

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 569 249**

51 Int. Cl.:

**G01N 33/24** (2006.01)

**G01N 33/18** (2006.01)

**G01N 35/00** (2006.01)

**G01N 35/04** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.03.2012 E 12712338 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.02.2016 EP 2729796**

54 Título: **Dispositivo de medición acoplado de parámetros hídricos de un suelo**

30 Prioridad:

**05.07.2011 FR 1156036**

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

**09.05.2016**

73 Titular/es:

**VALORHIZ (50.0%)  
2196 Boulevard de la Lironde, Bât. 6, Parc  
Scientifique Agropolis II  
34980 Montferrier Sur Lez, FR y  
INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE  
DÉVELOPPEMENT (IRD) (50.0%)**

72 Inventor/es:

**BELLIER, GÉRARD y  
BRAUDEAU, ERIK**

74 Agente/Representante:

**LAZCANO GAINZA, Jesús**

**ES 2 569 249 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo de medición acoplado de parámetros hídricos de un suelo

La presente invención pertenece al campo de la determinación de propiedades de un medio estructurado complejo, y más particularmente al campo de los instrumentos de caracterización física de muestras porosas.

5 Numerosas publicaciones describen aparatos para el análisis físico de un suelo en relación con sus condiciones hídricas (E. Braudeau, M. Sene et R.H. Mohtar, 2005, European Journal of Soil Science, 56: 375-388 ou P. Boivin, B. Schäffer, E. Temgoua, M. Gratier et G. Steinman, 2006, Soil & Tillage Research, 88: 65-79). La invención tiene por objeto un aparato para el análisis físico de un suelo o de otro medio organizado natural, que permite realizar sobre una misma muestra, a intervalos de tiempo regulares y simultáneamente, al menos dos mediciones en relación con el estado hídrico de esta muestra, a saber el potencial del agua y la pérdida. Las curvas obtenidas a partir de estas mediciones son representativas de la evolución en el tiempo la condición hídrica y estructural de la muestra del suelo durante su desecamiento.

15 Se ha demostrado que la caracterización física precisa y fiable de un suelo necesita establecer las dos curvas características de la humedad del suelo, a saber la curva de potencial del agua y la curva de pérdida (Braudeau et Mohtar, 2009, Global Planetary Change Journal, 67: 51-61). En efecto, estas dos curvas son las ecuaciones del estado del equilibrio termodinámico e hidroestructural del medio organizado que es un suelo. Pueden ser utilizadas para determinar la naturaleza del suelo estudiado y para caracterizar sus propiedades físicas en relación con su utilización agrícola.

20 La curva de pérdida representa el volumen específico aparente de la muestra ( $V$ , expresado en  $\text{dm}^3$  por kg de suelo seco) en función del contenido en agua gravimétrica (denominado  $W$  y expresado en kg de agua por kg de suelo seco). La curva de potencial del agua del suelo representa el potencial del agua del suelo (denominado  $h$  y expresado en kPa) en función igualmente del contenido en agua  $W$ .

25 Actualmente, la curva de pérdida se mide en las condiciones satisfactorias con la ayuda de un aparato, llamado retractómetro para pasar muestras, que han sido elaboradas por el laboratorio de hidrofísica del Institut de Recherche pour le Développement (IRD de Bondy). El retractómetro es actualmente el único equipo capaz de obtener la curva de pérdida del suelo en continuo, es decir a intervalos de tiempo regulares en el transcurso del desecamiento progresivo y continuo de la muestra (E. Braudeau, J.M. Costantini, G. Bellier, H. Colleuille, 1999, Soil. Sci. Soc. Am. J., 63: 525-535.).

30 La curva de potencial del agua es en cuanto a sí misma establecida midiendo la fuerza de succión ejercida por el suelo, es decir en la práctica la tensión del agua en la muestra de suelo no saturada. El solo método de medición directo de esta magnitud física es la medición con el tensiómetro, bien conocida en la ciencia del suelo. Este tensiómetro comprende, conectado a un sensor de depresión, un tubo de bajo diámetro lleno de agua y provisto de una bujía porosa en su extremo libre. La bujía que se coloca en el centro de la muestra dejando pasar el agua pero sin pasar el aire, el sistema se pone en equilibrio de potencial con el agua de muestra. El sensor de presión (por ejemplo una indicador de presión común) mide la tensión del agua en el tensiómetro.

35 Para obtener las curvas de pérdida y de potencial del agua, cada una de estas mediciones se repite en el transcurso del desecamiento de la muestra, sobre un lapso de tiempo durante el cual la muestra pasa del estado húmedo al estado seco. Sin embargo, actualmente se realizan independientemente la una de la otra, es decir con un equipo distinto, en las muestras diferentes y en condiciones de laboratorio diferentes (temperatura y humedad del aire). Las características que se deducen de las curvas obtenidas son hechas sobre la hipótesis de que se trata de la misma muestra de suelo y que las condiciones de medición son idénticas. Esto presenta un inconveniente importante, no solamente en la duración del protocolo de obtención de estas dos mediciones sino sobre todo en la validez de los resultados. En particular, la referencia que es el estado saturado de la muestra debe ser estrictamente idéntica para las dos curvas.

45 Para remediar estos inconvenientes, se desea realizar la medición de estas dos características físicas esenciales del suelo, sobre una muestra única representativa de la estructura de matriz del horizonte de suelo del cual se ha tomado. Se sabe además que los ciclos de hidratación-deshidratación modifican el comportamiento del suelo. Es por lo tanto necesario que estas mediciones sean realizadas simultáneamente durante un ciclo único de deshidratación. Se ha buscado igualmente que varias muestras puedan ser caracterizadas en paralelo, particularmente cuando se desea disponer de estas características para una serie de muestras, por ejemplo que pertenecen a diferentes horizontes de un mismo perfil pedológico.

50 Es para responder a esta necesidad es que se ha concebido la presente invención. Tiene por objeto suministrar un equipo que efectúe la medición simultánea de magnitudes necesarias para el establecimiento de dos curvas características del estado hídrico del suelo, 1) en la misma muestra del suelo, 2) durante un ciclo completo de

secamiento y 3) en las mismas condiciones estándares de temperatura y de humedad del aire. Actualmente ningún equipo permite realizar esta doble medición en varias muestras a la vez.

Más precisamente, la invención tiene por objeto un equipo para el análisis físico de un suelo en relación con su condición hídrica según la reivindicación 1.

