



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 351 498**

② Número de solicitud: 201000902

⑤ Int. Cl.:  
**E02D 1/00** (2006.01)

**G01N 3/00** (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫ Fecha de presentación: **07.07.2010**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **07.02.2011**

⑭ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:  
**07.02.2011**

⑰ Solicitante/s: **Universidad de Oviedo**  
**Plaza de Riego, 4 – Edificio Histórico**  
**33003 Oviedo, Asturias, ES**

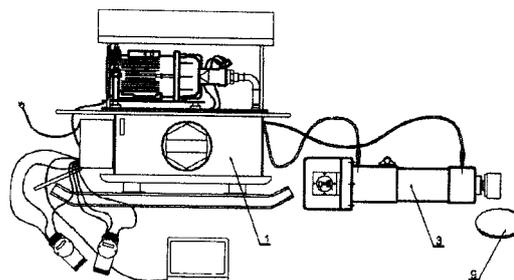
⑱ Inventor/es: **Álvarez Vigil, Arturo;**  
**Álvarez Fernández, María Inmaculada;**  
**López Gayarre, Fernando y**  
**González Nicieza, Celestino**

⑳ Agente: **No consta**

⑳ Título: **Método y sistema para la realización de ensayos “in situ” y caracterización de terrenos heterogéneos o macizos rocosos intensamente fracturados.**

㉑ Resumen:

Método y sistema para la realización de ensayos “in situ” y caracterización de terrenos heterogéneos o macizos rocosos intensamente fracturados. El método comprende las siguientes etapas: a) excavar una zanja; b) disponer unos medios de presión (1) en la zanja con un sistema cilindro-pistón (3); c) acoplar en el extremo del conjunto cilindro-pistón (3) una placa (9) para ejercer presión sobre el terreno; d) medir y aumentar gradualmente la presión mediante el conjunto cilindro-pistón (3), observando la deformación hasta alcanzar la rotura, y medir la deformación a intervalos de tiempo regulares. El sistema para realizar un ensayo “in situ” de este tipo de terrenos comprende un conjunto de cilindro y pistón (3) que ejerce presión en el terreno. De aplicación, entre otros, en sectores de maquinaria y equipo mecánico industrias extractivas y construcción.



ES 2 351 498 A1

DESCRIPCIÓN

Método y sistema para la realización de ensayos “*in situ*” y caracterización de terrenos heterogéneos o macizos rocosos intensamente fracturados.

La presente invención se refiere a un método para la realización de ensayos “*in situ*” de terrenos heterogéneos y/o de macizos rocosos intensamente fracturados a partir de la presión ejercida en el terreno. Además, es objeto de la presente invención un sistema para realizar un ensayo “*in situ*” de terrenos heterogéneos y/o macizos rocosos intensamente fracturados que comprende un conjunto de cilindro y pistón que ejerce presión en el terreno.

La presente invención resulta de aplicación en los sectores en los que se diseñen, produzcan o utilicen dispositivos para la realización de ensayos sobre el terreno con el fin de obtener su caracterización, como por ejemplo el de la maquinaria y equipo mecánico, el de las industrias extractivas y el de la construcción.

**Estado de la técnica**

Un macizo rocoso es un medio heterogéneo y sobre todo discontinuo. Por esta razón, sus propiedades resistentes y deformacionales no pueden ser medidas directamente en laboratorio porque existe una diferencia muy apreciable entre los valores que se obtienen en los ensayos de laboratorio y los que se obtienen en los ensayos realizados “*in situ*”. Esta diferencia es consecuencia del volumen del terreno ensayado en cada caso y es conocida como “efecto escala”.

Las diferencias de resultados entre los ensayos “*in situ*” y los realizados en el laboratorio son especialmente importantes en el caso de macizos rocosos intensamente fracturados, donde las características de la roca intacta difieren notablemente del conjunto.

Para caracterizar el comportamiento deformacional del terreno bastan dos parámetros: coeficiente de Poisson y módulo de Young. En la actualidad se admite la hipótesis simplificadora de que el coeficiente de Poisson del macizo rocoso es el mismo que el de la roca intacta y éste sí puede ser determinado en ensayos de laboratorio (Amadei, B. Importance of anisotropy when estimating and measuring stresses in rock. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., 1996, 33(3), pp. 293-325).

Admitiendo esta hipótesis, sólo hace falta conocer el otro factor que define el comportamiento deformacional de un macizo rocoso, que es el módulo de elasticidad (E) (ISRM, Report of the Commission on Terminology, Lisbon, 1975).

Las propiedades resistentes, cohesión y fricción, se obtienen normalmente en laboratorio mediante ensayos triaxiales con pequeñas probetas, por lo que sus valores también están sujetos a los errores derivados del “efecto escala”, especialmente en el caso de la fricción.

A continuación se describen los métodos más utilizados actualmente para la determinación “*in situ*” del módulo de Young, la cohesión y fricción.

*Métodos de determinación “in situ” del módulo de Young*

Los métodos de mayor interés para la determinación “*in situ*” de las propiedades deformacionales de un macizo rocoso son los presiométricos (Galera, J.M., Alvarez, M., Bieniawski, Z.T. “Evaluation of the deformation modulus of rock masses: comparison of pressuremeter and dilatometer tests with RMR prediction”. Proceedings of the ISP5-PRESSIO 2005. París, pp. 1-25), los gatos planos (flat-jacks) (Nihat Sinan Isik, Resat Ulusay, Vedat Doyuran “Deformation modulus of heavily jointed-sheared and blocky greywackes by pressuremeter tests: Numerical, experimental and empirical assessments”. Engineering Geology. Volume 101, Issues 3-4, 17 October 2008, Pages 269-282), la placa de carga (Únal, E. “Determination of *in situ* Deformation Modulus: New Approaches for Plate-Loading Tests”, hr. J. Rock Mech. Min. Sci. Vol. 34. No. 6, pp. 897-915, 1997; y Pells, P. J. N. “Plate-loading tests on soil and rock”. Proc. Extensión Course *in situ* Testing for Geotech. Investigations, Sydney, 1983, pp. 73-86) y los métodos sísmicos.

*a. Ensayos presiométricos*

Los ensayos presiométricos fueron introducidos por Menard (Ménard, L. “An apparatus for measuring the strength of soils in place”. MSc Thesis, 1956, University of Illinois, Urbana) en los años 60. Inicialmente se aplicaron a suelos de relativamente alta deformabilidad (E<200 MPa). Las medidas de deformación se realizaban volumétricamente y tenían poca precisión, y las medidas de presión estaban limitadas a unos 2,5 MPa Posteriormente se desarrollaron equipos presiométricos, que permiten alcanzar presiones de 2 MPa con medida directa de la deformación del terreno durante el ensayo. Estos equipos han permitido extender el rango de aplicación de estos ensayos, con los aparatos llamados soft dilatometers o presiómetros unicelulares, hasta terrenos con módulos de deformación del orden de 6000 MPa.

