adaptado a dicha fijación. Como variante, la fijación se realiza de forma extraíble, por ejemplo por atornillado, estando entonces el orificio 7 aterrajado. Una fijación extraíble permite montar dicho cabezal de medición 1 «en segunda posición» en un penetrómetro provisto de un tren 9 de barras 10. Más en general, el extremo 51 de la barra 5 está adaptado para cooperar mecánicamente con el tren 9 de barras 10.

**[0022]** El extremo superior 50 de la barra 5, con respecto a la figura 2, está situado, de manera similar al extremo inferior 51, fuera del cuerpo principal 2 más allá de la junta 21. El extremo 50 está insertado en un orificio

ciego

11 dispuesto en el cuerpo principal 200 de un cabezal de percusión 12.

5 **[0023]** Más en general, el extremo 50 de la barra 5 está adaptado para cooperar mecánicamente con el cabezal de percusión 12. El orificio 11 se practica en posición central, según una dirección paralela a un eje longitudinal del cabezal de percusión 12. El cuerpo 200 del cabezal de percusión 12 tiene forma de cilindro alargado con base circular. Sus dimensiones están adaptadas para que, cuando el extremo 50 está en el orificio 11, el eje longitudinal del cabezal de percusión 12 se alinee con el eje X del cuerpo 2. En consecuencia, el cabezal de percusión 12, la barra central 5 y el tren 9 de barras 10 están todos alineados según el eje X.

**[0024]** De arriba abajo en la figura 1, se encuentra así el cabezal de percusión 12, después la barra central 5 y finalmente el tren 9 de barras 10.

15 **[0025]** El orificio 11 está dispuesto en un extremo 121 del cuerpo 200 recibido en un refrentado 230 realizado en la junta 21. El extremo libre 120 opuesto al extremo 121, está adaptado para recibir un miembro 13 de absorción que incluye un material adaptado para asegurar un filtrado de las ondas transmitidas al tren 9 de barras 10. Este material es, ventajosamente, un polímero de alto impacto o polietileno de alta densidad. Como variante, se trata de otro material, por ejemplo caucho. Este miembro 13 está configurado en un disco macizo que cubre el extremo 120.  
20 El miembro 13 comprende, en posición central, dos relieves 130, 131 dispuestos uno junto al otro en dos caras 132, 133 opuestas del miembro 13 y perpendiculares a estas caras. Como variante, el miembro 13 está configurado en forma de anillo de doble casquillo, disco macizo sin relieve o cualquier otra forma adaptada a la configuración del cabezal de medición y/o al filtrado deseado.

25 **[0026]** Además, el material constitutivo del miembro 13 y/o su configuración geométrica participan en la protección electromagnética del cabezal de medición 1.

**[0027]** El relieve 130 está insertado en un alojamiento 122 dispuesto en el extremo 120. El relieve 131 está insertado en un alojamiento 140 dispuesto en una parte terminal 14 del cabezal de percusión 12, maciza y configurada sustancialmente en forma de media luna. Esta parte terminal 14 forma la parte del cabezal de percusión 12 destinada a recibir el impacto. Este se transmite, por medio del miembro 13 y la barra 5, al conjunto del tren 9 de barras 10 del penetrómetro. El miembro de absorción 13 se intercala así, según el eje X, entre la parte terminal 14 del cabezal de percusión 12 y el extremo 51 de la barra central 5. Estando los sensores 3 y 4 dispuestos en la barra central 5, se colocan así entre el miembro de absorción 13 y el extremo 51 de la barra 5. La altura H del miembro de absorción 13 está comprendida ventajosamente entre 10 y 100 mm, tomándose esta altura entre los relieves 130 y 131 incluidos. La densidad del miembro 13, de hecho la densidad del material constitutivo del miembro 13, está comprendida entre  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{3}{4}$  de la densidad del acero. Ventajosamente, la densidad del miembro 13 está comprendida entre  $\frac{1}{3}$  y  $\frac{1}{2}$  de la densidad del acero y, de forma preferida, es cercana a  $\frac{1}{3}$  de la densidad del acero.

40 **[0028]** El extremo 50 de la barra 5 está insertado en el orificio ciego 11 del cuerpo 200 del cabezal de percusión 12 con una holgura. Dicho de otro modo, el extremo 50 no está en contacto con el fondo del orificio ciego 11. Este participa igualmente en la absorción durante un impacto ejercido sobre la parte 14.

**[0029]** La configuración del cabezal 12, en particular de la parte 14 y del miembro 13, permite realizar un impacto plástico y generar una onda, sinusoidal o no, mayor que la generada habitualmente con un penetrómetro del estado de la técnica. Dicho de otro modo, el miembro 13 absorbe ciertas frecuencias de la onda denominada descendente, es decir, de la onda generada por el impacto y dirigida hacia el tren 9 de barras 10.

**[0030]** La presencia del miembro 13 permite así generar un impacto y una onda de choque de tipo dado. Participa asimismo en la protección del cabezal de medición 1 en lo relativo a perturbaciones electromagnéticas.

**[0031]** La figura 3 ilustra un tren 9 de barras 10 equipado con el cabezal de medición 1. El extremo bajo 7 del cabezal de medición 1 está unido a una barra terminal 10 de acero, de forma definitiva o extraíble, de un tren 9 de barras 10. El tren 9 tendrá una longitud definida por el número de barras 10 y/o la longitud de cada barra 10, para el tipo de ensayos que se realizarán. En general con un penetrómetro de tipo manual, es decir, un penetrómetro dinámico de energía variable cuyo cabezal de percusión está destinado a recibir un impacto variable ejercido manualmente, esta longitud está comprendida entre 0,25 m y 1 m.

**[0032]** La barra terminal 10A, situada en posición baja en relación con la figura 3, está equipada con una punta 15. La geometría de esta punta 15, también de acero, está adaptada para que sea cónica con un ángulo  $\alpha$  en el vértice como mínimo de  $60^\circ$  y, de manera preferida, próximo a  $90^\circ$ . La parte activa de un penetrómetro dinámico de energía variable comprende así un tren 9 de barras 10 cuya barra terminal 10A comprende una punta 15 y otra barra terminal 10B un cabezal de medición 1.