5 Para el establecimiento de las curvas de pérdida y de potencial del agua, las mediciones son repetidas a lo largo del proceso de secamiento progresivo de las muestras, ya sea durante las duraciones que puedan llevar por ejemplo de 2 a 5 días. Es por lo tanto particularmente interesante realizar las mediciones en una serie de varias muestras. El equipo es por lo tanto concebido para que cada una de las muestras sea colocada alrededor en una zona equipada de los medios de medición, llamada zona de medición, en donde son realizadas las mediciones. Este desplazamiento  
10 cíclico de las muestras se realiza esencialmente gracias a un pasador de muestras, cuya estructura será descrita en detalle más adelante. El pasador lleva una muestra y la deposita en la zona de medición, en donde permanece algunos instantes, el tiempo que el conjunto de las muestras de medición sea empleado para determinar el tiempo  $t$ , las dimensiones de la muestra, su potencial hídrico y su masa. Estas mediciones son repetidas cíclicamente, cada paso en la zona de medición, y sin interrupción hasta un desecamiento completo.

15 El equipo comprende así un pasador de muestras concebido para permitir realizar las mediciones en al menos dos muestras. En el ideal sin embargo, se desea proceder a las menciones sobre un mayor número de muestras.

Así, el equipo objeto de la presente invención comprende un pasador de muestras cuya función es hacer circular las muestras para llevarlas en giro por turnos en la zona de medición, la cual comprende ventajosamente una bandeja circular dotado de al menos dos perforaciones transversales, cada una apta para recibir en apoyo en su borde un  
20 soporte de muestra de forma sensiblemente cilíndrica, siendo móvil en rotación a la dicha bandeja y en traslación vertical, de manera, que cuando la bandeja se baja, uno de los soportes de la muestra se deposita con su muestra en la zona de medición. Cuando las mediciones se realizan, la bandeja remonta, llevando el soporte de muestra, luego avanza paso a paso y llega a colocar la muestra siguiente en la zona de medición, y así a continuación.

25 Las perforaciones completas son convenientemente circulares, con un diámetro ligeramente superior al del zócalo de los soportes de muestra. Los soportes de muestra son suspendidos, en apoyo libre, sobre el borde ofrecido por las perforaciones completas. Por este hecho, los soportes pueden estar provistos de un collarín periférico que reposa sobre el dicha borde. Los soportes pueden así ofrecer una parte troncocónica que llega a bloquearse en la perforación.

Se resalta aquí que, si es conveniente trabajar en estas muestras cilíndricas, colocadas en el soporte del mismo, la presente invención puede muy bien ser utilizada por otras formas, que hacen igualmente parte de la misma. En busca  
30 de claridad y simplicidad la presente descripción presentará únicamente el equipo dotado de soportes de muestras globalmente cilíndricas.

El conjunto de medios de medición se reagrupa en la zona de medición, es decir al alcance de la muestra. Los medios de medición de la masa de las muestras puede cómodamente ser una balanza, sobre la bandeja de la cual serán depositados el soporte y su muestra. Desde este emplazamiento se realizaran las otras mediciones.

35 Las dimensiones de la muestra pueden ser obtenidas por diferentes medios conocidos del experto en el arte (por ejemplo mediante el uso de sensores de elongación, proximidad, etc.).

La invención propone un método óptico de medición sin contacto con la muestra, por el cual son medidos el diámetro y la altura de la muestra. El volumen es calculado a continuación, correspondiendo su evolución en el tiempo con el  
40 valor de pérdida. Los órganos emisores y receptores del sistema óptico se colocan en proximidad de la muestra, en la zona de medición.

Finalmente, la tensión del agua puede ser medida por un tensiómetro, de un modelo disponible en el comercio o en los laboratorios, tal como el minitensiómetro de bujía porosa de 2 mm de diámetro por ejemplo. Este tensiómetro debe ser colocado en la zona de medición para incluso obtener el valor de la tensión del agua simultáneamente con la toma de otras mediciones. Según la invención, se coloca en el interior del soporte de la muestra, bajo la muestra misma.

45 Así, según la invención, el equipo comprende:

- una balanza dotada de una bandeja apta para recibir y pesar el soporte de la muestra y su muestra,
- un sistema óptico de medición de la altura y del diámetro de la dicha muestra cuando esta se coloca sobre la dicha bandeja de la balanza, y
- para cada muestra, un tensiómetro llamado "una bujía porosa" apto para medir el potencial del agua de la dicha  
50 muestra, que comprende un tubo flexible formado por una bujía en cerámica permeable en un extremo y un manómetro

en el otro, estando alojado el dicho manómetro en el soporte de la dicha muestra.

5 El principio del tensiómetro de bujía porosa es bien conocido en el campo de las ciencias del suelo. La bujía porosa es encajada en el centro de la muestra. Un tubo capilar, generalmente en material plástico flexible, la conecta con un manómetro. Se designa por manómetro el órgano del tensiómetro que es sensible a las variaciones de presión del fluido en un espacio cerrado. Diferentes tipos de manómetros existen y pueden ser utilizados en la presente invención. Se puede utilizar por ejemplo un sensor de presión con membrana colocada en una cámara en relación con el tubo capilar. La deformación de la membrana es proporcional a la presión ejercida en la cámara por el fluido. La medición de la deformación, que se efectúa por las presiones conocidas, permite obtener tablas de referencia.

10 Según la invención, el manómetro se aloja en el soporte de la dicha muestra. En otros términos, cada soporte de muestra acoge un manómetro cuya bujía porosa está albergada en la muestra que lleva. Así, cuando el soporte se coloca con su muestra en la zona de medición, la presión que traduce el potencial del agua de la muestra puede ser obtenido, al mismo tiempo que el del que es pesado y medido en altura y diámetro.

La asociación del tensiómetro con el soporte de la muestra puede ser realizada de diferentes maneras. Según un modo ventajoso de realización del equipo objeto de la presente invención, cada soporte de muestra comprende:

- 15 - un zócalo sensiblemente cilíndrico superpuesto de una placa horizontal destinada a sostener una muestra, y
- un bloque manométrico fijado a la pared del dicho zócalo, y en el cual está provisto una cámara hermética que comunica con la dicha bujía porosa por intermedio del dicho tubo flexible, estando asociada la dicha cámara con un sensor de presión de membrana.

20 La placa horizontal puede ser fijada al zócalo por separadores, dejando un espacio entre la placa y el zócalo. Esto favorece la evaporación homogénea del agua de la muestra, de otra parte se puede ventajosamente disponer de perforaciones en la dicha placa. Se coloca en espacio apropiado libre para hacer pasar el tubo capilar de la cámara hacia la muestra arriba.

25 El bloque manométrico puede ser fijado a la pared del zócalo, preferiblemente en su parte superior, por cualquier medio conocido del experto en la técnica. Puede particularmente ser atornillado a la pared del zócalo, o bien ser mantenido por un respaldo dispuesto sobre un portador que coopera con una ranura complementaria del zócalo, u otro.