Las limitaciones de estos ensayos se deben entre otras causas a que la porción de macizo ensayada no es, en general, representativa del conjunto, requieren la ejecución de sondeos, el material ensayado se altera debido a la maquinaria

## ES 2 351 498 A1

y a los fluidos utilizados en la perforación, los costes aumentan y, en muchos casos, no se pueden ensayar materiales localizados en zonas poco accesibles.

### b. Flat jack

5 Este ensayo se realiza en las paredes de excavaciones o galerías y permite estimar el módulo de deformación del macizo y el estado tensional inicial del terreno. Se basa en colocar dos clavos separados a cierta distancia en el material a ensayar. Se mide la separación inicial entre los clavos, y se perfora una ranura entre ambos puntos de referencia. En ese momento, ambos clavos tienden a acercarse debido a la deformación inducida por la liberación de tensiones  
10 debida a la perforación de la ranura. Se mide esta deformación inmediata y también la deformación que se produce en un plazo de entre uno y tres días después. Posteriormente se introduce el flat jack en la ranura y se comienza a incrementar poco a poco la presión hasta conseguir que la separación entre clavos sea la misma que antes de practicar la ranura. Cuando se llega a la separación inicial se considera que esa presión es la inicial de la roca.

15 Aunque se trata de un ensayo muy útil en ciertos casos, presenta diversas limitaciones ya que requiere la ejecución de barrenos y tarda mucho en realizarse; entre uno y tres días.

### c. Placa de carga

20 Se trata de un ensayo utilizado desde 1955 (Rocha, M., Serafim, J. L. and Silveria, A. "Deformability of foundation rocks". 5th Congress on Large Dams, Report 75, Paris, 1955) que consiste en colocar sobre el terreno una placa y aplicar sobre ella presiones conocidas a la vez que se miden los asentamientos que se producen. El módulo de Young se obtiene a partir de correlaciones empíricas con las dimensiones de la placa, la presión aplicada y los asentamientos producidos.

25 Se puede realizar en vertical (cuando se ensaya la solera de una galería) o en horizontal, para ensayar los hastiales. El ensayo para suelos se realiza en zanjas o sobre la superficie del terreno y se utiliza sobre todo para el estudio de cimentaciones superficiales. Su aplicabilidad está prácticamente restringida a cimentaciones en roca de elevada resistencia y para cimentaciones superficiales realizadas sobre terrenos granulares.

30

### d. Métodos sísmicos

Los módulos de deformación de los macizos rocosos también pueden obtenerse a partir de métodos sísmicos (Denver, H., Steffensen, H. "Ground moduli determined by seismic methods". Proc 12th International Conference on  
35 Soil Mechanics and Foundation Engineering, Rio de Janeiro, 13-18 August 1989 VI, P215-218. Publ Rotterdam: A A Balkema, 1989; y Turesson, A. "A comparison of methods for the analysis of compressional, shear, and surface wave seismic data, and determination of the shear modulus". Journal of Applied Geophysics. Volume 61, Issue 2, February 2007, Pages 83-91). Los módulos determinados con esta técnica son módulos de deformación dinámicos. Permiten estimar la deformabilidad dinámica a partir de la velocidad de las ondas elásticas longitudinales o de la compresión  
40 ( $V_p$ ) y transversales o de cizalla ( $V_s$ ). La velocidad de las ondas longitudinales depende del tipo de material, de su grado de alteración y fracturación, del estado de esfuerzos y de las condiciones hidrogeológicas.

### Métodos de determinación "*in situ*" de cohesión y fricción

45 Para la determinación "*in situ*" de la cohesión y fricción de un macizo rocoso destacan tres ensayos principalmente, que si bien son de gran eficacia, su difícil metodología, logística y coste hacen que su realización se limite a obras de gran envergadura. Estos tres ensayos son el ensayo de corte directo en juntas (Uriel S. "La geotecnia aplicada a las grandes presas", Revista de Obras Públicas, Apr. 1964), el ensayo triaxial (Taheri, A., Tani, K. "Characterization of a Sedimentary Soft Rock by a Small *In-Situ* Triaxial Test" International Journal of Rock Mechanics and Mining  
50 Sciences. Volume 45, Issue 8, Dec. 2008, Pags. 1390-1402; Corthésy, R., Leitea, M. H., Gilla, D. E., Gaudinb, B. "Stress measurements in soft rocks". Engineering Geology 69 (2003) 381-397; y Taheri, A., Tani, K. "Development of an apparatus for down-hole triaxial tests in a rock mass". International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 45 (2008) 800-806) y el ensayo de corte directo en materiales granulares (corte directo "*in situ*", P. Ramírez Oyanguren, C. González Nicieza, M.I. Álvarez Fernández, C. González Palacio. "Stability analysis of Llerin Rockfill Dam: An *in situ* direct shear test". Engineering Geology Volume 100, Issues 3-4, 1 Sept. 2008, Pags. 120-13015).

55

#### a. Ensayo de corte directo en juntas

60 La metodología del ensayo coincide totalmente con el ensayo realizado en el laboratorio, variando únicamente que la muestra a ensayar es una probeta tallada "*in situ*", de tal forma que la parte que quede unida al resto del macizo estará orientada en la dirección en la que se quiere estudiar la resistencia al corte, ya sea por localizarse en esta dirección un cambio de litología o una discontinuidad preferente que condicione el comportamiento del resto del macizo.

65 De este modo, se ejerce sobre el terreno, mediante gatos hidráulicos, una presión tangencial estando la muestra sometida a una fuerza normal que se variará en las sucesivas pruebas.

El resultado de estos ensayos es la relación entre ambas tensiones y las tangenciales de rotura, que llevadas a un gráfico nos determina un valor medio de la línea de resistencia intrínseca de la roca en la dirección ensayada. La

## ES 2 351 498 A1

preparación de la prueba a esta escala presenta una gran problemática derivada de la repartición uniforme de esfuerzos en el terreno y de la medida de deformaciones y movimientos de la probeta. Además presenta un coste económico elevado.

### 5 b. Ensayo triaxial

Este ensayo permite medir la deformación del macizo al ser sometido a una determinada presión de confinamiento y carga axial. De este modo, la realización de una serie de tests a distinta presión de confinamiento permite la determinación de la envolvente de rotura de Mohr del terreno ensayado, obteniéndose a partir de ella la cohesión y ángulo de rozamiento interno del macizo. Para efectuar el ensayo se requiere de la perforación de un sondeo de 200 mm de diámetro, en cuyo fondo se llevará a cabo la prueba mediante una célula triaxial. Éste es el único ensayo “*in situ*” que permite conocer el estado tensional del terreno mediante la realización de varias pruebas en una única dirección. Este ensayo necesita la perforación previa de un sondeo, el volumen de terreno ensayado es muy pequeño y la alternancia de litologías dentro de la muestra puede dar lugar a resultados falseados

### 15 c. Corte directo en materiales granulares

Se diseñó fundamentalmente para analizar la fricción de diques y estructuras formadas por materiales granulares sueltos. El ensayo consiste básicamente en hacer deslizar la segunda caja, o bien el conjunto de la segunda y la tercera, sobre la caja inferior que permanece fija, lo que se consigue mediante unos cilindros hidráulicos colocados a la altura de la segunda caja. Se trata de un ensayo de gran utilidad puesto que permite conocer la fricción “real” de los materiales ensayados, pero su rango de aplicación es reducido, puesto que sólo resulta fiable cuando se ensayan materiales granulares sueltos, y en ningún caso resulta aplicable a macizos rocosos, ya que la fricción de éstos depende en gran medida de su estructura.