65 **[0033]** Dicho penetrómetro de tipo manual se ilustra en la figura 4. Este tipo de penetrómetro es fácil de

transportar.

Está representado en configuración activa, colocado verticalmente y en perpendicular al terreno por medio de una guía 16, configurada en una placa horadada, que permite la colocación precisa de la punta 15 antes de su introducción en el terreno.

**[0034]** En las figuras 3 y 4, una envoltura 100 rodea al tren 9 de barras 10. Esta envoltura 100 evita el contacto directo entre el terreno y las barras 10. Así, solo la punta 15 está en contacto con el terreno, de manera que este último no ejerce ningún rozamiento en las barras 10 susceptible de falsear las medidas. En otra realización, según la naturaleza del terreno, el penetrómetro está desprovisto de la envoltura 100.

**[0035]** El extremo alto 8 de la barra 10B alta del tren 9 de barras está provisto del cabezal de medición 1 que está unido a la guía 16 por una correa 17 que permite medir la distancia recorrida por la punta 15 durante su introducción cuando se lleva un impacto en la parte redondeada 14 del cabezal de percusión 12. Durante este impacto, efectuado con ayuda de un martillo 18 del que se conocen ciertas características, se realiza un impacto plástico en la parte 14. Durante este impacto, la parte 14 transmite a la barra 5 y a la punta 15, por medio del tren 9 de barras, una energía E de arriba abajo, según una flecha F, que permite introducir la punta 15 del penetrómetro en el terreno. Una parte Ed de esta energía E se disipa en el terreno, en función de la naturaleza y de las características de este último. Otra parte Er de la energía E se refleja y es transmitida por la punta 15 en sentido inverso, es decir, de abajo arriba según la flecha F1, hacia el cabezal de medición 1 por el tren 9 de barras 10.

**[0036]** La reflexión de la energía Er se efectúa de forma similar a la transmisión de la energía E, debido a las propiedades homogéneas de las barras 10 a lo largo del tren 9 y del cabezal de medición 1, estando hechos estos diferentes elementos de un mismo material, el acero.

**[0037]** La presencia del miembro 13 permite generar ondas descendentes más grandes que las generadas en ausencia del miembro 13, a la vez que se filtran ciertas frecuencias correspondientes a ondas denominadas parásitas.

**[0038]** Las ondas descendentes son reflejadas, al menos en parte, en la dirección del cabezal 1 a partir de la punta 15. Estas ondas son representativas del comportamiento del penetrómetro entre la punta 15 y el terreno y entre la porción de la barra terminal 10A introducida en el terreno y el terreno, en la porción de barra 10A insertada en el terreno. Dicho de otro modo, estas ondas son portadoras de numerosas informaciones relativas al comportamiento mecánico del terreno.

**[0039]** Es interesante así tratar dichas ondas con el fin de determinar características del terreno que hasta entonces no podían determinarse o al menos no podían hacerlo de manera fiable y repetitiva con un penetrómetro según el estado de la técnica.

**[0040]** La figura 5 ilustra otra realización de la invención con un penetrómetro denominado pesado. Se trata de un penetrómetro 19 dinámico de energía constante, motorizado, automotor, capaz de realizar ensayos en profundidades importantes del terreno, normalmente más allá de 5 m, pudiendo efectuarse estos ensayos hasta profundidades próximas a 15 m.

**[0041]** Este tipo de penetrómetro 19 comprende un chasis 190 provisto de miembros que aseguran el desplazamiento del penetrómetro, a modo de orugas 191. Este chasis 190, además de un módulo 192 de control del penetrómetro, comprende asimismo un módulo 193 de recogida y de tratamiento de las señales recogidas por el cabezal de medición 1.

**[0042]** Este, como sucedía anteriormente, está dispuesto en el extremo de un tren 9 de barras 10, guiado a lo largo de un mástil 194 mantenido en posición vertical durante los ensayos.

**[0043]** El extremo inferior 195 del mástil 194 está apoyado en una placa de guiado 196 que asegura el guiado de la punta 15 en el terreno.

**[0044]** El cabezal de medición 1 está dispuesto en desfase con respecto al eje longitudinal X del tren 9 de barras 10. Está unido al tren 9 por una placa 197 fijada radialmente en la pared externa de un manguito 198. Este manguito 198 está montado de forma deslizante en el mástil 194, a partir del extremo 199 de este último opuesto al extremo 195. Se inserta una masa 180 en una envoltura 181 de guiado dispuesta en paralelo al mástil 194. La masa 180 se pone en acción mediante un gato 182 insertado en el extremo 199 del mástil 194. La masa 180 se suelta a una altura determinada, en la envoltura 181, antes de que incida sobre ella el cabezal de medición 1.

**[0045]** Así, con dicho penetrómetro pesado 19, es posible calificar fácilmente la energía transmitida durante el impacto ya que la masa y la velocidad de caída de la masa 180 son conocidas y se definen antes de cada serie de mediciones. Como se indicó anteriormente, el cabezal de medición 1 puede equipar de forma definitiva o extraíble dicho penetrómetro 19.

**[0046]** Debe observarse que, en la realización preferida, se usan dos galgas de deformación 3, 4 en lugar de una lo que permite, con ayuda de las dos medidas de deformación y de la determinación de la distancia de introducción, determinar, mediante el cálculo, la aceleración sin necesitar la presencia de un acelerómetro 6. No obstante, tal como se ilustra en la figura 2, este último puede preverse en el cabezal de medición 1, para formar un dispositivo de medición de emergencia en caso de fallo de una de las galgas 3 o 4 o para realizar una medida redundante de la aceleración.