30 Puede comprender un recinto formando una cámara, en la cual se coloca el sensor de presión. Según un modo de realización particular, el sensor puede ser encajado a la base de la cámara, de manera que la cámara está cerrada por el sensor. En este caso, una unión tórica puede asegurar ventajosamente la hermeticidad. Así, según una característica preferida de la invención, cada sensor constituye un regulador de obturación de la cámara.

35 Según una característica preferida de la invención, cada cámara comprende un techo abombado en la cima del cual desemboca un conducto de relleno provisto de una válvula. Antes de poner en marcha aparato, las muestras son colocadas en la placa horizontal, los tensiómetros de bujía porosa previamente rellenos de agua desgasificada son enclavados por el lado hasta el centro de las muestras luego ramificadas sobre los bloques manométricos que habrán igualmente ser rellenos de agua utilizando el conducto de relleno terminado por una válvula. Esta operación debe permitir obtener un sistema que no contiene más que agua desgasificada. Gracias a la geometría de la cámara y de su conducto de entrada, se evita la formación de burbujas de aire durante el relleno de la cámara.

40 Cuando un soporte de muestra se deposita en la bandeja de la balanza, las mediciones deben iniciarse. En particular, los valores percibidos por el manómetro deben ser transmitidos al operador o registrados para tratamiento posterior. No es necesario que estos valores sean leídos permanentemente. Es suficiente que sean obtenidos al mismo tiempo que las otras magnitudes (masa y dimensiones).

45 Esto porque, en un modo de realización particular del equipo según la invención, cada manómetro está conectado a sensores eléctricos mantenidos en proximidad de la base del zócalo, y la bandeja de la balanza está provista de una platina dotada de seguros eléctricos, estando dispuestos los sensores de manera que entran en contacto con los seguros cuando el soporte de muestra se coloque en la balanza. Un riel puede estar dispuesto en el zócalo para mantener los sensores en la posición adecuada.

50 Las mediciones se realizan durante varias horas, incluso varios días, durante los cuales las muestras se secan progresivamente, el agua se evapora y liberan la porosidad para ser reemplazada por el aire atmosférico. Es decisivo que los intercambios agua-aire sean los más homogéneos posibles en todo el espesor de la muestra y de todos lados. Se ha visto que la placa horizontal puede estar fijada al zócalo por separadores, dejando un espacio entre la placa y la base. Se mejoran aún los intercambios a nivel de la placa por perforaciones, en número importante aunque de tamaño moderado, con el fin de que la muestra no se desestructure a causa de una evaporación que no sería

homogénea alrededor de la muestra.

Esto porque la placa de cada soporte de muestra está preferiblemente dotada de perforaciones que autorizan el paso de agua y de aire entre la atmósfera y la base de la muestra.

5 Como se indica más arriba, la medición del tamaño de la muestra colocada en la zona de medición se hace según un sistema óptico. Se ha cómodamente utilizado en una medición por dos subsistemas, el uno dedicado a la medición del diámetro de la muestra (siempre y cuando sea cilíndrica), el otro dedicado a la medición de su altura.

En un aspecto particular del equipo según la invención, el sistema óptico de medición del diámetro de la dicha muestra comprende dos sensores de barrera láser colocados en la zona de medición de una parte y de otra de la muestra cuando esta se encuentra en la balanza, a una distancia mutua inferior al diámetro mínimo supuesto de las muestras.

10 De una manera general, el principio es que el objeto medido intercepte parcialmente el haz de láser. El tamaño del hombro, proporcional al diámetro del objeto, corresponde a una cierta cantidad de luz interceptada. La reducción del diámetro se traduce por un cambio de la cantidad de luz recibida (voltaje). Se pueden utilizar dos sensores de tipo fotoeléctrico con barrera láser. Permiten determinar en cada paso el diámetro de la muestra del suelo todo a lo largo de su pérdida debido al desecamiento. Serán colocados uno con respecto al otro a una distancia tal que la muestra  
15 corte los dos haces incluso al final del proceso. Por este hecho, pueden ser montados en un vástago horizontal, de manera que su separación pueda ser regulada convenientemente al inicio del ciclo. Este vástago permite también regular correctamente la distancia entre el emisor y el receptor de cada sensor.

Según otro aspecto del equipo objeto de la invención, el sistema óptico de medición de la altura de la dicha muestra  
20 comprende un sensor láser sin contacto colocado a plomo de la zona de medición, apto para emitir un haz luminoso hacia una pastilla colocada en la bandeja sobre la muestra y para detectar el haz reflejado para determinar por triangulación la expulsión de la dicha pastilla. De una manera general, este tipo de sensor calcula la distancia que separa un objeto que se va a medir de un receptor (detector de fotodiodos). En nuestro caso, el objeto será una pastilla metálica que posee una bandeja sobre la muestra. Este sensor permite por lo tanto determinar la variación de la altura de la muestra del suelo a lo largo de su pérdida. Puede ser montado sobre un vástago vertical, de manera que su  
25 posición puede ser regulada convenientemente al inicio del ciclo.

Según una característica particularmente interesante de la presente invención, el balance sobre el cual el soporte y su muestra son depositados comprende un dispositivo de compensación de altura en función de la masa depositada sobre su bandeja. En efecto, se comprende que cuando se reemplaza el agua por aire en la porosidad de la muestra, la masa de esta cambia, y por consiguiente la bandeja de la balanza está sometida a una fuerza menor en cada ciclo.  
30 El valor observado por el sensor a plomo de la muestra puede por lo tanto ser afectado. Es posible introducir una variación en el tratamiento observado de mediciones para tener en cuenta esta pérdida de masa y del hecho de que la bandeja desciende de menos a menos bajo pero se ha escogido para la invención utilizar un medio para guardar la bandeja fija, cualquiera que sea la masa del objeto pesado. Se utiliza por lo tanto preferiblemente una balanza de compensación, que permite hacer mediciones sin desplazamiento de la bandeja, cerca al centigramo.

35 Puede ser cómodo asegurar que los soportes de la muestra están correctamente orientados. Según una característica interesante de la invención, el equipo puede comprender un dispositivo de posicionamiento, con el fin de que los soportes y las muestras estén correctamente colocados, al inicio y a lo largo de la medición. Puede estar constituido de una muesca dispuesta en los soportes de la muestra que cooperan con un punzón dispuesto sobre el borde de las perforaciones de la bandeja circular. Se hará así coincidir los seguros eléctricos de la balanza y los sensores del  
40 manómetro. Se colocarán también los tubos capilares que unen la cámara manométrica a la bujía porosa hacia el centro de la bandeja, fuera del campo de los haces de láser para no perturbar la medición óptica.

Los órganos descritos anteriormente están ensamblados para funcionar en conjunto, y para determinar las características físicas de varias muestras en una misma operación. No hace falta decir que, al menos con relación a su duración, los procesos deben ser robotizados y automatizados.

