

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 707 205**

21 Número de solicitud: 201700726

51 Int. Cl.:

G01N 3/08 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

02.10.2017

43 Fecha de publicación de la solicitud:

02.04.2019

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE OVIEDO (100.0%)
C/ San Francisco 3
33003 Oviedo (Asturias) ES**

72 Inventor/es:

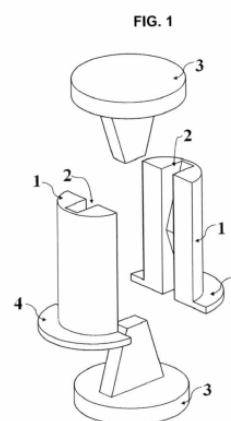
**GONZÁLEZ NICIEZA, Celestino;
ÁLVAREZ FERNÁNDEZ, M. Inmaculada;
GARCIA FERNÁNDEZ, Carmen Covadonga y
GARCIA MENEDEZ, Juan Ramón**

54 Título: **Dispositivo y método para determinar la resistencia a tracción de un material o la adherencia en una junta**

57 Resumen:

Dispositivo y método para determinar la resistencia a tracción de un material o la adherencia en una junta. El dispositivo comprende dos semicilindros (1) rígidos con una acanaladura (2) cada uno, que cuando se disponen sobre sus ejes forman un cuerpo cilíndrico con un orificio pasante y con una pestaña (4) sobre la que descansa una probeta (5). El dispositivo también comprende dos cuñas (3) que se introducen por los extremos del orificio pasante, sobre las que se aplica una carga que a su vez transmite una carga transversal a la probeta a medida que se separan los dos semicilindros (1) desplazados por las dos cuñas (3).

De aplicación en aquellos sectores donde sea preciso conocer las propiedades resistentes de los materiales, como por ejemplo, el de la construcción, la minería, la obra civil, la mecánica de rocas o la ingeniería del terreno.



ES 2 707 205 A1

DESCRIPCIÓN

Dispositivo y método para determinar la resistencia a tracción de un material o la adherencia en una junta.

5

Sector de la técnica

La presente invención se refiere a un dispositivo que permite determinar la resistencia a tracción en laboratorio de materiales de diferente naturaleza (rocas, hormigones, morteros, metales, refractarios, plásticos, etc.).

10

El dispositivo también puede ser utilizado para determinar la adherencia en una junta (natural o artificial) entre materiales que pueden ser de igual o diferente naturaleza, a través de una superficie asimilable a un plano.

15

La invención también se refiere al método de ensayo para determinar la resistencia a tracción o la adherencia en una junta.

La presente invención resultará de aplicación en aquellos sectores donde sea preciso conocer las propiedades resistentes de los materiales, como por ejemplo, el de la construcción, la minería, la obra civil, la mecánica de rocas o la ingeniería del terreno.

20

Antecedentes de la invención

La rotura por tracción en materiales con una elevada diferencia entre la resistencia a compresión y tracción es quizás una de las problemáticas más comunes en materiales usados en diversos campos en ingeniería.

25

Por definición, la resistencia a tracción es la tensión de rotura bajo un estado de tracción uniaxial pura. Por ello, desde un punto de vista conceptual, el método más apropiado para caracterizar el comportamiento del material y determinar la resistencia a tracción es mediante ensayos de tracción directa. Sin embargo, la dificultad de llevar a cabo este tipo de ensayos en materiales frágiles de baja resistencia a tracción hace que, en la práctica, se utilicen diversas técnicas de determinación indirecta.