**[0047]** El cabezal de medición 1, ya esté fijado en un penetrómetro del tipo de la figura 4 o de la figura 5, permite recoger diferentes señales. Un primer grupo de señales comprende datos relativos a la deformación del tren 9 de barras 10 durante la transmisión de la onda de choque del cabezal de percusión 12 a la punta 15. Estas señales son representativas de la fuerza resistente  $F_p(t)$  de la punta. La medida, ya sea directa mediante el acelerómetro 6 o realizada mediante cálculo, de la aceleración  $a(t)$  permite determinar la velocidad de introducción  $V_p(t)$  de la punta 15 así como el valor de la introducción  $S_p(t)$  de la punta 15 en el terreno. Así es posible determinar la resistencia del terreno en la punta 15, por la diferencia entre la energía  $EF_{dp}(t)$  transmitida al terreno por la punta 15 y la energía reflejada por la punta 15.

**[0048]** La energía  $EF_{dp}(t)$ , en forma de una onda de compresión, es transmitida desde el cabezal de percusión 12 a la punta 15 y después se refleja parcialmente hacia la fuente, es decir, hacia el cabezal de medición 1 mientras que una parte es absorbida por la punta y el terreno durante la introducción del penetrómetro. Cuando esta onda reflejada llega al cabezal de medición 1, es reflejada de nuevo, esta vez en la dirección de la punta 15. Este fenómeno de yoyó de la onda continúa mientras la intensidad disminuye en cada reflexión en la punta 15 o el cabezal de medición 1, hasta dejar de ser perceptible.

**[0049]** El conjunto de estas señales se recoge en tiempo real, en cada paso de la onda en el cabezal de medición 1. Al efectuarse la medida aproximadamente cada dos microsegundos, estas señales representan, en un periodo de una medida, una masa de informaciones importante.

**[0050]** Estas informaciones son representativas del comportamiento mecánico del terreno. En particular, de la plasticidad, la elasticidad y la amortiguación del terreno.

**[0051]** Para efectuar la determinación de estas características a partir del conjunto de las señales recogidas por un cabezal de medición 1, ya esté montado en un penetrómetro dinámico de energía variable o constante tal como se ilustra en las figuras 4 y 5, conviene efectuar una discriminación entre las señales representativas de las características del terreno y las señales parásitas. Esto es posible, en parte, gracias al miembro de absorción 13 y a la configuración geométrica de la parte 14 del cabezal de percusión 12. Dicho de otro modo, el cabezal de medición 1 realiza un filtrado mecánico de ciertas frecuencias de la onda de choque.

**[0052]** Este filtrado mecánico se completa con un procedimiento de medición de los datos recogidos por el cabezal de medición 1 ilustrado en la figura 6. En este caso, debe entenderse que la expresión «procedimiento de medición» designa la recogida de datos por medio del cabezal de medición 1 así como el tratamiento y la interpretación de estos datos, entendiéndose que el término señal debe considerarse como sinónimo de datos.

**[0053]** El procedimiento de medición permite, entre otros, tratar las señales con el fin de mejorar la legibilidad de estos últimos, como complemento de la acción del miembro 13 y después, a partir de estas señales tratadas, de interpretarlas y de determinar las características del terreno, por ejemplo, por comparación para algunas.

**[0054]** La primera etapa 30 consiste, con ayuda del cabezal de medición 1, en adquirir y acondicionar las señales suministradas por los sensores 3, 4. Se obtiene de las señales  $F(t)$  y  $a(t)$ . Estas señales experimentan a continuación una serie de tratamientos efectuados por un módulo de cálculo 193 y diferentes según la señal  $F(t)$  o  $a(t)$ .

**[0055]** La señal de fuerza resistente  $F(t)$  experimenta, durante una etapa 31, un filtrado a 50 Hz con el fin de eliminar los ruidos eléctricos y un alisado para elevar la línea de base. En la etapa 32, se obtiene una señal  $F(t)$  corregida. Si en la salida de la etapa 31 la señal no se corrige o no puede corregirse por ser demasiado débil, conviene adquirir una nueva señal  $F(t)$ , tal como se indica mediante la flecha 33, volviendo a efectuar la adquisición de nuevas señales durante otra etapa 30. La señal de aceleración  $a(t)$  experimenta, durante una etapa 34 un alisado y un filtrado a 50 Hz para el ruido de fondo, seguido de una corrección, al menos del primer grado, de la línea de base.

**[0056]** A continuación se aplica a la señal  $a(t)$  un tratamiento de integración temporal 35 y un tratamiento de integración en frecuencia 36, mediante transformada de Fourier rápida, seguida de las etapas 37 de filtrado.

**[0057]** Si los valores 38, 39 de la señal  $a(t)$  obtenidos respectivamente en la salida de las etapas 35 y 37 son idénticos, se obtiene, en la etapa 32 una señal corregida  $a(t)$ .

**[0058]** Si los valores 38, 39 son diferentes, se prima el valor 39 obtenido en la etapa 37 y este valor se considera la señal  $a(t)$  corregida en la etapa 32.

**[0059]** Si los valores de  $a(t)$  son visiblemente erróneos o demasiado débiles, se vuelve a realizar una serie de mediciones tal como se indica mediante la flecha 40.

5 **[0060]** En las señales corregidas  $F(t)$  y  $a(t)$  obtenidas en la etapa 32, se efectúa un desacoplamiento de las ondas ascendente y descendente durante una etapa 41. Esta etapa se sigue de una etapa 42 de determinación de la velocidad de propagación de la onda de compresión en el terreno. Se trata de determinar la componente polar de impacto y a continuación la celeridad. Este valor es característico del comportamiento del terreno bajo el efecto de una onda de compresión.

10

**[0061]** Durante una etapa 43, estas correcciones permiten reconstruir las señales de resistencia en la punta  $q_d(t)$  en MPa, de fuerza en la punta  $R(t)$  en kN y de introducción de la punta  $S_p(t)$  en mm y representarlas gráficamente. Se ofrece un ejemplo de dicha curva en la figura 7.