45 Así, preferiblemente según la invención, el pasador de las muestras comprende una bandeja circular que comprende ocho perforaciones que atraviesan, y una columna de elevación accionada por un primer motor que asegura el desplazamiento vertical de la bandeja y por un segundo motor que asegura la rotación de la dicha bandeja circular.

El equipo según la invención puede comprender además:

50 - una estufa termostataada apta para contener al menos el pasador de las muestras y el conjunto de los medios de medición,

- medios de pilotaje del pasador de las muestras y de los medios de medición,

- medios de recepción y tratamiento de las señales medidas, para obtener datos de mediciones cuantitativas,
- medios de registro de los datos, preferiblemente a medida de su adquisición.

Los datos son al menos: tiempo, diámetro, altura, masa y depresión en el tensiómetro.

5 Según un aspecto particularmente interesante de la invención, el equipo comprende medios de tratamiento de los datos registrados por cada una de las muestras en el transcurso de un único ciclo de evaporación desde el estado saturado hasta el estado seco, y medios de cálculo de la curva de pérdida y de la curva del potencial del agua de las dichas muestras. Se calculan la curva de pérdida  $V = f(W)$  y la curva de potencial  $h = f(W)$ . Estas curvas podrán a continuación ser tratadas por sí mismas con la ayuda de modelos preestablecidos, con el fin de caracterizar la estructura del suelo al cual la muestra pertenece, o más generalmente la estructura del medio en el cual la muestra ha sido tomada.

10 La presente invención encuentra numerosas aplicaciones particularmente para la modelización de las relaciones físicas BIO-SOL-CLIMAT en ciencias agroambientales, pero también para establecer una tipología de suelos (bases de datos de suelo, cartografía pedológica) utilizables para los laboratorios de biología y de ecología de suelos.

15 El sector industrial que trabaja en la puesta a punto de productos nuevos orientados a la agricultura y al ambiente, dispone actualmente de una herramienta para probar y caracterizar el comportamiento y el devenir de estos productos en el suelo, teniendo en cuenta el tipo de suelo bajo una variabilidad climática dada. Es entonces posible prever el impacto a lo largo del término de estos productos que tienen en cuenta la variedad de los suelos y sus funcionamientos hidroestructurales y pedoclimáticos.

20 El equipo de medición acoplado a las dos curvas características de la humedad del suelo, la curva de pérdida y la curva de potencial del agua es así el núcleo de una nueva metodología de caracterización y modelización hidroestructural de suelos.

La presente invención será mejor comprendida, y los detalles relevantes serán evidentes, gracias a la descripción que va a ser hecha de una de sus variaciones de realización, en relación con las figuras anexas, en las cuales:

La figura 1 es una vista del conjunto en perspectiva del equipo según la invención.

25 Las figuras 2a y 2b representan la zona de medición del equipo según la invención, antes (2a) y después (2b) de depositada la muestra en la bandeja de la balanza.

La figura 3 es una vista en corte de un soporte de muestra según la invención, con su muestra y su sistema de medición de la tensión del agua.

Las figuras 4 y 5 son representaciones esquemáticas de los sistemas de mediciones ópticas.

30 La figura 6 es la curva de pérdida de una de las ocho muestras obtenida con la ayuda de un equipo según la invención.

La figura 7 es la curva de potencial del agua (o de succión) de la misma muestra, obtenida con la ayuda del equipo según la invención, simultáneamente.

Ejemplo 1

Equipo de medición acoplado

35 En la figura 1, se representa un equipo para la determinación cuantitativa de las características físicas de un suelo según la invención. Comprende el pasador 100 de muestras que puede recibir ocho soportes de muestra 1. El pasador 100 comprende la bandeja 3 circular en la cual se tienen ocho perforaciones 30 completas. Está asociada con una columna 24 de elevación accionada por un motor que asegura el desplazamiento vertical de la bandeja 3 circular. Un segundo motor asegura la rotación de la bandeja circular. Estos pasadores de muestras son conocidos; véase DE 199 40 64 265 C 2.

Comprende igualmente medios de medición de dimensiones de las dichas muestras, medios de medición del potencial del agua de las dichas muestras, y medios de medición de la masa de las dichas muestras. Estos medios están dispuestos de manera que define una zona de medición, en la cual las muestras 2 son colocadas para ser sometidas a las dichas mediciones.

45 Las muestras son típicamente probetas cilíndricas de suelo, tomadas en medio natural. Están saturadas en agua antes

de ser colocadas en los soportes y sometidas a las mediciones.

5 El pasador 100 de las muestras está dotado de medios para colocar cada soporte de muestra 1 y su muestra 2 en la zona de medición giro a giro y según un ciclo repetido en el tiempo. Comprende la bandeja 3 circular dotada de ocho perforaciones 30 completas. Cada perforación 30 recibe un soporte de muestra 1, que reposa en apoyo sobre su borde. Las perforaciones que atraviesan son circulares, con un diámetro ligeramente superior al del zócalo 9 de los soportes de la muestra 1 (que serán descritas más adelante).

10 La bandeja 3 circular es móvil en rotación y en traslación vertical, de manera que cuando se baja, uno de los soportes de la muestra 1 se depositan con su muestra 2 en la zona de medición, como se ilustra en la figura 2a y 2b. Se anota que la parte superior del zócalo 9 de los soportes 1 comprende el collarín 31 que reposa en el borde de la perforación 30 de la bandeja circular 3.

Los medios de medición de la masa de las muestras 2 están constituidas esencialmente de una balanza 4 (balanza electrónica al cg, de carga máxima 1600 g – modelo Mettler–Toledo PB 1502), en la bandeja 5 de la cual un soporte 1 y su muestra 2 serán depositadas. La balanza 4 es llamada “una bandeja fija”, pues comprende un dispositivo de compensación de la altura de la balanza en función de la masa depositada sobre esta.

15 La bandeja de la balanza está provista de la platina 18 que permite establecer una unión eléctrica provisional entre el soporte de la muestra que está colocada encima, y los órganos de recepción y tratamiento de los datos medidos. Debido a esto, la platina 18 está dotada de seguros eléctricos 19 que tienen por función establecer la unión con los sensores 17 portados por los soportes de la muestra. Los seguros 19 están por lo tanto en contacto sucesivamente y cíclicamente con los sensores 17 de los diferentes soportes de la muestra al hilo de los registros de las mediciones.

20 La tensión del agua se mide por un tensiómetro con bujías porosas. Comprende el tubo 6 capilar en material plástico flexible, cerrado por la bujía 7 en cerámica permeable, que está incrustada al centro de la muestra. El otro extremo del tubo 6 flexible está conectado al manómetro 8, que está alojado en el soporte de la muestra 1, bajo la muestra misma, de manera que permite registrar el valor de la tensión del agua simultáneamente con la toma de las otras mediciones.