30

35

De acuerdo con esto, se resumen a continuación las técnicas tradicionales más comúnmente empleadas en laboratorio para determinar la resistencia a tracción en materiales:

– *Ensayo de tracción directa*: consiste en utilizar una probeta del material, amordazándola en sus extremos, y someterla a fuerzas en la misma dirección y sentidos opuestos hasta que se produce la rotura a tracción de dicha probeta. Se asume que el estado tensional es perfectamente uniaxial y uniforme, pudiendo determinar la resistencia a tracción como la relación entre la fuerza de rotura y el área de la muestra donde se produce la misma. Sin embargo, estas hipótesis son difíciles de cumplir en la realidad experimental, haciendo que la técnica presente los siguientes inconvenientes:

40

45

- Para la sujeción de la probeta a ensayar suelen emplearse resinas o cementos que, debido a su baja resistencia a cortante, no garantizan una buena unión (Andreev, GE (1995). *Brittle Failure of Rock Materials, Test Results and Constitutive Models*. Rotterdam: A.A. Balkema) en los extremos. Al no existir una unión perfecta entre el material y las mordazas, se genera una concentración anómala de tensiones, de manera que no se puede garantizar la fiabilidad de los resultados obtenidos (Baria, G, Goffi, L (1974). Direct tensile testing of anisotropic rocks. Conference. Proc. Third Congress Int. Soc. Rock Mech 2, 93-98).

50

- La coaxialidad de las cargas, que debe ser comprobada periódicamente, resulta difícil de garantizar si la probeta se fija con cementos o resinas, apareciendo momentos torsores y flexiones (Chen, CS, Hsu, C (2001). *Measurement of Indirect Tensile Strength of Anisotropic Rocks by the Ring Test*. Rock Mech Rock Engng 34, 293).
 - Para eliminar el problema de la unión entre material y mordazas se puede recurrir a conformar las probetas, generalmente cilíndricas, ampliando su diámetro en ambos extremos (lo que se conoce como forma de “hueso de perro”) o bien con una entalladura periférica. El inconveniente es que ambos sistemas implican mayor coste, y en muchos casos son poco operativos por la imposibilidad de conformar dichas probetas en algunos materiales, como por ejemplo en rocas (Chen, CS, Hsu, C(2001). *Measurement of Indirect Tensile Strength of Anisotropic Rocks by the Ring Test*. Rock Mech Rock Engng34, 293).
 - *Ensayo brasileño o ensayo de tracción indirecta*: consiste en comprimir diametralmente una probeta con forma de disco hasta la rotura, induciendo un fallo por tracción en el centro de la muestra. Es el método propuesto por la *International Society of Rock Mechanics* para caracterizar a tracción los materiales rocosos, y también ha sido propuesto por la *American Society for Testing and Materials* para caracterizar tanto materiales rocosos como hormigón. Sin embargo, presenta diversos inconvenientes:
 - La interpretación de los resultados plantea incertidumbres por las elevadas tensiones de contacto y por los diferentes modos de fallo que pueden llegar a producirse (Andreev, GE (1995). *Brittle Failure of Rock Materials, Test Results and Constitutive Models*. Rotterdam: A.A. Balkema).
 - Con la fórmula propuesta se obtiene una resistencia a tracción que difiere de la que se obtendría con un ensayo de tracción uniaxial. El primero en poner de manifiesto esto fue Fairhurst, C(1964). *On the validity of the ‘Brazilian’ test for brittle materials*. Int J Rock Mech Min Sci 1, 535-546, quien afirmó que la resistencia a tracción obtenida por el método brasileño resultaba ser menor que el verdadero valor de resistencia obtenido con métodos directos en materiales frágiles. Pero también existen estudios que afirman lo contrario, como Perras, M, Diederichs, M (2014). *A review of the tensile strength of rock: concepts and testing*. Geotech Geol Eng 32, 525 - 546, quienes revisaron las diferentes técnicas existentes para obtener la resistencia a tracción en rocas y comprobaron cómo, para la mayoría de materiales rocosos, la resistencia a tracción obtenida con métodos directos es menor que con el ensayo de compresión diametral, aunque afirman que dicha relación es fuertemente dependiente del tipo de roca.
- La diferencia entre el valor de resistencia a tracción obtenido con el ensayo brasileño y el método directo se debe a dos aspectos fundamentalmente. El primero es que se ha asumido que la rotura en el ensayo brasileño empieza en el centro, algo que ha sido cuestionado por diversos estudios (Hudson, JA, Brown, ET, Rummel, F (1972). *The controlled failure of rock disk and rings loaded in diametral compression*. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 9, 241-248; Mikl-Resch, MJ, Antretter, T, Gimpel, M, Kargl, H, Pittino, G, Tichy, R, Ecker W, Galler R (2015). *Numerical calibration of a yield limit function for rock materials by means of the Brazilian test and the uniaxial compression test*. Int J of Rock Mech & Min Sci 74, 24-29), afirmando que dicho fallo se inicia en la zona próxima al área de aplicación de la carga, es decir, donde la muestra está sometida a tensiones que son predominantemente de compresión. El segundo aspecto es que, aunque la rotura empezara en el centro del disco, el estado tensional en ese punto no es una tracción pura (Hondros, G(1959). *The evaluation of Poisson’s ratio and the modulus materials of a low tensile resistance by the Brazilian (indirect tensile) test with particular reference to concrete*. Aust J Appl Sci 10, 243-268), sino un estado de tensión biaxial. Según diversos investigadores (Hudson, JA, Brown, ET, Rummel, F (1972).