15 **[0062]** Estas señales, corregidas y aprovechables, o bien se visualizan y se comparan, durante una etapa 44, con señales de terrenos conocidos repertoriados en una base de datos, o bien se almacenan para un tratamiento ulterior durante una etapa 45. Debe observarse que el almacenamiento 45 interviene igualmente después de la etapa 44.

**[0063]** En cada campaña de mediciones, las señales recogidas en la etapa 43 sirven para, por incremento, enriquecer la base de datos.

20

**[0064]** En paralelo al almacenamiento y/o a la comparación con los valores conocidos, se realiza otra serie de mediciones, tal como se ilustra esquemáticamente mediante la flecha 46.

25 **[0065]** La figura 7 ilustra las características determinadas en la etapa 43 como resultado del procedimiento de medición de las señales recogidas. En el presente caso, se trata de la ilustración del comportamiento de un terreno en el que, en función de la introducción de la punta en mm, se representa la resistencia en la punta  $q_d(t)$  y también la fuerza en la punta en  $R(t)$ .

30 **[0066]** Una primera parte P1 de la curva se denomina dinámica. Corresponde al impacto en la punta 15, es decir, a la introducción del penetrómetro en el terreno. Esta parte P1 caracteriza a la elasticidad del terreno.

**[0067]** A continuación una segunda parte P2 corresponde a la amortiguación del impacto, es decir, a la ralentización de la penetración de la punta en el terreno. La parte P2 persiste sustancialmente durante todo el tiempo de la introducción. Se trata de una caracterización de la plasticidad. El análisis de esta parte P2 permite asimismo  
35 obtener informaciones sobre la granulometría del terreno, por ejemplo mediante un análisis de la señal.

**[0068]** La última parte P3 es un bucle correspondiente a un ciclo de carga y recarga. Se trata de una caracterización de la elasticidad «pura», es decir, la elasticidad debida solo a las vibraciones de la punta 15 en el terreno, sin interacción de la viscosidad del terreno.

40

**[0069]** Debe observarse que la figura 7 es una representación simplificada, para facilitar la lectura de la curva.

**[0070]** Comparando las características obtenidas con las características conocidas y almacenadas en una base de datos, se pueden asociar las características de este terreno a su naturaleza y/o su composición y/o su  
45 granulometría.

**[0071]** El cabezal de medición 1 permite determinar conjuntamente, es decir, durante una serie de mediciones, estas características y ello durante cada impacto. Mediante tratamiento de la señal y modelización, las señales así reunidas permiten obtener numerosas informaciones sobre las propiedades mecánicas del terreno. Se puede  
50 determinar, por ejemplo, la resistencia estática o la resistencia última  $R_s$  del terreno. Mediante dicho cabezal de medición y dicho procedimiento es posible determinar otras características.

REIVINDICACIONES

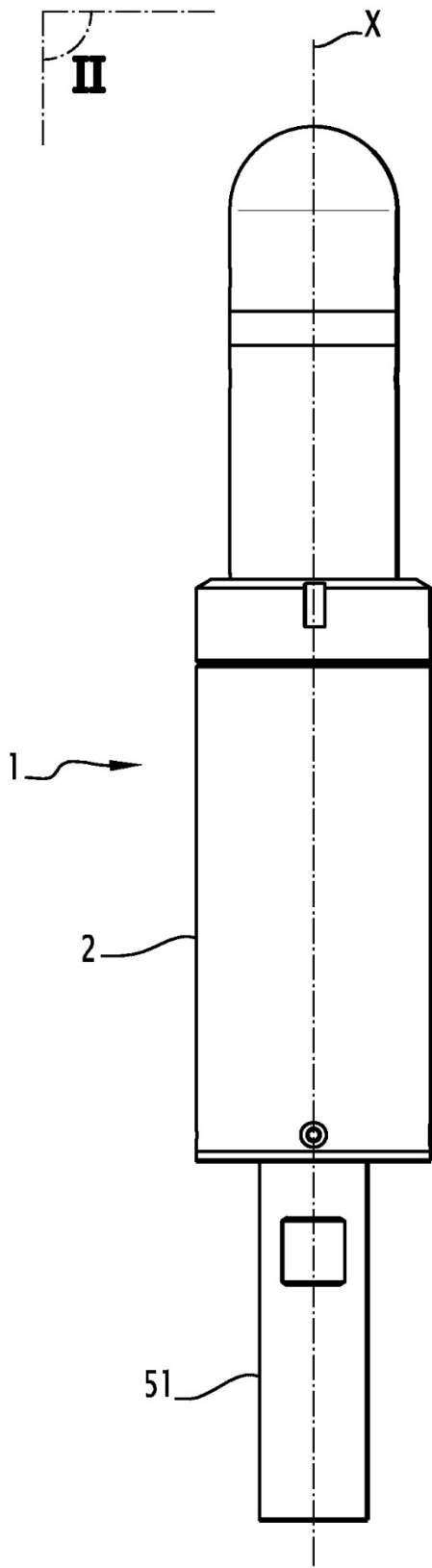
1. Cabezal de medición (1), destinado a ajustarse con un penetrómetro dinámico (19) y adaptado para unirse a un tren (9) de barras (10) provisto de una punta (15) terminal, comprendiendo este cabezal de medición (1):
- 5 - un cabezal de percusión (12) destinado a recibir un impacto que se transmitirá, por medio del resto del cabezal de medición (1), al tren (9) de barras (10), y  
 - una barra central (5) de transmisión de impacto del cabezal de percusión al tren de barras, en la que dicha barra central presenta un primer extremo (50), que se gira hacia el cabezal de percusión, y un segundo extremo (51), que es opuesto al primer extremo y que está adaptado para cooperar con el tren de barras, y en la que la barra central está provista de al menos un sensor de deformación (3, 4),
- 10 **caracterizado porque** comprende al menos un miembro de absorción (13), que está intercalado entre una parte terminal de recepción de impacto (14) del cabezal de percusión (12) y el segundo extremo (51) de la barra central (5) y que está adaptado para filtrar la onda transmitida al tren de barras cuando la parte terminal del cabezal de percusión recibe un impacto.
- 15
2. Cabezal según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el miembro de absorción (13) está hecho de un material que comprende un polímero de alto impacto o de polietileno de alta densidad.
- 20
3. Cabezal según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el miembro de absorción (13) es recibido en dos alojamientos (140, 122) dispuestos respectivamente en la parte terminal (14) del cabezal de percusión (12) y en otra parte (200) del cabezal de percusión.
- 25
4. Cabezal según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** la barra central (5) está provista además de un sensor de aceleración (6).
5. Cabezal según la reivindicación 4, **caracterizado porque** dos sensores de deformación (3, 4) están dispuestos uno tras otro en la barra central (5) que se inserta en sentido longitudinal, y **porque** la barra central (5) está insertada en un cuerpo hueco (2) del cabezal de medición (1), que recibe los sensores (3, 4, 6) y que limita las perturbaciones electromagnéticas.
- 30
6. Cabezal de medición según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el primer extremo (50) de la barra central (5) se inserta en un orificio ciego (11) dispuesto en el cabezal de percusión (12) y **porque** el segundo extremo (51) de la barra (5) comprende un orificio ciego (7) en el que se inserta un extremo (8) del tren (9) de barras (10).
- 35
7. Cabezal de medición según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la barra central (5) comprende un miembro de unión (51, 7) adaptado para unir el cabezal de medición (1) a un tren (9) de barras (10) de un penetrómetro dinámico.
- 40
8. Cabezal según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la parte terminal (14) del cabezal de percusión (12) está configurada para generar una onda de choque, especialmente en forma de media luna.
- 45
9. Cabezal de medición según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** está adaptado para unirse a un tren (9) de barras (10) cuya punta (15) terminal es cónica, siendo el ángulo ( $\alpha$ ) en el vértice de la punta (15) de al menos 60°.
- 50
10. Procedimiento de medición con ayuda de un penetrómetro dinámico equipado con dicho cabezal de medición (1) de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende al menos las etapas siguientes:
- 55 - a) generación de un impacto (18) en la parte terminal (14) del cabezal de percusión (12),  
 - b) recogida (30), con ayuda de dicho al menos un sensor de deformación (3, 4), de señales representativas de las variaciones de la fuerza resistente a la punta y de aceleración durante la introducción de la punta (15) en el terreno bajo el efecto del impacto en el cabezal de percusión,  
 - c) realización de un filtrado en frecuencia (31) de las señales de fuerza resistente,  
 - d) realización de un filtrado temporal (35) y un filtrado en frecuencia (36) de las señales (34) de aceleración  
 60 recogidas,  
 - e) validación por comparación de los dos filtrados (35, 36) realizados en la etapa d),  
 - f) consideración (32) de las señales obtenidas en las etapas c) y d) como señales corregidas,  
 - g) realización de (41) de un desacoplamiento de las ondas en las señales corregidas,  
 - h) determinación (42) de la velocidad de propagación o celeridad de la onda de compresión en el terreno,  
 65 - i) reconstrucción (43) de las señales relativas al impacto recibido en la punta (15) del penetrómetro