### 25 Descripción de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento para el ensayo “*in situ*” de terrenos heterogéneos y/o macizos rocosos intensamente fracturados a partir de la presión ejercida en el terreno. También se refiere a un sistema para realizar un ensayo “*in situ*” de terrenos heterogéneos y/o macizos rocosos intensamente fracturados que comprende un conjunto de cilindro y pistón que ejerce presión en el terreno.

El sistema utilizado para la realización de los ensayos de hincamiento en el terreno fue diseñado para realizar dos tipos de ensayos: ensayos de hincamiento y ensayos de hincamiento en el tiempo.

Con los primeros se obtiene la curva presión-deformación del terreno, se establece la presión de rotura en cada material y se analiza la posible presión residual. Así mismo, se obtiene el hincamiento que experimenta el cilindro hidráulico al entrar en carga, hasta el momento en que se produce la rotura del terreno.

El segundo tipo de ensayos corresponde al análisis del comportamiento viscoelástico del terreno, es decir, el comportamiento del terreno en el tiempo. Manteniendo el cilindro a presión constante, se mide la deformación producida en un intervalo de tiempo, la velocidad con la que tiene lugar esa deformación y la constante visco-elástica.

Un aspecto de la presente invención es que es un procedimiento para ensayar “*in situ*” terrenos heterogéneos y/o macizos rocosos intensamente fracturados que comprende las siguientes etapas:

a) Realizar una excavación de una zanja o calicata con una distancia mínima entre las paredes a ensayar de 1,50 m.

b) Disponer unos medios de presión con un sistema cilindro-pistón, situado perpendicularmente a las paredes de la zanja, con el extremo del cilindro apoyado en una pared resistente, permitiendo la salida del pistón hasta que apoye contra la pared opuesta de la zanja y que corresponde al suelo objeto de ensayo.

c) Acoplar en el extremo del pistón una placa con un diámetro de entre 20 cm y 50 cm para ejercer presión sobre el terreno objeto de ensayo. El diámetro de la placa depende de la resistencia del terreno. Antes de la realización de la prueba se determina el diámetro de la placa según la consistencia del terreno, observada a simple vista, en las paredes de la zanja.

d) Medir y aumentar gradualmente la presión sobre el terreno objeto de ensayo, a una velocidad comprendida entre 0,5 MPa/s y 1 MPa/s, mediante el pistón del cilindro, observando la deformación que se produce hasta alcanzar la rotura del mismo y medir la deformación que se va originando a intervalos de tiempo regulares. La rotura del terreno se traduce en una disminución brusca de la presión aplicada al cilindro hidráulico y un hincamiento del extremo en el terreno, así como en la aparición de numerosas grietas que se propagan rápidamente, provocando el desmoronamiento de las paredes de la zanja o calicata.

En una realización preferida, los valores de la presión ejercida por el cilindro y la deformación obtenida en el terreno en escala real de trabajo, medidos en intervalos de tiempo comprendidos entre 0,1 segundos y 2 segundos, proporcionan la curva presión-deformación del terreno.

## ES 2 351 498 A1

En una realización más preferida, la curva presión-deformación del terreno anterior proporciona los parámetros de la presión de rotura del terreno, la presión residual y el valor del hincamiento del cilindro.

5 En una realización específica, el procedimiento para el ensayo “*in situ*” de terrenos heterogéneos y/o macizos rocosos intensamente fracturados además comprende las siguientes etapas:

e) Una vez conocida la presión de rotura, medir y aumentar gradualmente la presión a una velocidad comprendida entre 0,5 MPa/s y 1 MPa/s, hasta alcanzar un valor constante del 60% de la presión de rotura.

10 f) Mantener constante la presión, un mínimo de 12 horas, y medir la deformación que se produce a intervalos de tiempo regulares hasta que la deformación no aumente en el tiempo.

15 En otra realización específica los valores obtenidos para la deformación del terreno a presión constante en escala real de trabajo, medidos en intervalos de tiempo de 2 segundos durante los primeros 30 minutos del ensayo y en intervalos de tiempo de 1 minuto desde el minuto 30 hasta finalizar el ensayo, dan lugar a la curva presión-deformación del terreno.

20 En una realización más específica la curva presión-deformación del terreno anterior establece el análisis del comportamiento viscoelástico del terreno.

En otra realización preferida, la placa acoplada al extremo del cilindro es de 20 cm de diámetro si el ensayo se realiza sobre macizos rocosos, de 30 cm de diámetro si el ensayo se realiza sobre carbón, lutitas o margas, o de 45 cm de diámetro si el ensayo se lleva a cabo sobre rellenos antrópicos.

25 Para poder efectuar estos ensayos, se requiere un equipo capaz de suministrar una presión al terreno que pueda provocar su rotura, al menos en la mayoría de las litologías. Igualmente, se requiere una carrera de pistón adecuada para poder adaptarse al tamaño variable de las zanjas que preferiblemente se establece en 500 mm.

30 Otro aspecto de la presente invención es un sistema para realizar los ensayos “*in situ*” de terrenos heterogéneos y/o macizos rocosos intensamente fracturados anteriores, que comprende:

- Una bomba hidráulica con una presión máxima de funcionamiento de al menos de 25 MPa.

35 - Unos conductos flexibles de alta presión que transmiten la presión de la bomba al conjunto cilindro-pistón hidráulico.

40 - Un conjunto cilindro-pistón hidráulico con una longitud total de 1,50 m y 500 mm de carrera de pistón, con un asa para el transporte y con una base plana en el extremo del cilindro, y una rótula en el extremo del pistón, al que se le une una placa que transmite presión al terreno. Es el elemento que transmite presión al terreno, al introducirlo en la zanja y ponerlo en contacto con sus paredes.

- Al menos un sensor de desplazamiento del pistón de 0 a 500 mm.

45 - Al menos un sensor de presión de 0 a 25 Mpa.

- Un sistema de captación y almacenamiento continuo de datos de presión y desplazamiento, a partir de la señal eléctrica generada por los sensores de presión y de desplazamiento.

50 - Un sistema de tratamiento de los datos anteriores mediante algoritmos programados en computador.

El cilindro está dotado al menos de un captador automático de presión y de desplazamiento, para obtener las correspondientes curvas. Por otra parte es capaz de mantener una presión constante durante un intervalo de tiempo para efectuar los correspondientes ensayos viscoelastoplásticos.