The controlled failure of rock disk and rings loaded in diametral compression. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 9, 241-248), este método no sería adecuado para determinar la resistencia a tracción de un material.

- 5 • *Ensayo de flexión:* es otro método muy popular en múltiples campos de ingeniería civil. Consiste en someter una probeta, apoyada sobre dos rodillos, a una carga perpendicular a su eje axial en uno o dos puntos. Bajo esta configuración se crea un estado de compresión en la superficie próxima a la carga y un estado de tracción en la superficie inferior, donde se inicia la rotura de la probeta. Sin embargo, en el campo de estudio de los materiales
- 10 rocosos, su utilización como método de determinación de la resistencia a tracción ha sido escasa en comparación con el ensayo brasileño, ya que sobreestima la resistencia del material obtenida por métodos directos (Jaeger, JC(1967). *Failure of rocks under tensile conditions.* Int. J. Rock Mech. Min. Sci 4, 219-227; Jaeger, JC, Hoskins, ER(1966). *Rock failure under the confined Brazilian test.* J. Geophys. Res 71, 2651- 2659). Por eso, cuando
- 15 se utiliza este método se emplea el término de resistencia a flexión en lugar de resistencia a tracción.
- *Ensayo del anillo:* es un ensayo muy similar al ensayo brasileño pero en el que la probeta tiene un agujero cilíndrico central (Hobbs, DW (1964). *The tensile strength of rocks.* Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr 1, 385-396; Hudson, JA(1969). *Tensile strength and the ring test.* Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr 6, 91-97). Respecto a este ensayo cabe mencionar:
- 20
- Este ensayo se planteó como un sistema adecuado para garantizar, a modo teórico, un estado de tracción pura en la zona de rotura (Hobbs, DW(1964). *The tensile strength of rocks.* Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr 1, 385-396). Sin embargo, la realidad experimental y analítica es que en función de la relación entre el diámetro de la probeta y el diámetro del agujero se genera un estado tensional flexo-traccional.

25

 - El ensayo mantiene el inconveniente de las elevadas tensiones de contacto como en el ensayo brasileño.

30

 - *Wedge Splitting Test (WST):* ensayo aplicado comúnmente a hormigón (Brühwiler, E, Wittman, FH(1990). *The wedge splitting test, a new method of performing stable fracture mechanics tests.* Engineering Fracture Mechanics 35,117-125). El método emplea probetas que pueden ser cilíndricas o prismáticas, sobre las que es necesario realizar una muesca con dos objetivos: ayudar a guiar la grieta evitando un posible efecto crushing inicial e impedir la generación de esfuerzos cortantes. Sobre la muesca se disponen un par de placas de carga de acero equipadas con unos rodillos situados a ambos lados de la misma, de tal manera que los rodillos se van desplazando lateralmente gracias al movimiento vertical de una cuña provocando un crecimiento estable de la grieta. Originalmente, el ensayo WST fue concebido como un método alternativo al ensayo de flexión bajo una carga concentrada para estudiar la propagación de la fractura estable de materiales frágiles, con el objetivo de determinar parámetros de fractura mecánica induciendo una fuerza de

35

40

45

tracción. Sin embargo, presenta algunos inconvenientes:

 - Las fuerzas compresivas son aplicadas directamente sobre el plano de rotura, por lo que aparece de nuevo un efecto contacto y el desarrollo de un estado de tensión biaxial.