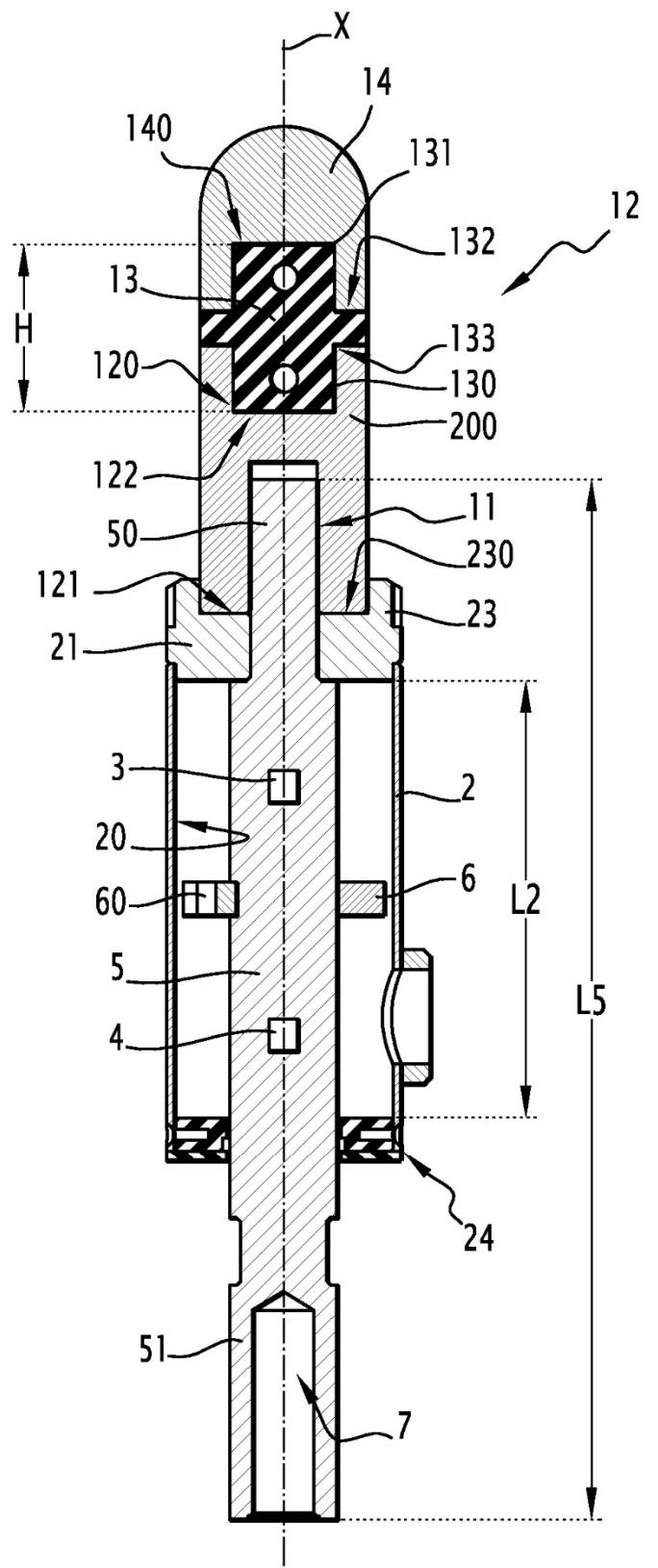
## ES 2 762 256 T3

- j) realización de una curva (44) representativa del comportamiento mecánico del terreno, por ejemplo con ayuda de las características de resistencia, viscosidad y plasticidad del terreno,
- k) comparación de estas características con las de terrenos conocidos y deducción en consecuencia del comportamiento mecánico del terreno.