55 En una realización preferida, el sistema de captación y almacenamiento continuo de datos es al menos una tarjeta de adquisición de datos.

60 Algunas de las ventajas más importantes frente a los demás ensayos son su rapidez, su facilidad de ejecución y su reducido coste. Por otra parte el material ensayado no sufre alteración alguna como ocurre cuando se practica un sondeo. Otra ventaja de este ensayo es la información adicional que proporciona y que permite la caracterización mecánica de los materiales ensayados. Desde el punto de vista logístico la gran ventaja del sistema de ensayo propuesta es que, para su realización, solo requiere practicar la excavación de una zanja o nicho.

65 Con este método y/o sistema se pueden analizar tanto materiales con rotura frágil, con ensayos presión-desplazamiento, como materiales con comportamiento viscoelástico, con ensayos presión-tiempo.

Mediante una sencilla calibración con un modelo de cálculo por métodos numéricos se pueden conocer de forma precisa las propiedades resistentes y deformacionales del terreno ensayado.

## ES 2 351 498 A1

La realización del ensayo permite determinar cómo será la rotura del terreno en función de la profundidad y de la dirección de aplicación de carga. Esta información es muy útil a la hora de diseñar cimentaciones o taludes.

5 La presente invención resulta de aplicación en los sectores en los que se diseñen, produzcan o utilicen dispositivos para la realización de ensayos sobre el terreno con el fin de obtener su caracterización, como por ejemplo el de la maquinaria y equipo mecánico, el de las industrias extractivas y el de la construcción.

### Breve descripción de las figuras

10 Para complementar la descripción realizada y facilitar la comprensión de la invención se acompaña un juego de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se representa un modo práctico de realización del dispositivo objeto de esta patente.

15 La figura 1 representa una vista de conjunto de los distintos componentes del equipo con el que se realizan los ensayos. En ella se representa el conjunto hidráulico (1) con la bomba hidráulica (2), el conjunto cilindro-pistón (3), el sensor de presión (4), el sensor de desplazamiento (5), los conductos flexibles (6) de alta presión, un sistema de captación y almacenamiento (7) continuo de datos de presión y desplazamiento, un sistema de tratamiento de los datos (8) y las placas de carga (9).

20 La figura 2 representa una vista en alzado del conjunto hidráulico (1) y la bomba hidráulica (2)

La figura 3 representa una vista en planta del conjunto cilindro-pistón (3).

25 La figura 4 representa una vista en planta del sensor de presión (4).

La figura 5 representa una vista en planta del sensor de desplazamiento (5).

La figura 6 representa dos conductos flexibles (6) de alta presión.

30 La figura 7 representa una vista en planta del sistema de captación y almacenamiento (7) continuo de datos de presión y desplazamiento, más concretamente de una tarjeta de adquisición de datos.

35 La figura 8 representa un diagrama de bloques de la forma en la que se realiza la adquisición de datos en los ensayos, donde S.G. significa salida gráfica y S.D. salida de datos.

La figura 9 representa una vista en perspectiva de las placas (9) metálicas utilizadas en los ensayos.

### Realización preferente de la invención

40 Para una mejor comprensión de la presente invención, se expone el siguiente ejemplo de realización preferente, descrito en detalle, que debe entenderse sin carácter limitativo del alcance de la invención.

45 Para la realización de la prueba se realizó la excavación previa de una zanja o calicata con una distancia mínima entre las paredes a ensayar de 1,50 m.

Una vez acondicionado el terreno, se apoyó el conjunto cilindro-pistón (3), dispuesto perpendicularmente a las paredes de la calicata o zanja con su parte trasera en la pared que resultó visualmente más resistente. Después se permitió la salida del pistón del cilindro hasta su completo apoyo contra la pared opuesta, sobre el material que iba a ser ensayado.

50 Se observó a simple vista el tipo de terreno y se acopló una placa (9) con un diámetro de entre 20 cm y 50 cm en el extremo del pistón para ejercer presión sobre el terreno objeto de ensayo. La placa (9) que se utilizó era de 20 cm de diámetro si el ensayo se realizaba sobre macizos rocosos, de 30 cm de diámetro si el ensayo se realizaba sobre carbón, lutitas o margas y era de 45 cm de diámetro si el ensayo se llevaba a cabo sobre rellenos antrópicos.

55 Se aumentó y se midió gradualmente la presión sobre el terreno objeto de ensayo, a una velocidad comprendida entre 0,5 MPa/s y 1 MPa/s, mediante el conjunto cilindro-pistón (3), y se observó la deformación que se produjo hasta que se alcanzó la rotura del mismo.

60 Se midió la deformación que se fue originando a intervalos de tiempo regulares. La rotura del terreno se tradujo en una disminución brusca de la presión ejercida por el conjunto cilindro-pistón (3) y en su hincamiento en el terreno, así como en la aparición de numerosas grietas que se propagaron rápidamente y provocaron el desmoronamiento de las paredes de la zanja.

65 Los valores de la presión que realizó el conjunto cilindro-pistón (3) sobre el terreno y la deformación que se obtuvo en escala real de trabajo, medidas en intervalos de tiempo que estaban comprendidos entre 0,1 segundos y 2 segundos, proporcionaron la curva presión-deformación del terreno.

## ES 2 351 498 A1

La curva presión-deformación del terreno anterior proporcionó los parámetros de la presión de rotura del terreno, la presión residual y el valor del hincamiento del conjunto cilindro-pistón (3).

5 Una vez que se determinó la presión de rotura, se midió y se aumentó gradualmente la presión a una velocidad comprendida entre 0,5 MPa/s y 1 MPa/s, hasta que alcanzó un valor constante del 60% de la presión de rotura.

10 Se mantuvo constante la presión, un mínimo de 12 horas, y se midió la deformación que se produjo a intervalos de tiempo regulares de 2 segundos durante los primeros 30 minutos del ensayo y en intervalos de tiempo de 1 minuto desde el minuto 30 hasta que la deformación no aumentó en el tiempo.

Los valores que se obtuvieron para la deformación del terreno a presión constante en escala real de trabajo dieron lugar a la curva presión-deformación del terreno, con la que se estableció el análisis del comportamiento viscoelástico del mismo.

15 El sistema para realizar el ensayo era un conjunto hidráulico (1) que incorporaba una bomba hidráulica (2) variable de pistones axiales A10VSO capaz de suministrar una presión que llegaba hasta 25 MPa. Dicha presión se transmitía por unos conductos flexibles (6) de alta presión al cilindro. El conjunto incorporaba un sensor de presión (4) con un rango de medida comprendido entre 0 y 25 MPa.

20 El conjunto cilindro-pistón (3) tenía un diámetro exterior máximo de 500 mm, una longitud de 1,5 m y 500 mm de carrera. El diámetro del pistón era de 140 mm. Incorporaba una orejeta para el transporte, tenía una base plana en un extremo y una rótula en el otro, con una pieza cilíndrica unida a ella sobre la que apoyaban las placas (9). En su interior estaba dotado con un sensor de desplazamiento (5) de 0 a 500 mm, con cable de salida al exterior.