50

 - Necesidad de realizar una hendidura previa para colocar la cuña y los rodillos. Esta hendidura puede hacerse sobre la probeta ya fabricada pero plantea la incertidumbre sobre el posible debilitamiento del material en esa zona. También se podría fabricar directamente la probeta con la hendidura, algo que en materiales metálicos y

hormigones es posible, pero no es aplicable en rocas. Por esta razón, se trata de un ensayo cuyo uso no se ha extendido en rocas, aplicándose en todo caso mayoritariamente a hormigón.

5 Existen otros tipos de dispositivos que se han desarrollado para ensayar materiales bajo tracción. Por ejemplo, la patente US 2001/0037687 A1 describe un dispositivo para realizar ensayos de tracción en asfaltos, el cual consiste en aplicar una presión interna, mediante un fluido, a una probeta con forma de disco con un agujero pasante en su centro. La inyección de presión interna mediante un fluido exige mayor complejidad y coste en la configuración del dispositivo, así como un mecanismo de funcionamiento específico capaz de inyectar una presión de fluido. En la patente US 4444058, con una geometría de probeta similar a la señalada en US 2001/0037687 A1, se utiliza un cilindro de goma elástica para ejercer la presión interna. Este material deformable es comprimido longitudinalmente y se expande radialmente causando la rotura del material. Utilizar un material deformable en lugar de uno rígido plantea una gran incertidumbre sobre cómo se transmiten los esfuerzos al material rocoso. En cualquier caso, ejercer una presión uniforme en todo el contorno del agujero interno tal como se hace con el tipo de técnicas descritas en ambas patentes, no garantiza que el valor de resistencia a tracción obtenido sea el verdadero del material. Por ejemplo, los materiales rocosos son heterogéneos por naturaleza, de manera que con una presión interna ejercida como se plantea anteriormente tenderá a romper en cualquier debilidad que encuentre la probeta, de manera que el resultado puede no ser representativo del conjunto de roca ensayada.

25 En el modelo de utilidad con número de solicitud ES 1141133 (U) se describe un aparato que permite realizar ensayos de tracción en muestras de ensayo metálicas mediante un procedimiento de compresión. El problema es que la muestra de ensayo tiene que disponer de forma de espárragos, pernos, tuercas, etc. limitando su uso a materiales metálicos.

30 No se conoce en el estado de la técnica ningún dispositivo de tracción que permita ensayar materiales de tan diversa naturaleza, solventando los problemas que plantean las técnicas conocidas.

Explicación de la invención

35 La presente invención se refiere a un dispositivo para determinar la resistencia a tracción de materiales, así como la adherencia en una junta. El dispositivo solventa las desventajas mencionadas con anterioridad, aportando beneficios al campo técnico en cuestión.

40 Un objetivo de la invención es proponer un dispositivo de ensayo para determinar la resistencia a tracción de un material o la adherencia en una junta natural o artificial.

Otro objetivo es establecer la metodología de ensayo para determinar la resistencia a tracción de un material o la adherencia en una junta natural o artificial.

45 Un aspecto de la presente invención es por tanto un dispositivo para determinar la resistencia a tracción de un material o la adherencia en una junta que comprende:

- 50 – Dos semicilindros rígidos, disponibles uno frente a otro sobre sus ejes con una pestaña que bordea su superficie curva, y que comprenden sobre su cara de contacto una acanaladura cada uno en dirección de su eje, de manera que cuando los semicilindros se disponen formando un cuerpo cilíndrico se forma un orificio pasante. A los efectos de esta invención y su descripción, las caras de contacto de cada semicilindro son aquellas caras que se ponen en contacto entre ellos para formar un cuerpo cilíndrico. La pestaña puede

ser continua o discontinua y su función es servir de soporte de la probeta de material a ensayar.