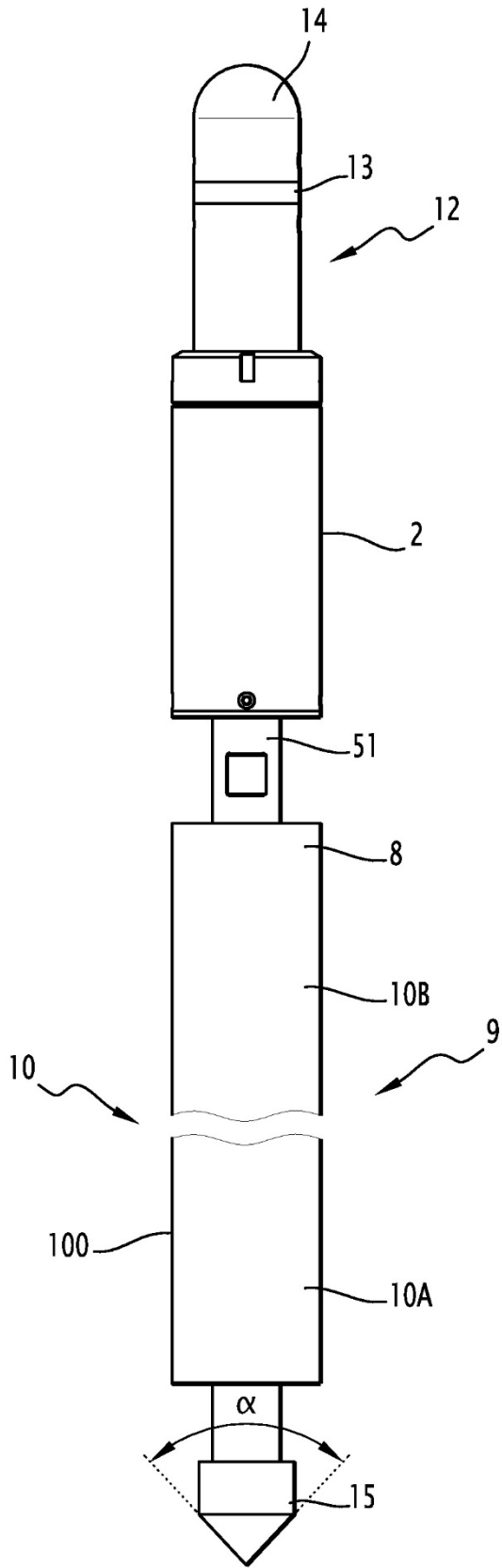
5



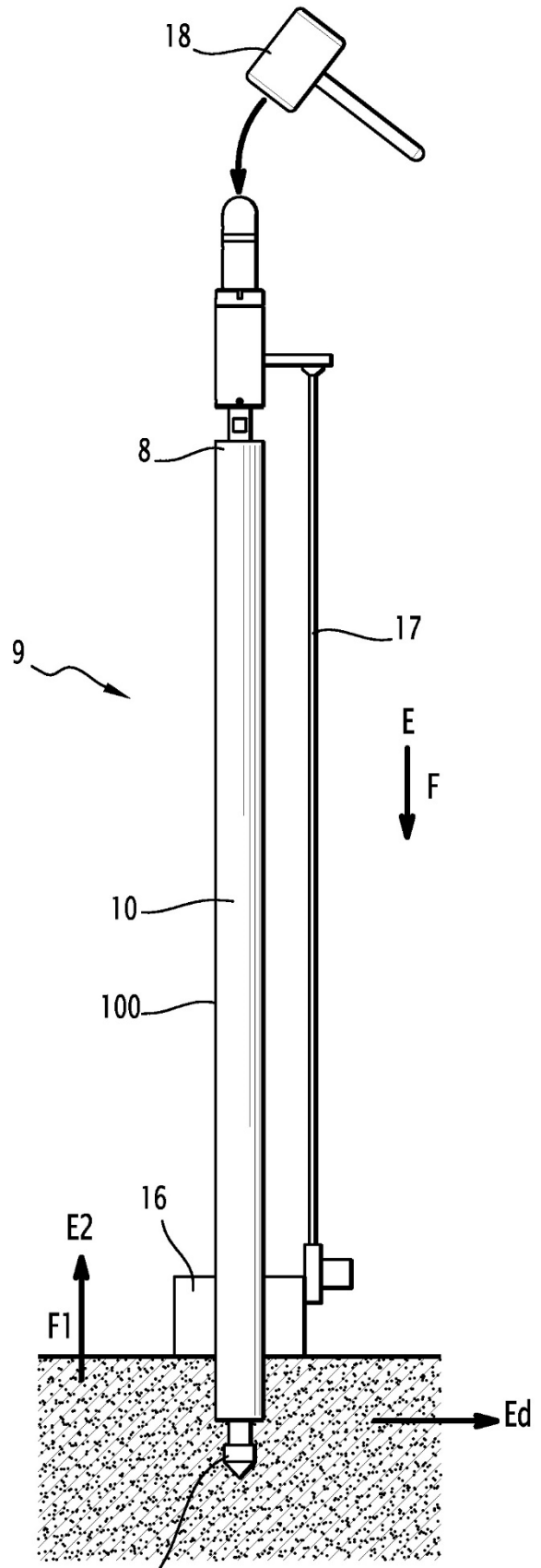