25 Como se ilustra en la figura 2, la asociación del tensiómetro y del soporte de la muestra se realiza por intermedio de un elemento de sostenimiento, llamado bloque manométrico, que incorpora el órgano sensible del tensiómetro, en el caso presente un sensor de presión de membrana. Cada soporte de la muestra 1 comprende el zócalo 9 de sección cilíndrica, superpuesta de la placa 10 horizontal destinada para sostener una muestra. La bandeja 10 horizontal está perforada con las perforaciones 27. Está fija al zócalo 9 por los separadores 34, dejando un espacio entre la placa y el zócalo.

El bloque 11 manométrico se fija a la pared del zócalo 9, bajo la placa 10, por el hombro 33 dispuesto sobre su portador que está ensamblado en el collarín 31 del zócalo.

35 El bloque 11 manométrico comprende un recinto que constituye la cámara 12 hermética, en la cual se coloca el sensor de presión 13. La cámara 12 se comunica con la bujía porosa 7 por intermedio del tubo flexible 6. El sensor 13 está conectado con el zócalo de la cámara 12, de manera que la cámara está cerrada por el sensor. La unión tórica 35 asegura la hermeticidad del ensamblaje. El techo 14 de la cámara 12 es abombado con el fin de que las burbujas de aire no sean atrapadas. En su cima, desemboca el conducto de relleno 15, provisto de la válvula 16.

40 El sensor 13 está conectado a los contactores 17 eléctricos mantenidos en proximidad de la base del zócalo 9. Estos sensores están dispuestos de manera que entran en contacto con los seguros eléctricos 19 que equipan la bandeja 5 de la balanza 4, cuando el soporte de muestra 1 está depositada allí. El riel 36 está dispuesto en el zócalo 9 para mantener los contactores 17 en la posición adecuada.

Cuando un soporte de muestra 1 está depositado en la bandeja 3 de la balanza 4, la mediciones se inician. Los valores percibidos por el manómetro 8 se transmiten al operador o se registran para tratamiento posterior.

45 Finalmente, las dimensiones de la muestra son obtenidas por un método óptico, por dos subsistemas, el uno dedicado a la medición del diámetro de la muestra, el otro dedicado a la medición de su altura.

50 Como se ilustra en la figura 4, el sistema óptico de medición del diámetro de la muestra comprende dos captadores con barrera láser 20' y 20'' (captadores fotoeléctricos de barrera láser de tipo Keyence LX2-70). La fuente 25' y 25'' y el receptor 26' y 26'' de cada captador se colocan enfrente de una parte y de otra de la zona de medición, de manera que la muestra corte el haz cuando se coloca en la zona de medición. Los captadores 20' y 20'' se montan sobre vástagos horizontales (no representados y su distancia mutua puede ser regulada por deslizamiento sobre el vástago, de manera que este sea inferior al diámetro mínimo que tendrán las muestras totalmente desecadas. Como se ilustra en la figura 5, el sistema óptico de medición de la altura de la muestra 2 comprende el captador láser sin contacto 21

(tipo Keyence LB72), colocado a plomo de la zona de medición. Emite un haz 28 luminoso hacia la pastilla 23 metálica dispuesta en plano sobre la muestra 2 y detecta el haz 29 reflejado. Luego, el desplazamiento de la pastilla 23 se determina por el método llamado de triangulación. El captador 21 se monta sobre un vástago vertical (no representado) de manera que su posición puede ser regulada convenientemente al inicio del ciclo.

- 5 Así, en conjunto los dichos medios de medición se reagrupan en la zona de medición para ser utilizados simultáneamente sobre una muestra dada cuando se coloca en la dicha zona de medición. Con el fin de que los soportes 1 y las muestras 2 estén correctamente colocadas al inicio y a todo lo largo de las mediciones, se dispone una muesca en los soportes de la muestra. Cooperera con un punzón 32 dispuesto sobre el borde de cada perforación 30 de la bandeja 3 circular.
- 10 Los medios y órganos que acaban de ser descritos están dispuestos para formar el equipo según la invención que pueden comprender otros elementos comúnmente utilizados para el buen funcionamiento de los equipos de medición, tal como un capó, patas regulables en altura, u otros. Comprende igualmente una estufa termostataada de un volumen suficiente para contener el pasador de muestras y el conjunto de los medios de medición.
- 15 El equipo según el ejemplo se asocia con medios de pilotaje del pasador de muestras y medios de medición. Este asiste medios de recepción y de tratamiento de señales, para obtener datos de mediciones cuantitativas, así como con medios de registro de los datos, preferiblemente a medida de su adquisición.

#### Ejemplo 2

Utilización del equipo en una serie de ocho muestras

- 20 Las muestras de suelo de 100 cm<sup>3</sup> aproximadamente se han obtenido en ocho sitios naturales, para obtener ocho cilindros de dimensiones idénticas, representativos de la estructura de matriz del horizonte del suelo en el cual han sido obtenidas. Los cilindros tienen un tamaño que varía entre 50 cm y 66 cm de diámetro, y entre 50 cm y 30 cm de altura. El tamaño se escoge a criterio según la textura más o menos arcillosa o arenosa predominante en la estabilidad de la estructura, su homogeneidad, y según el tiempo que demandará el desecamiento.
- 25 Después de la saturación en agua por infiltración *per ascensum* de la muestra colocada sobre una lámina de agua durante al menos 4 horas, las ocho muestras se colocan sobre cada uno de los soportes del equipo descrito en el ejemplo 1. La bujía porosa se inserta en cada muestra, la cámara del manómetro está rellena de agua. Los soportes así equipados se colocan en las perforaciones del pasador de muestra, en la estufa termostataada a 30°C, de manera que las muestras se desecan regularmente por evaporación del agua a temperatura constante, desde el estado saturado hasta el estado seco.
- 30 El equipo es puesto en marcha. Efectúa, sobre la serie de ocho muestras a intervalos regulares de aproximadamente 10 minutos entre cada paso de la misma muestra, durante una duración de al menos 2 horas dependiendo de la capacidad de agua de la muestra, la medición de las cuatro variables siguientes: diámetro y altura de la muestra, su peso y la tensión del agua medida por el tensiómetro.
- 35 En cada paso de una muestra, la bandeja desciende y deposita el portamuestras delante de los captadores láser, sobre una bandeja de la balanza, sobre el cual un receptáculo pone en contacto los seguros de entrada y salida de corriente del captador de presión con el automático de pilotaje del equipo y de captura de los datos.
- 40 Los datos de medición son registrados, a medida del avance. Los datos recogidos son: tiempo, diámetro, altura, peso y depresión en el tensiómetro (de 0 a 80 kPa). Estos datos son completados por algunas mediciones de referencia hechas al final del experimento (medición del peso seco de las muestras llevadas a la estufa a 105°C, medición del volumen aparente seco) para que las curvas de pérdida,  $V=f(W)$  y de potencial,  $h=f(W)$ , puedan ser calculadas.
- Se trazan la curva de pérdida y la curva de potencial del agua: ver figura 6 y 7. Se deduce de ello el volumen específico  $V$ , el contenido en agua  $W$  y el potencial de agua  $h$  al tiempo  $t$  entre el estado húmedo y el estado seco.
- El tratamiento informatizado de las dos curvas consideradas en conjunto permitirá extraer los parámetros hidroestructurales de la pedoestructura de los suelos analizados.