- 5 – Dos cuñas disponibles en los extremos de las acanaladuras e introducibles en el orificio pasante, sobre las que se puede aplicar una carga. Preferiblemente, las cuñas pueden penetrar libremente sin fuerza, hasta cierta profundidad en el orificio pasante, en sentidos opuestos según el eje del cilindro, para facilitar su posicionamiento previamente a aplicar la carga de ensayo.
- 10 – Una probeta del material o con la junta a ensayar con una perforación pasante, que se dispone envolviendo la superficie del cuerpo cilíndrico y se apoya en la pestaña.
- Unos medios de transmisión de carga sobre las cuñas.
- 15 – Unos medios de adquisición de datos de ensayo.

20 En una realización preferida, cada acanaladura tiene forma de dos prismas trapezoidales rectangulares enfrentados por su cara más pequeña, de manera que cuando se constituye el cuerpo cilíndrico se forma un orificio pasante prismático cuyo eje coincide con el del cuerpo cilíndrico. En una realización más preferida, cada acanaladura además comprende un fondo con dos planos inclinados en relación con el eje del cuerpo cilíndrico sobre los que se deslizan las cuñas. De esta forma, se facilita la transmisión de esfuerzos desde las cuñas cargadas a los semicilindros, haciendo que se vayan separando. En otra realización preferida de 25 se deslizan por el orificio pasante desde sus extremos opuestos, penetrando en los dos semicilindros y provocando la transmisión de esfuerzos en la probeta.

30 En otra realización preferida, la probeta tiene una forma geométrica definida, como por ejemplo cilíndrica o prismática (cuadrangular o rectangular), con una perforación cilíndrica pasante que la permite envolver de forma ajustada el cuerpo cilíndrico formado por los dos semicilindros enfrentados.

35 En otra realización preferida, la probeta de ensayo tiene forma irregular, siendo la única condición geométrica la realización de la perforación cilíndrica pasante para envolver el cuerpo cilíndrico.

40 En otra realización preferida, los medios de transmisión de carga son una prensa hidráulica u otro dispositivo similar (por ejemplo un gato hidráulico con una estructura de reacción).

45 En una realización específica, los medios de adquisición de datos de ensayo son un sistema de captación automática de datos con una célula de carga y un sensor de desplazamiento en el eje de aplicación de la carga. En otra realización más específica, los medios de adquisición de datos de ensayo incluyen además unas galgas extensométricas dispuestas en la superficie de la probeta.

50 Otro aspecto de la presente invención es un método para determinar la resistencia a tracción de un material o la adherencia en una junta, que comprende las siguientes etapas:

- a) Realización de una perforación cilíndrica pasante en una probeta, por ejemplo mediante un equipo perforador de testigos o un taladro.
- b) Introducción en la perforación de dos semicilindros rígidos dispuestos uno frente a otro sobre sus ejes hasta hacer tope con una pestaña que bordea la superficie curva de los

semicilindros. Cada semicilindro comprende sobre su cara de contacto una acanaladura en dirección de su eje, de manera que cuando los semicilindros se disponen formando un cuerpo cilíndrico se forma un orificio pasante.

- 5 c) Introducción de una cuña por cada uno de los extremos del orificio pasante hasta que se produzca el contacto con los semicilindros.
- 10 d) Aplicación de una carga sobre las cuñas mediante unos medios de transmisión de carga, de forma que las cuñas van introduciéndose en el orificio pasante del cuerpo cilíndrico separando los semicilindros. En consecuencia, se transmite presión sobre la frontera interior de la probeta y se induce un esfuerzo de tracción en la probeta en el plano adyacente a las caras de contacto de los dos semicilindros hasta que se produce la rotura del material. Simultáneamente se miden las variables de ensayo mediante unos medios de adquisición de datos de ensayo.
- 15 e) Determinación de la resistencia a tracción del material o la adherencia en una junta a partir de los datos de ensayo.

20 En una realización preferida, la probeta además se mecaniza en la etapa a) para darle una forma geométrica definida, como por ejemplo cilíndrica o prismática (cuadrangular o rectangular).

25 En otra realización preferida, la aplicación de la carga en la etapa d) se hace a una velocidad constante hasta que se produzca la rotura de la probeta.