**FIG.1**



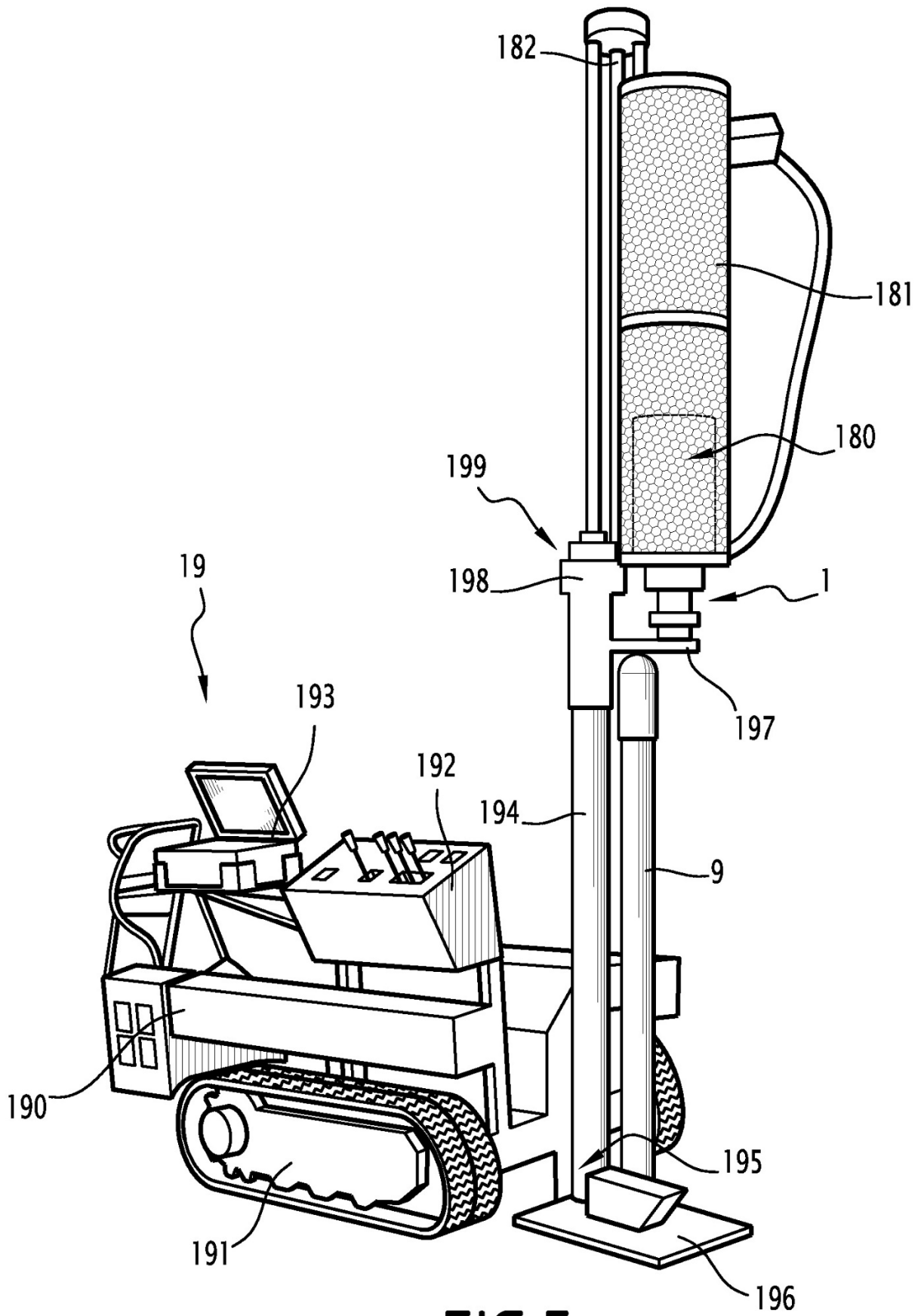
**FIG.2**



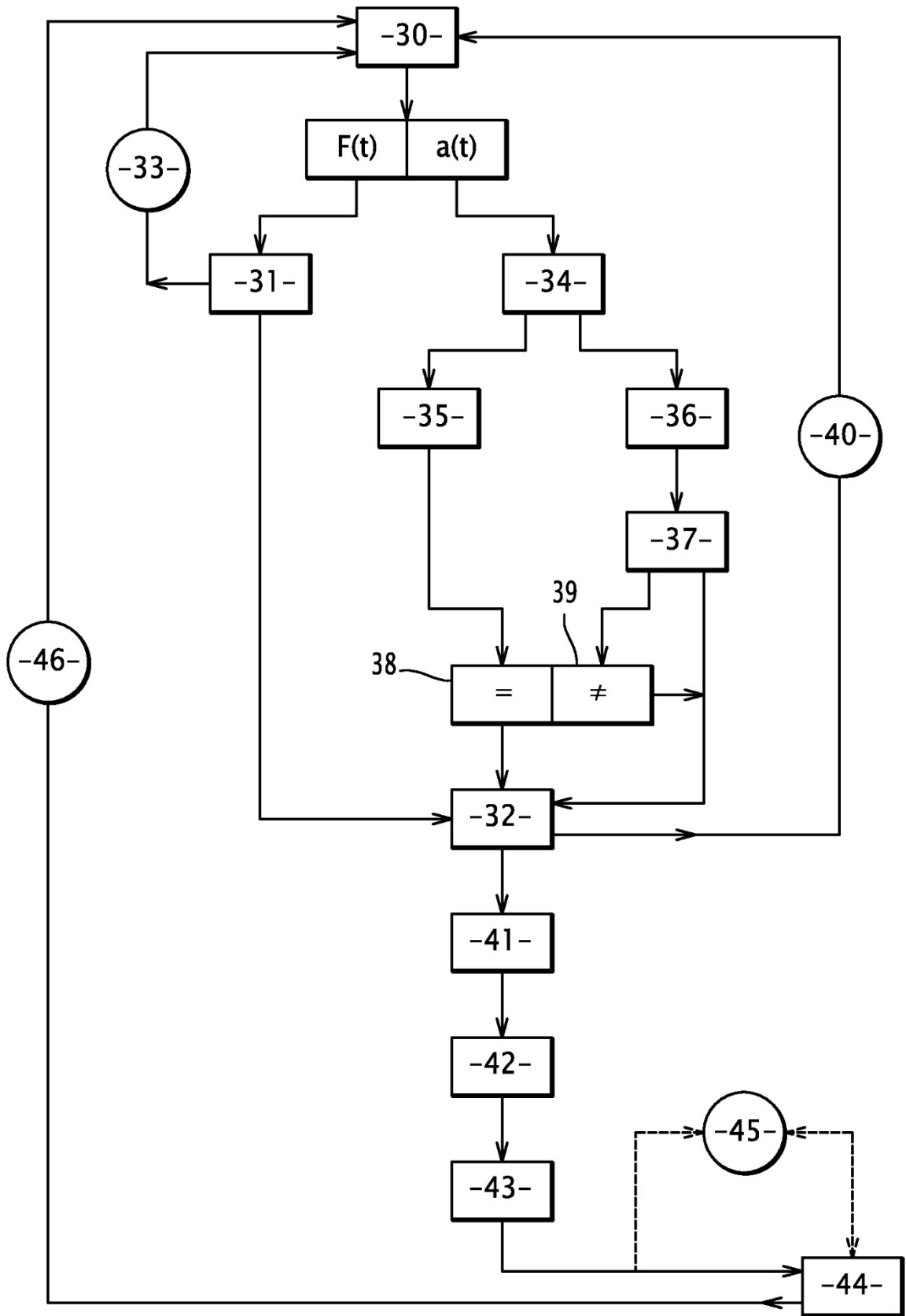