25 Los conductos flexibles (6) de alta presión, que transmiten la presión proporcionada por la bomba (2) al conjunto cilindro-pistón (3), eran de caucho sintético flexible de calidad comercial.

30 El sistema de captación automática de datos incorporaba un sensor de presión (4) de 0 a 25 MPa y un sensor de desplazamiento (5) de 0 a 500 mm. Las señales que proporcionaban se podían grabar en un sistema de captación y almacenamiento (7) de datos, materializados en dos tarjetas de adquisición de datos de forma continua.

35 Para el sistema de tratamiento de datos (8) se utilizó un ordenador personal en el que funcionaba una aplicación informática propia, desarrollada por el Grupo de Investigación de Ingeniería del Terrenos de la Universidad de Oviedo, al que pertenecen los inventores.

40

45

50

55

60

65

# ES 2 351 498 A1

## REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento para el ensayo “*in situ*” de terrenos heterogéneos y/o macizos rocosos intensamente fracturados que comprende las siguientes etapas:

a) realizar una excavación de una zanja o calicata con una distancia mínima entre las paredes a ensayar de 1,50 m;

10 b) disponer unos medios de presión (1) con un sistema cilindro-pistón (3), situado perpendicularmente a las paredes de la zanja, con el extremo del cilindro apoyado en una pared resistente, permitiendo la salida del pistón hasta que apoye contra la pared opuesta de la zanja y que corresponde al suelo objeto de ensayo;

c) acoplar en el extremo del conjunto cilindro-pistón (3) una placa (9) con un diámetro de entre 20 cm y 50 cm para ejercer presión sobre el terreno objeto de ensayo;

15 d) medir y aumentar gradualmente la presión, a una velocidad comprendida entre 0,5 MPa/s y 1 MPa/s, sobre el terreno objeto de ensayo mediante el conjunto cilindro-pistón (3), observando la deformación que se produce hasta alcanzar la rotura del mismo, y medir la deformación que se produce a intervalos de tiempo regulares.

20 2. Procedimiento para el ensayo “*in situ*” de terrenos heterogéneos y/o macizos rocosos intensamente fracturados según la reivindicación 1 que además comprende las siguientes etapas:

25 e) una vez conocida la presión de rotura, medir y aumentar gradualmente la presión a una velocidad comprendida entre 0,5 MPa/s y 1 MPa/s, hasta alcanzar un valor constante del 60% de la presión de rotura;

f) mantener constante la presión, un mínimo de 12 horas, y medir la deformación que se produce a intervalos de tiempo regulares hasta que la deformación no aumente en el tiempo.

30 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2 **caracterizado** porque la placa (9) acoplada al extremo del cilindro es de 20 cm de diámetro si el ensayo se realiza sobre macizos rocosos, de 30 cm de diámetro si el ensayo se realiza sobre carbón, lutitas o margas o de 45 cm de diámetro si el ensayo se lleva a cabo sobre rellenos antrópicos.

35 4. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque los valores de la presión ejercida por el cilindro y la deformación obtenida en el terreno en escala real de trabajo, medidos en intervalos de tiempo comprendidos entre 0,1 segundos y 2 segundos, dan lugar a la curva presión-deformación del terreno.

40 5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado** porque la curva presión-deformación del terreno anterior proporciona los parámetros de la presión de rotura del terreno, la presión residual y el valor del hincamiento del cilindro.

45 6. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado** porque los valores obtenidos para la deformación del terreno a presión constante en escala real de trabajo, medidos en intervalos de tiempo de 2 segundos durante los primeros 30 minutos del ensayo y en intervalos de tiempo de 1 minuto desde el minuto 30 hasta finalizar el ensayo, dan lugar a la curva presión-deformación del terreno.

50 7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado** porque la curva presión-deformación del terreno anterior establece el análisis del comportamiento viscoelástico del terreno.

8. Sistema para realizar el ensayo “*in situ*” de terrenos heterogéneos y/o macizos rocosos intensamente fracturados de la reivindicación 1 que comprende:

55 una bomba hidráulica (2) con una presión máxima de funcionamiento de al menos de 25 MPa;

unos conductos flexibles (6) de alta presión que transmiten la presión de la bomba hidráulica (2) al conjunto cilindro-pistón (3) hidráulico;

60 un conjunto cilindro-pistón (3) hidráulico con una longitud total de 1,50 m y 500 mm de carrera de pistón, con un asa para el transporte y con una base plana en el extremo del cilindro, y una rótula en el extremo del pistón, al que se le une una placa (9) que transmite presión al terreno;

65 al menos un sensor de desplazamiento (5) del pistón de 0 a 500 mm;

al menos un sensor de presión (4) de 0 a 25 Mpa;

## ES 2 351 498 A1

un sistema de captación y almacenamiento (7) continuo de datos de presión y desplazamiento, a partir de la señal eléctrica generada por los sensores de presión y de desplazamiento;

5 un sistema de tratamiento de los datos (8) anteriores mediante algoritmos programados en computador.

8. Sistema según la reivindicación 8 **caracterizado** porque el sistema de captación y almacenamiento (7) es al menos una tarjeta de adquisición de datos.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