30 En otra realización preferida, los medios de adquisición de datos de ensayo son un sistema de captación automática de datos con una célula de carga y un sensor de desplazamiento en el eje de aplicación de la carga y unas galgas extensométricas. Las galgas se disponen en la superficie de la probeta y pueden medir la deformación radial en puntos de la misma.

35 En otra realización preferida, se determina la resistencia a tracción del material o la adherencia en una junta mediante consideraciones de equilibrio y asumiendo una distribución de tensiones uniforme en el plano de rotura como cociente entre la carga transversal inducida (F_t) y el área de rotura de la probeta. La carga transversal inducida (F_t) se relaciona con la carga aplicada (F_v) sobre las cuñas con la fórmula:

$$F_t = F_v \frac{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}$$

40 siendo α el ángulo en la cuña y μ el coeficiente de fricción generado entre las cuñas y el cuerpo cilíndrico. La fricción reduce la carga efectiva aplicada, aunque lubricando el dispositivo adecuadamente este parámetro μ puede despreciarse.

45 En una realización más específica, las galgas extensométricas están dispuestas en la superficie de la probeta y miden la deformación radial en puntos de la misma, permitiendo determinar en la etapa e), a partir de esa medida y de la determinación de la resistencia a tracción o adherencia, el módulo elástico (módulo de Young) del material ensayado.

50 En otra realización preferida, se determina la adherencia en una junta disponiendo inicialmente la junta (es decir, el espacio que queda entre las superficies del material o materiales adheridos) adyacente a la superficie que constituyen las caras de contacto de los dos semicilindros que se separan. Las juntas pueden ser entre materiales de igual o diferente naturaleza. Además, las juntas pueden ser naturales (por ejemplo, las producidas en el terreno)

o pueden ser juntas artificiales (por ejemplo, las creadas mediante el pegado de dos materiales utilizando un adhesivo o resina). Una vez hecha, en la etapa a), la perforación cilíndrica pasante en la probeta que contiene la junta, se introduce envolviendo el cuerpo cilíndrico, teniendo en cuenta que las caras de contacto enfrentadas de los dos semicilindros constituyan una superficie que se sitúa adyacente a la junta.

La invención aporta, frente a los dispositivos y métodos que actualmente se conocen, una serie de ventajas. Por un lado, para realizar el ensayo, no es necesaria una mecanización compleja de la probeta de ensayo. Puede hacerse incluso sobre muestras irregulares. La única condición es la necesidad de realizar una perforación cilíndrica pasante en la probeta con un diámetro suficiente como para envolver de forma ajustada al diámetro exterior del cuerpo cilíndrico formado por los dos semicilindros dispuestos uno frente al otro.

Además, al no ser necesario realizar una entalladura en la probeta, resuelve el problema de posible debilitamiento y alteración del material con la consecuente perturbación de los resultados de ensayo.

La especial configuración de la invención hace que el campo de tensión compresivo se mantenga alejado del plano de rotura de la probeta, haciendo que la sección a lo largo de la cual se produce la fractura esté sometida a un campo traccional más cercano al creado en un ensayo de tracción uniaxial, que al creado en el ensayo a flexión o en el ensayo brasileño. Esta disposición permite además que se pueda controlar el plano donde se producirá la rotura, de manera que ante una heterogeneidad aislada en la probeta, sea posible inducir la rotura por tracción en un plano donde no esté contenida la debilidad.

Asimismo, la invención reduce sustancialmente la complejidad de los elementos necesarios para realizar el ensayo y las operaciones de preparación del mismo. El ensayo puede hacerse empleando prensas de accionamiento hidráulico a compresión habituales en laboratorios de ensayos de materiales. Además, las probetas pueden ensayarse realizando previamente sobre ellas una simple perforación, sin requerir herramientas u operaciones de mecanizado de alta precisión.

Además, la invención se puede aplicar en materiales de diversa naturaleza (rocas, hormigones, morteros, metales, refractarios, plásticos, etc.). Se adapta a gran variedad de materiales a ensayar, ya que los problemas que plantean las técnicas tradicionales para el cálculo en laboratorio quedan resueltos con el dispositivo propuesto.