45

Reivindicaciones

- 5 1. Equipo para el análisis físico de un suelo en relación con su condición hídrica, que comprende un pasador (100) de muestras apto para recibir al menos dos soportes (1) de muestras de suelo, estando dotado el dicho pasador de medios para colocar cada soporte de muestra y su muestra (2) en una zona de medición giro a giro y según un ciclo repetido en el tiempo, caracterizado porque comprende:
- medios de medición de la masa de las dichas muestras, que comprenden una balanza (4) dotada de una bandeja (5), apta para recibir y pesar el soporte de muestra (1) y su muestra (2);
  - medios de medición de las dimensiones de las dichas muestras, que comprenden un sistema óptico de medición de la altura y del diámetro de la dicha muestra cuando esta está colocada sobre la dicha bandeja de balanza; y,
- 10 - medios de medición del potencial del agua de las dichas muestras, que comprenden para cada muestra, un tensiómetro llamado "bujía porosa" apta para medir el potencial del agua de la dicha muestra y que comprende un tubo (6) flexible cerrado por una bujía (7) en cerámica permeable en un extremo y un manómetro (8) en el otro, estando alojado el dicho manómetro en el soporte de la dicha muestra;
- 15 estando reagrupados el conjunto de los dicho medios de medición en la dicha zona de medición para ser empleados simultáneamente sobre una muestra dada cuando está colocada en la dicha zona de medición.
- 20 2. Equipo según la reivindicación 1, caracterizado porque el pasador de muestras comprende una bandeja (3) circular dotada de al menos dos perforaciones (30) completas, cada una apta para recibir en apoyo sobre su borde un soporte de muestra (1) de forma sensiblemente cilíndrica, siendo móvil la dicha bandeja en rotación y en traslación vertical, de manera que cuando la bandeja se baja, uno de los soportes de la muestra (1) se deposita sobre la balanza (4) con su muestra (2) en la zona de medición.
3. Equipo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque cada soporte de muestra (1) comprende:
- un zócalo (9) sensiblemente cilíndrico superpuesto de una placa (10) horizontal destinada para sostener una muestra (2), y
- 25 - un bloque manométrico (11) fijado a la pared del dicho zócalo, y en el cual está dispuesta una cámara (12) hermética que comunica con la bujía (7) porosa por intermedio del tubo (6) flexible, estando asociada la dicha cámara con un captador (13) de presión de membrana.
4. Equipo según la reivindicación precedente, caracterizado porque cada captador (13) constituye un regulador de obturación de la cámara (12).
- 30 5. Equipo según una cualquiera de las reivindicaciones 3 o 4, caracterizado porque cada cámara (12) comprende un techo (14) abombado en la cima del cual desemboca un conducto (15) de llenado provisto de una válvula (16).
- 35 6. Equipo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque cada manómetro (8) está conectado con contactores (17) eléctricos mantenidos en proximidad de la base del zócalo (9), y la bandeja (5) de la balanza (4) está provista de una platina (18) dotada de seguros (19) eléctricos, estando dispuestos los dichos contactores de manera que entran en contacto con los dichos seguros cuando el soporte de la muestra (1) está colocado en la balanza.
7. Equipo según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, caracterizado porque la placa (10) de cada soporte de muestra (1) está dotado de perforaciones que permiten el paso de agua y aire entre la atmósfera y la base de la muestra (2).
- 40 8. Equipo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque el sistema óptico de medición del diámetro de la muestra (2) comprende dos captadores de barrera láser (20', 20'') colocados en la zona de medición de una parte y de otra de la dicha muestra cuando esta está colocada en la balanza (4), a una distancia mutua inferior al diámetro mínimo supuesto de las muestras.
- 45 9. Equipo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque el sistema óptico de medición de la altura de la muestra (2) comprende un captador (21) láser sin contacto colocado a plomo sobre la zona de medición, apto para emitir un haz luminoso hacia una pastilla (23) situada en plano sobre la dicha muestra y para detectar el haz reflejado para determinar por triangulación la pérdida de la dicha pastilla.

10. Equipo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la balanza (4) comprende un dispositivo de compensación de altura en función de la masa dispuesta en su bandeja (5).
- 5 11. Equipo según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el pasador (100) de muestras comprende una bandeja (3) circular que comprende ocho perforaciones (30) completas, y una columna (24) de elevación accionada por un primer motor que asegura el desplazamiento vertical de la dicha bandeja circular, y por un segundo motor que asegura la rotación de la dicha bandeja circular.
12. Equipo de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes caracterizado porque comprende además:
- una estufa termostataada apta para contener al menos el pasador de muestras y el conjunto de los medios de medición,
- 10 - medios de pilotaje del pasador de muestra y de los medios de medición,
- medios de recepción y de tratamiento de las señales medidas para obtener los datos de mediciones cuantitativas,
  - medios de registro de los datos.
- 15 13. Equipo según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque comprende además medios de tratamiento de los datos registrados para cada una de las muestras en el transcurso de un único ciclo de evaporación desde el estado saturado hasta el estado seco, y medios de cálculo de la curva de pérdida de la curva de potencial del agua de las dichas muestras.