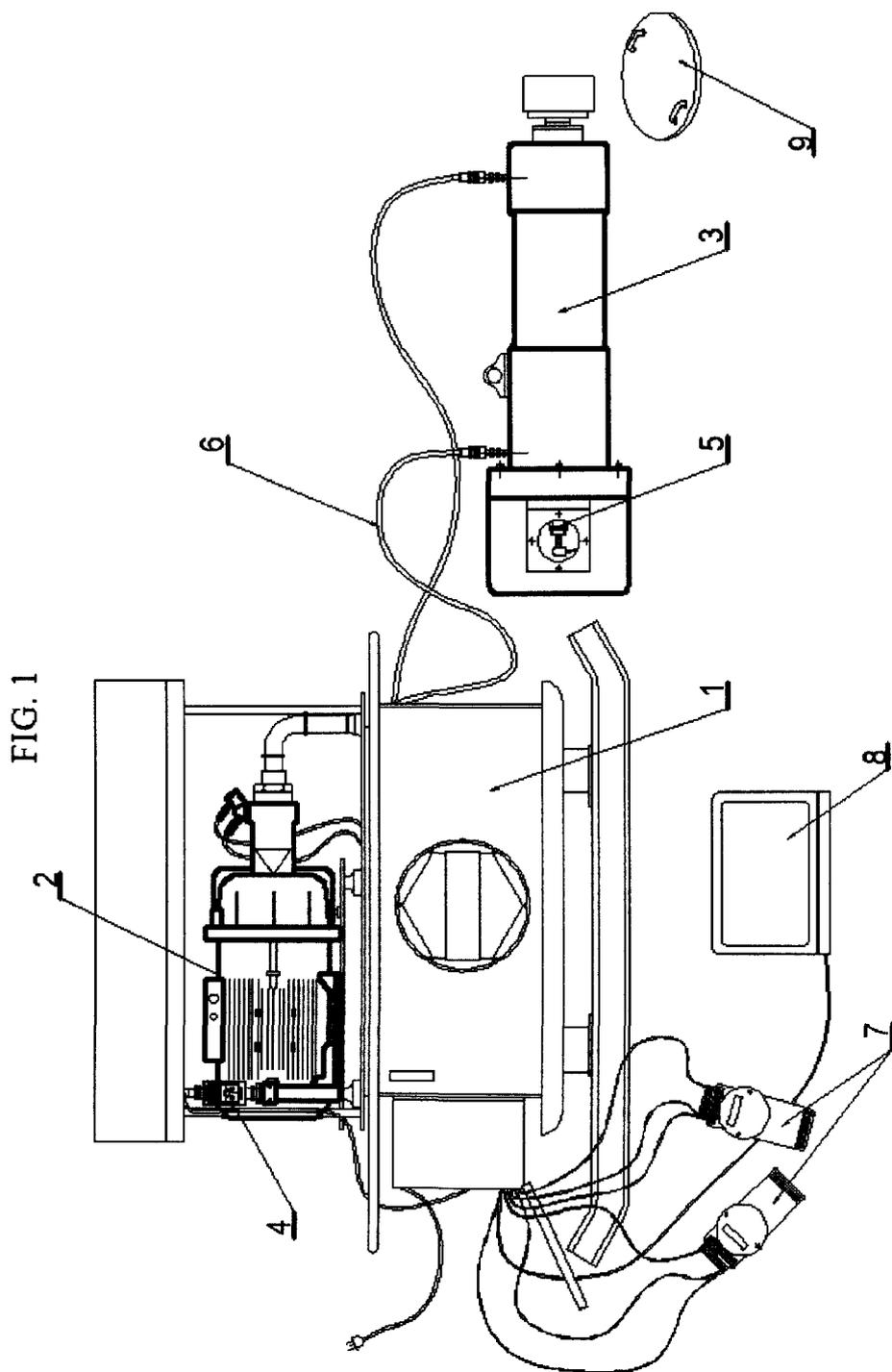


FIG. 2

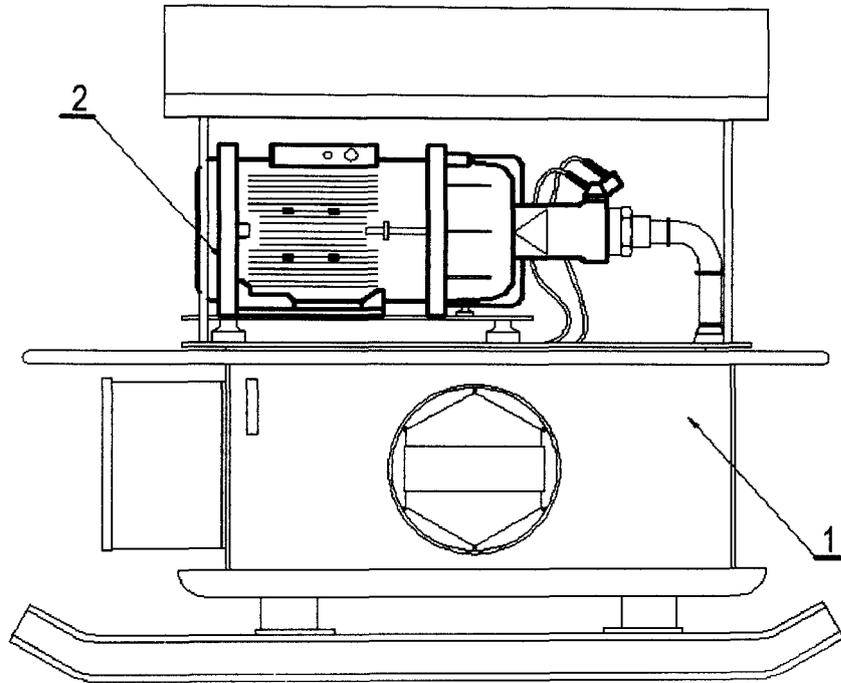


FIG. 3

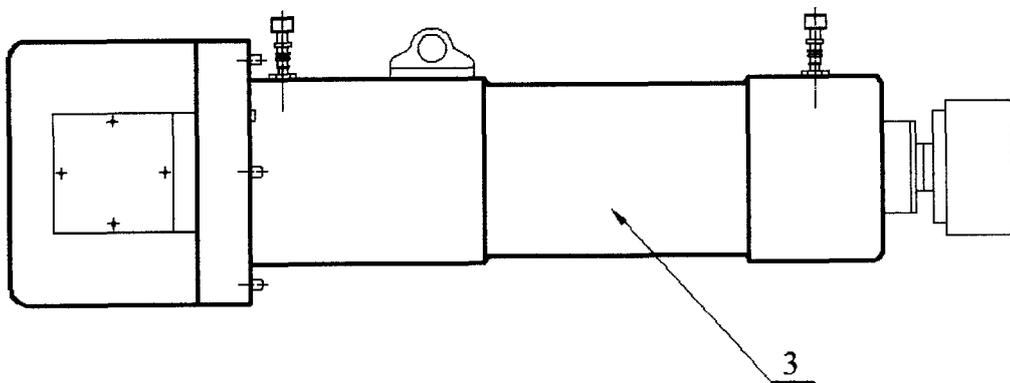


FIG 4

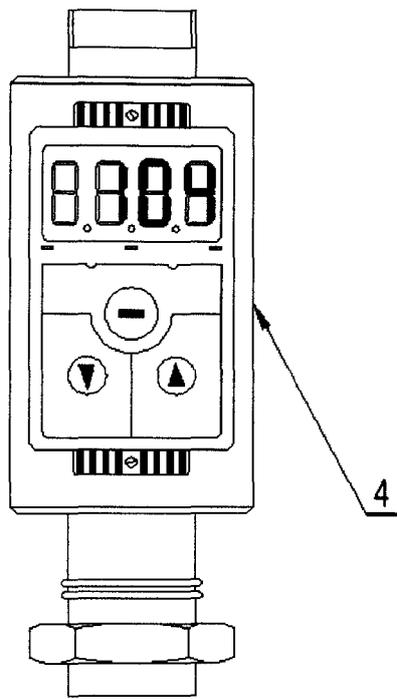


FIG. 5