**FIG.3**



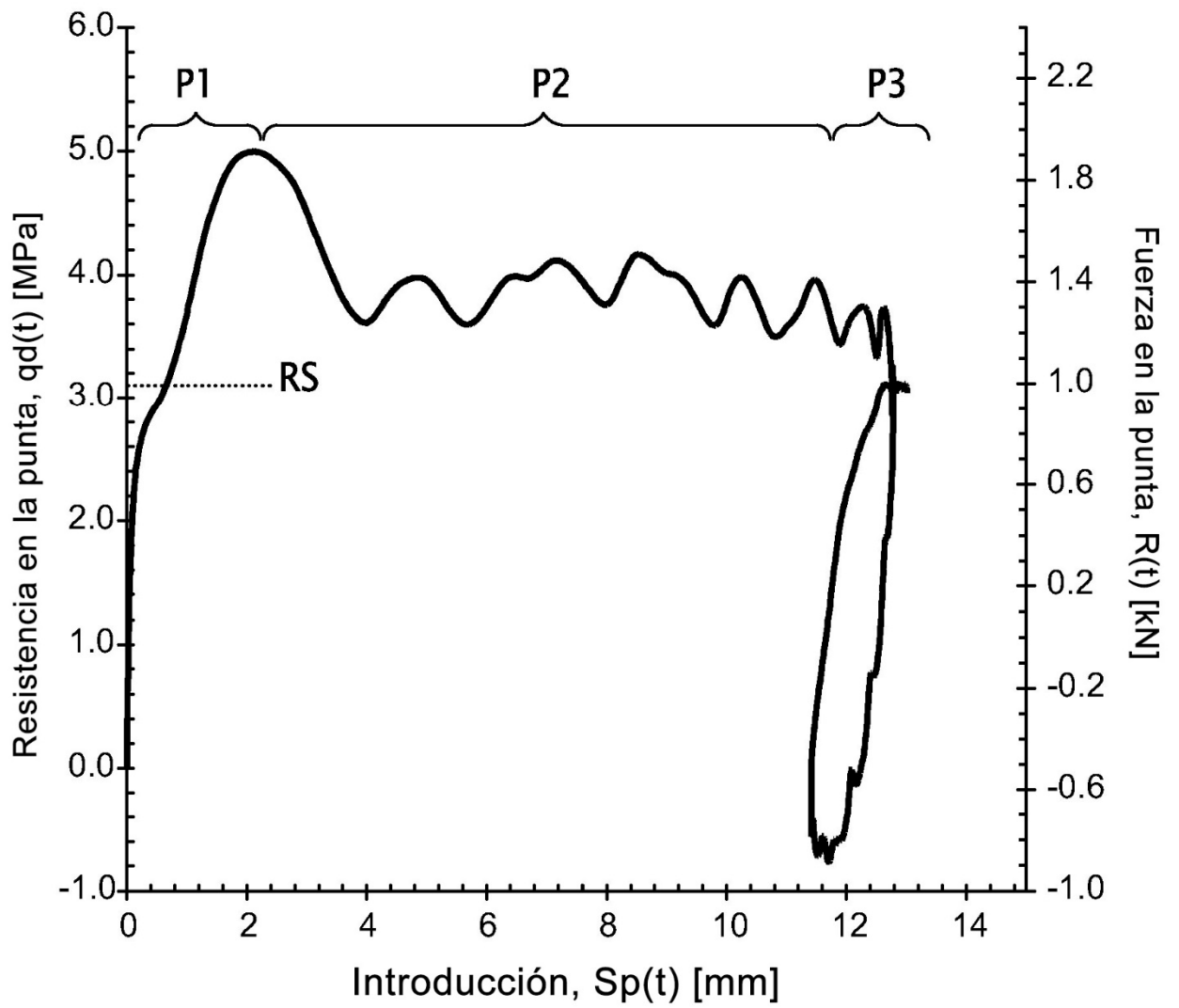
**FIG.4**



**FIG. 5**



**FIG. 6**



**FIG.7**