La presente invención resulta de aplicación en aquellos sectores donde sea preciso conocer las propiedades resistentes de los materiales, como por ejemplo, el de la construcción, la minería, la obra civil, la mecánica de rocas o la ingeniería del terreno.

Breve descripción de los dibujos

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.

Los elementos que componen el dispositivo en su realización básica pueden observarse en la **Fig.1** En esta figura se pueden ver dos semicilindros (1) rígidos separados y dispuestos uno frente al otro que comprenden cada uno sobre su cara de contacto, que en esta representación son planas, de una acanaladura (2). La figura también muestra una pestaña (4) que bordea la superficie curva de cada semicilindro (1) y dos cuñas (3).

En la **Fig. 2** se representa el dispositivo de la **Fig. 1** tal y como estaría dispuesto para la realización del ensayo, con los dos semicilindros (1) dispuestos uno frente al otro sobre sus ejes, formando un cuerpo cilíndrico con un orificio pasante. En esta figura las dos cuñas (3) están dispuestas en los extremos de las acanaladuras (2) e introducidas parcialmente en el orificio pasante.

La **Fig. 3** muestra dos vistas del dispositivo de las figuras anteriores con una probeta (5) cilíndrica de material a ensayar envolviendo el cuerpo cilíndrico y las cargas aplicadas, F_v , sobre las cuñas (3). En la figura no se representan ni los medios de transmisión de carga ni los medios de adquisición de datos de ensayo. En la **Fig. 3A** se muestra una vista en la que se puede apreciar la probeta (5) del material a ensayar con una perforación (6) cilíndrica pasante que envuelve el cuerpo cilíndrico. Además, en la figura se representan las cargas sobre las cuñas (3) como F_v . La **Fig. 3B** muestra otra vista similar a la anterior, pero en la que se puede apreciar la probeta (5) apoyándose sobre la pestaña (4).

La **Fig.4** muestra una vista del dispositivo de la **Fig.1** con una probeta (5) prismática cuadrangular del material a ensayar, en donde la línea recta dispuesta sobre dos caras de la probeta (5) representa una junta plana. No se representan ni los medios de transmisión de carga ni los medios de adquisición de datos de ensayo. En esta figura se muestra la junta plana adyacente a la superficie que constituyen las caras de contacto planas enfrentadas de los dos semicilindros (1). Se puede observar la probeta (5) que envuelve el cuerpo cilíndrico con una perforación (6) pasante y las cargas F_v aplicadas sobre las cuñas (3).

Realización preferente de la invención

Para una mejor comprensión de la presente invención, se exponen los siguientes ejemplos de realización preferente descritos con detalle y que deben entenderse sin carácter limitativo del alcance de la invención. El primer ejemplo describe una realización del dispositivo y un método de ensayo en laboratorio para determinar la resistencia a tracción y el módulo de elasticidad (módulo de Young). El segundo ejemplo muestra el método para determinar la adherencia en una junta que constituye una superficie asimilable a un plano.

Ejemplo 1

El material empleado para la fabricación de todos los componentes del dispositivo fue acero aleado al carbono. No obstante, podría haberse utilizado otro similar que tuviera gran rigidez y resistencia en relación al material a ensayar.

Para la realización del ensayo, el cuerpo cilíndrico formado por los dos semicilindros (1) tenía un diámetro exterior de 32 mm. El orificio pasante del cuerpo cilíndrico estaba formado por las dos acanaladuras (2) de cada semicilindro, constituyendo una geometría con forma de dos prismas trapezoidales enfrentados por su cara más pequeña. El orificio pasante prismático, cuyo eje coincide con el del cuerpo cilíndrico, tenía una anchura de 8 mm, siendo el lado mayor del trapecio de 30 mm y el lado menor de 8 mm. El espesor de la pestaña (4) soporte era de 3 mm y su diámetro de 52 mm y se dispuso sobre una de las aristas de las superficies curvas cada semicilindro (1). El cuerpo cilíndrico tenía una longitud total de 62 mm.