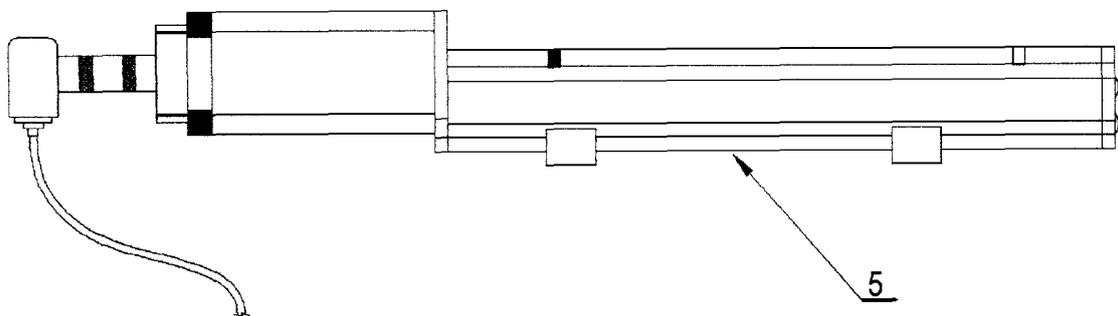


FIG. 6

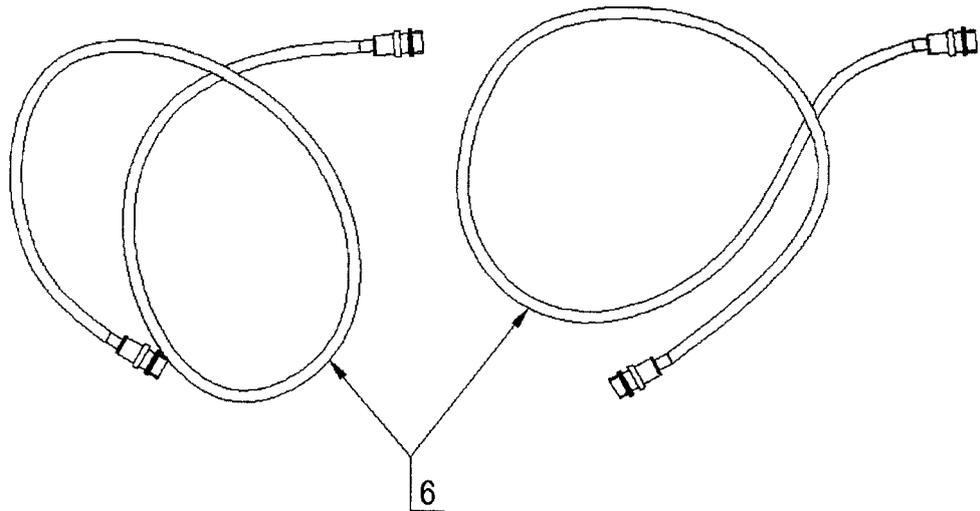


FIG. 7

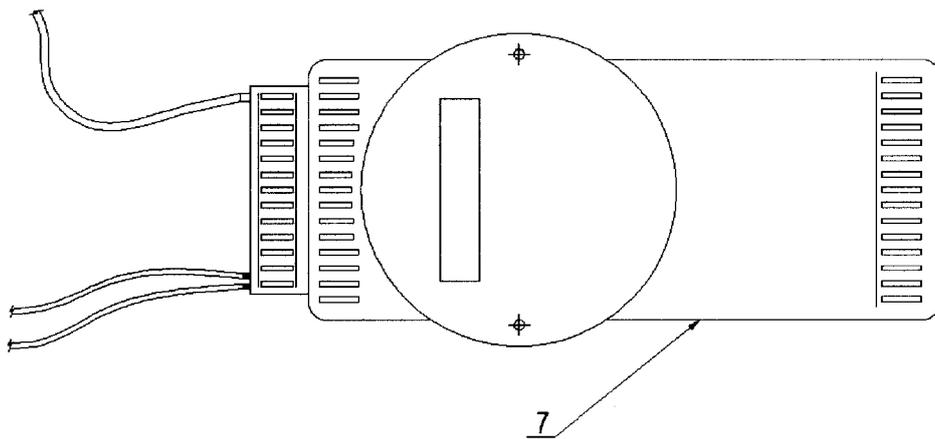


FIG. 8

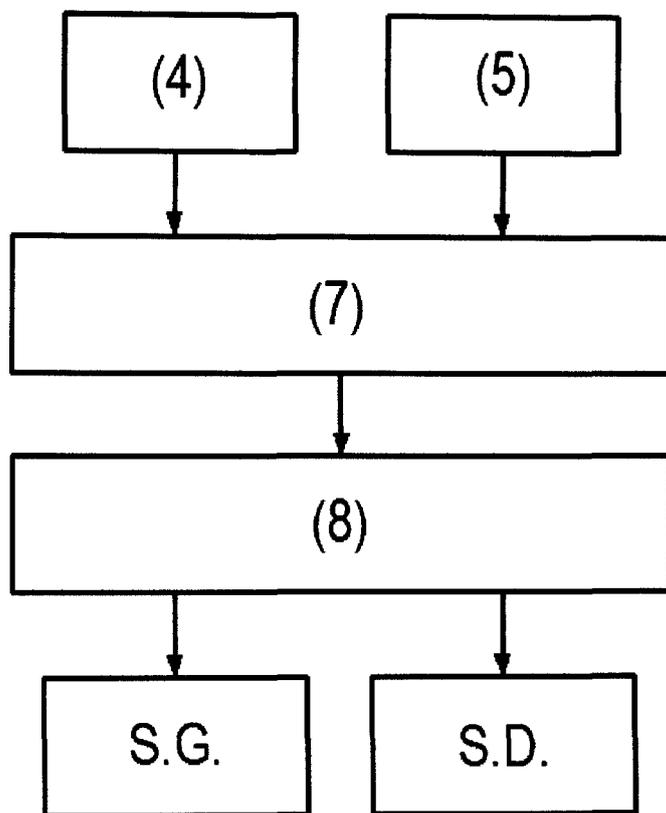
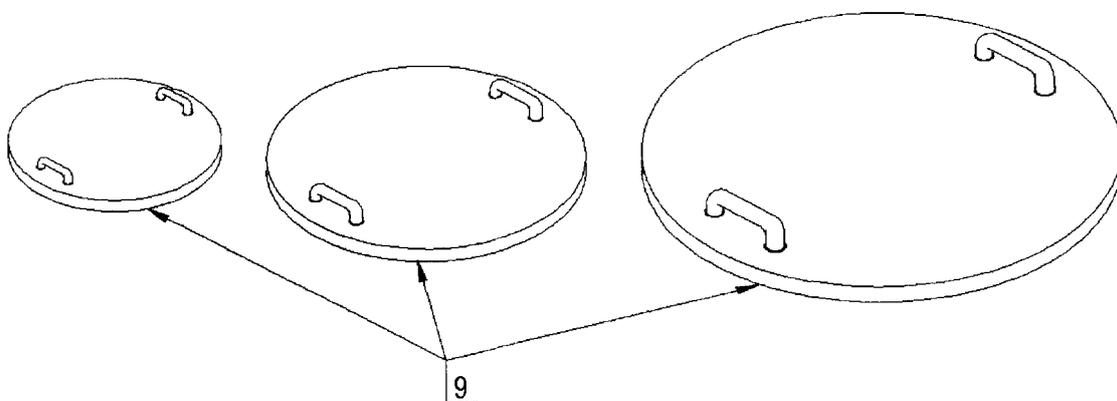