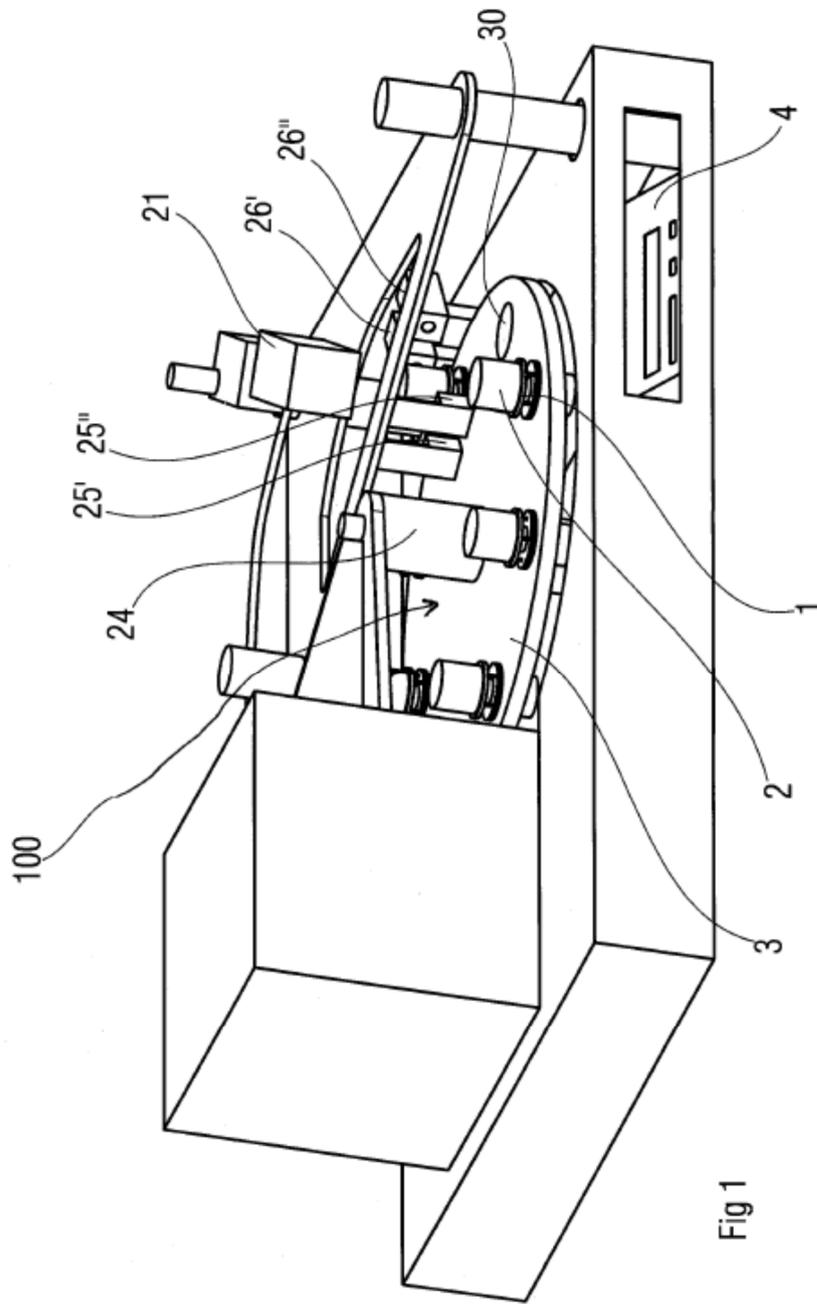


Fig 1

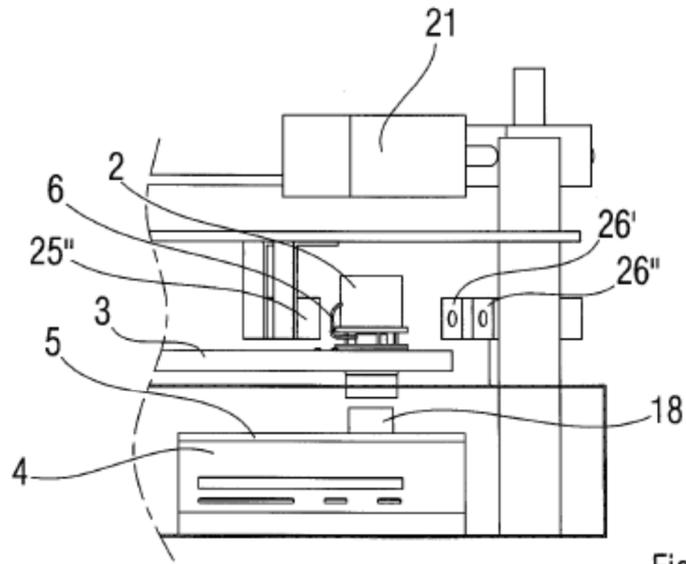


Fig 2a

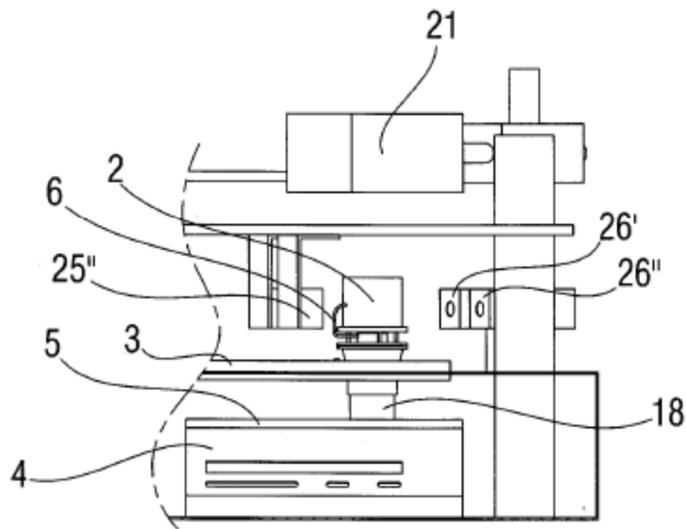
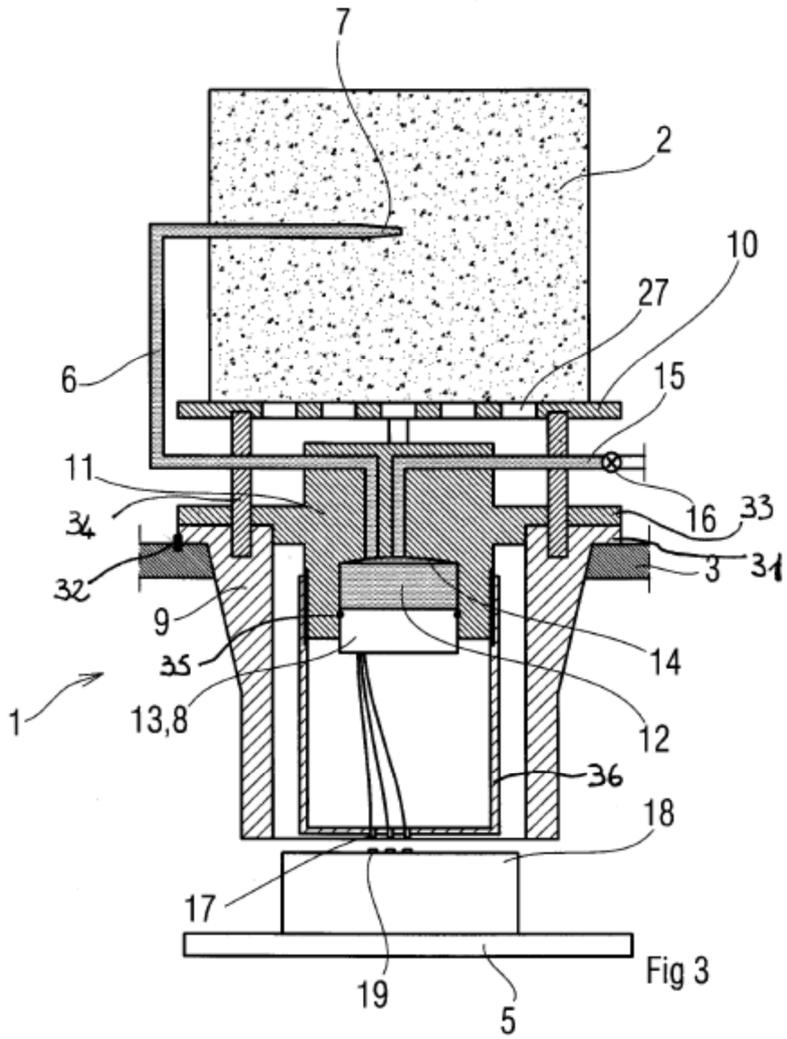