FIG. 9





OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201000902

②② Fecha de presentación de la solicitud: 07.07.2010

③② Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **E02D1/00** (01.01.2006)  
**G01N3/00** (01.01.2006)

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	Pruebas de carga del laboratorio de Geotecnia, objetivo de los ensayos [en línea], 17 de Julio de 2001, [recuperado el 04.01.2011], Recuperado de internet: <a href="http://www.cedex.es/lg/situ/carga.html">http://www.cedex.es/lg/situ/carga.html</a>	8,9
A	Norma Española del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) NLT-357/98, de ensayo de Carga con Placa, Año 1998, todo el documento.	1-7
A	Norma Española del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) NLT-357/86, de ensayo de Carga con Placa, año 1986, todo el documento.	1-7
A	CARLOS FERNÁNDEZ TADEO, Ensayo de Placa de Carga Dinámica de 300mm de diámetro, Boletín de la Asociación de Laboratorios acreditados de la Comunidad de Madrid (ALACAM), Diciembre de 2006, todo el documento.	8,9

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
20.01.2011

Examinador  
Rafael San Vicente

Página  
1/5

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

E02D, G01N

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 20.01.2011

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-7,9	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 8	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-7	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 8,9	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	Pruebas de carga del laboratorio de Geotecnia, objetivo de los ensayos [en línea], 17 de Julio de 2001, [recuperado el 04.01.2011], Recuperado de internet: <a href="http://www.cedex.es/lg/situ/carga.html">http://www.cedex.es/lg/situ/carga.html</a>	
D02	Norma Española del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) NLT-357/98, de ensayo de Carga con Placa, Año 1998, todo el documento.	
D03	Norma Española del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) NLT-357/86, de ensayo de Carga con Placa, año 1986, todo el documento.	
D04	CARLOS FERNÁNDEZ TADEO, Ensayo de Placa de Carga Dinámica de 300mm de diámetro, Boletín de la Asociación de Laboratorios acreditados de la Comunidad de Madrid (ALACAM), Diciembre de 2006, todo el documento.	

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

El objeto de la invención se refiere por un lado a un procedimiento para llevar a cabo un ensayo in situ de un terreno heterogéneo, rocoso y fuertemente fracturado a partir de la presión ejercida en el terreno (reivindicación 1ª), y por el otro a un sistema o equipo para llevar a cabo dicho procedimiento (reivindicación 8ª). El desarrollo de las distintas etapas para llevar a cabo dicho procedimiento quedaría recogido en las reivindicaciones 2ª a 7ª, todas ellas dependientes de la 1ª reivindicación o anteriores, y con respecto a la reivindicación 9ª, dependiente de la 8ª, podríamos decir que sería un ejemplo concreto de realización con respecto al sistema de almacenamiento y captación de los datos de presión y deformación del terreno.

En lo que se refiere al equipo para la realización del ensayo, podríamos decir que el documento D01 constituye el estado de la técnica más próximo a dicho objeto de la solicitud. En dicho documento, nos encontramos con un equipo para realizar pruebas de carga in situ en horizontal y en el interior de una galería excavada en roca, que consta de material hidráulico, como sería una bomba hidráulica y unos conductos que transmiten la presión, para el accionamiento de unos cilindros hidráulicos en cuyo extremo iría acoplada una placa para la aplicación de una carga sobre el terreno, así como de elementos para medir las cargas aplicadas y los desplazamientos, y por último un equipo de registro automatizado para el control y almacenamiento de dichos datos de carga y desplazamientos, con apoyo informático. Por lo tanto no existe diferencia alguna entre el documento D01 y la reivindicación 8ª de la solicitud objeto de estudio, quedando la novedad de dicha 8ª reivindicación independiente totalmente cuestionada con el documento D01. De la misma manera, quedaría cuestionada con dicho documento la actividad inventiva de la reivindicación 9ª, por considerarse la tarjeta de adquisición de datos solo un modo de realización del sistema de almacenamiento y captación de datos, y por lo tanto no implicando actividad inventiva alguna a partir de dicho documento D01.

En cuanto al procedimiento para llevar a cabo el ensayo in situ de dichos terrenos heterogéneos y rocosos, desarrollado en la reivindicación 1ª, nos encontramos con que el documento D02 constituye el estado de la técnica más próximo a este otro objeto de la invención. Dicho documento corresponde con la Norma oficial Española del ensayo de Carga con Placa, quedando desarrollado en el punto 5 un procedimiento que consta de las siguientes etapas: 1/Preparación de la superficie de ensayo 2/Instalación del equipo de carga, con placas que varían entre los 300 mm de diámetro y los 762 mm 3/Colocación de los medios de medición de asientos 4/ y por último el propio proceso de carga y descarga, previa a la determinación del modulo de compresibilidad del terreno. En dicho proceso de carga y después de un proceso de precarga de 0'01 Mpa durante 30 seg. para ajustar a cero los comparadores, se aumenta progresivamente la carga hasta alcanzar un asiento de 5 mm o una tensión normal de placa de 0'5 Mpa, y se incluirán como mínimo 6 escalones con intervalos de tiempo aproximadamente iguales entre ellos, de una duración de un minuto como mínimo. Por lo tanto existen diferencias entre el documento D02 y la 1ª reivindicación de la solicitud objeto de estudio. En concreto, en el documento D02 no se va aumentando gradualmente la presión a una determinada velocidad comprendida entre 0'5 y 1 MPa/seg observando la deformación hasta alcanzar la rotura del terreno, y medir la deformación que se produce a intervalos de tiempo regulares.

Teniendo en cuenta esto, parece que no sería evidente para un experto en la materia que partiendo de dicho documento D02 se llegara a la invención propuesta en la 1ª reivindicación de la solicitud, y por lo tanto dicha invención poseería novedad y actividad inventiva.

El resto de reivindicaciones 2ª a 7ª son reivindicaciones dependientes de la reivindicación 1ª. Teniendo en cuenta la argumentación con respecto a la reivindicación 1ª, la invención de acuerdo con las reivindicaciones 2ª a 6ª cumple asimismo con los requisitos de novedad y actividad inventiva.

El documento D03 sería análogo al documento D02 solo que se trata de una norma más antigua, y el documento D04, que describe un equipo ligero y sencillo de impacto para la realización de ensayos de placa de carga dinámica sobre capas compactadas de suelos y granulares, resultaría un documento del estado de la técnica general.

Por lo tanto y a modo de resumen, podríamos concluir que en el equipo para la realización del ensayo in situ del terreno descrito en las reivindicaciones 8ª y 9ª de la presente solicitud no se aprecia novedad ni actividad inventiva, y por lo tanto la patentabilidad de dichas reivindicaciones se vería cuestionada conforme a los artículos 6 y 8 de la ley 11/86 de patentes, mientras que el procedimiento descrito en las reivindicaciones 1ª a 7ª se considera que cumple los requisitos de novedad y actividad inventiva, y la patentabilidad de dichas reivindicaciones no se vería cuestionada.