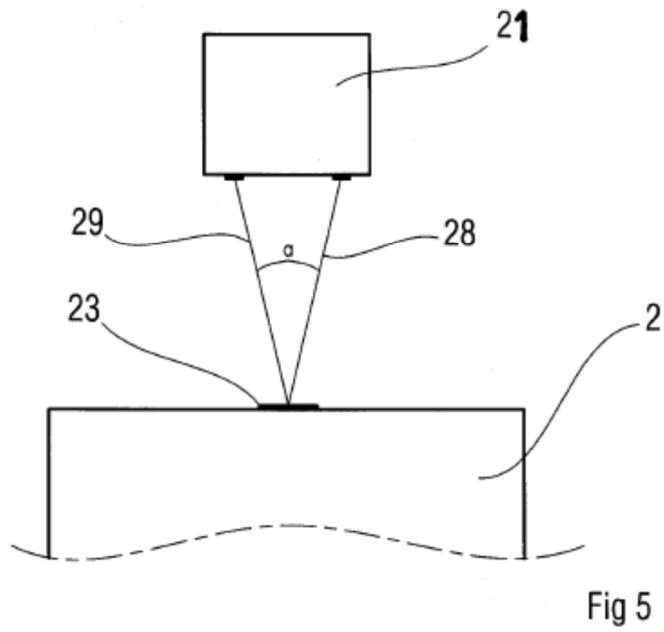
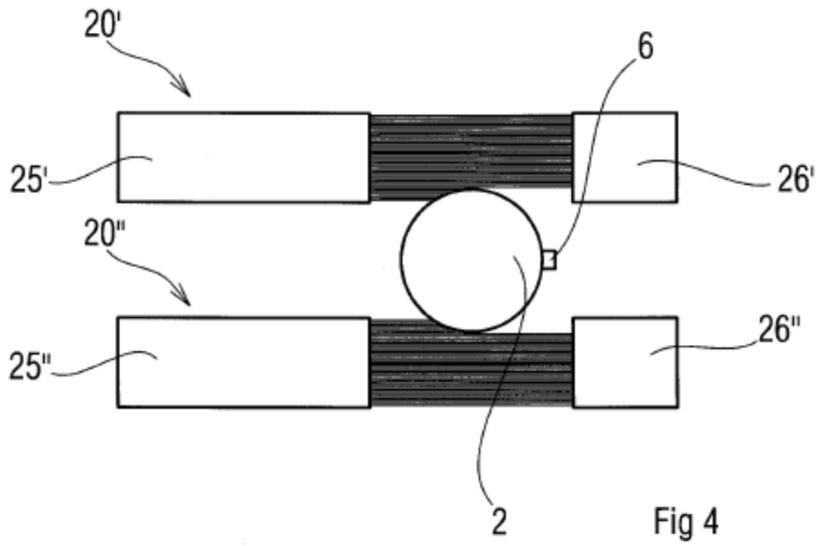


Fig 2b





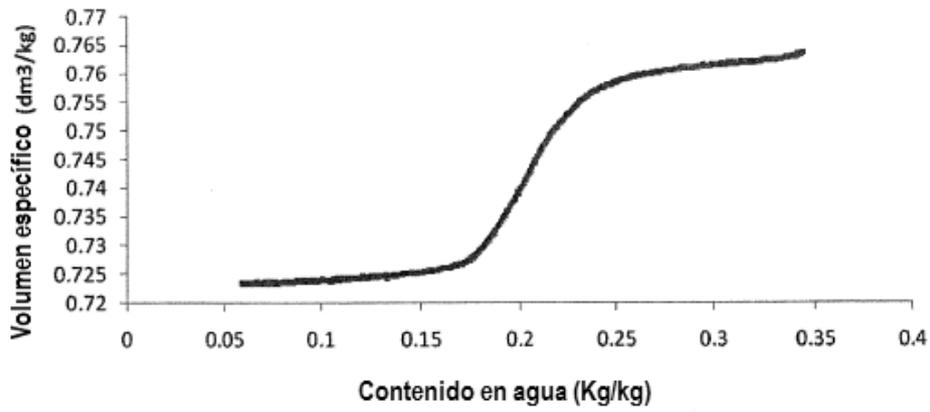


Figura 6

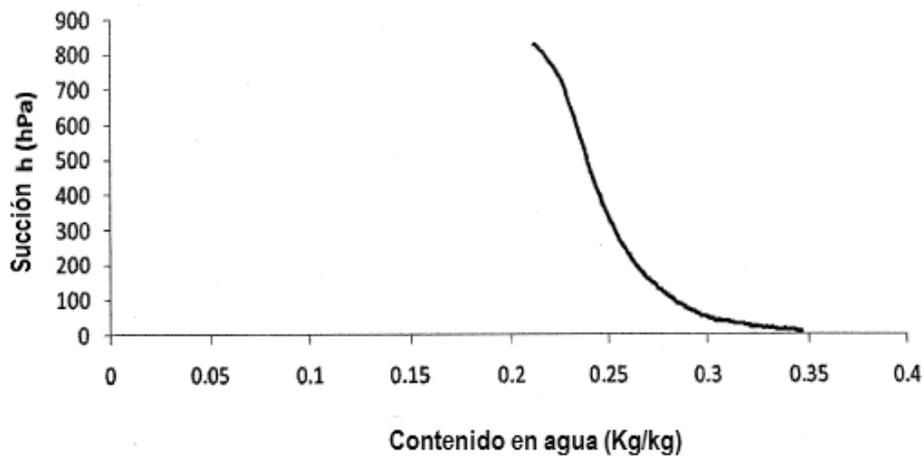


Figura 7