Las cuñas (3) eran ambas del mismo acero y tenían forma de prisma trapezoidal. El lado menor del trapecio era de 11,85 mm y el lado mayor de 32 mm, siendo su longitud de 31 mm. De esta forma era posible que penetraran en el orificio pasante hasta una distancia de 7,95 mm del centro del cuerpo cilíndrico. El espesor de los trapecios era de 8 mm, coincidente con la anchura de las acanaladuras (2). Ambas cuñas (3) tenían una cabeza cilíndrica de 52 mm de diámetro y 8 mm de espesor, sobre las cuales se ejercía una carga en la dirección del eje del cuerpo cilíndrico.

5 Se preparó una probeta (5) de metacrilato (material acrílico plástico), que constituía la muestra de material. La probeta tenía una geometría definida en forma de cilindro con un diámetro exterior de 64 mm y una longitud de 59 mm. La perforación (6) cilíndrica pasante practicada en la probeta (5) fue central y tenía un diámetro de 32,50 mm. Además, se colocaron dos galgas en la superficie de la probeta para medir la deformación radial.

10 A continuación se procedió a introducir el cuerpo cilíndrico en la perforación (6) cilíndrica pasante de la probeta (5) de forma ajustada, hasta hacer tope con la pestaña (4). Después se situó una de las cuñas (3) en uno de los extremos del orificio pasante. A continuación, se volteó el conjunto para situar la otra cuña en el otro extremo del orificio pasante. Posteriormente, la última cuña (3) se dispuso sobre la placa base de una prensa de accionamiento hidráulico.

15 Utilizando un sistema de captación automática de datos, el cual incorporaba una célula de carga de capacidad de 0 a 250 kN, un sensor de desplazamiento de 0 a 50 mm en el eje de aplicación de la carga y unas galgas extensométricas lineales de 120 Ω , se aplicó una carga en dirección vertical estática a una velocidad constante, que estaba comprendida entre 500 N/s y 1000 N/s, hasta producir la rotura de la probeta.

20 A través de la metodología de cálculo propuesta, y conocida la carga de rotura y el área de rotura, se obtuvo la resistencia a tracción del material.

Conocido el esfuerzo de tracción y la deformación radial registrada mediante las galgas extensométricas, se obtuvo el módulo de elasticidad (módulo de Young) del material.

25 Ejemplo 2

Para llevar a cabo el método de ensayo de la adherencia en una junta, se emplearon probetas de roca pizarra del Ordovícico (Formación Pizarras del Soldón).

30 La pizarra es un tipo de roca metamórfica caracterizada por la presencia de planos de foliación, pudiendo ser considerada como un material con múltiples planos de juntas adheridas paralelas entre sí. El parámetro de adherencia en junta en pizarra puede ser un indicador de la exfoliabilidad del material de cara a su explotación.

35 Se preparó una probeta (5) prismática cuadrangular de roca pizarra, que constituía la muestra de material para el ensayo de adherencia en una junta. Se hizo una perforación (6) pasante en la probeta (5) teniendo en cuenta que, una vez introducido el dispositivo, la cara de contacto entre los dos semicilindros (1), la cual era un plano que separaba en dos mitades el cuerpo cilíndrico, se situara adyacente a la junta a ensayar. Las dimensiones laterales de la probeta
40 fueron de 82 mm y su longitud de 59 mm. La perforación (6) cilíndrica pasante fue central y se realizó con un taladro que tenía un diámetro de 32,50 mm.

45 A continuación se introdujo el dispositivo descrito en el ejemplo anterior en la perforación (6) pasante de la probeta (5), orientado siguiendo las recomendaciones descritas en el método.

Se realizó el ensayo aplicando una velocidad de carga constante mediante una prensa hidráulica automática, hasta producir la separación de la probeta en dos mitades a lo largo de la junta plana. A través de la metodología de cálculo propuesta, y conocida la carga de rotura y el área de rotura, se obtuvo la adherencia de la junta.
50

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo para determinar la resistencia a tracción de un material o la adherencia en una junta que comprende:
- dos semicilindros (1) rígidos, disponibles uno frente a otro sobre sus ejes, con una pestaña (4) que bordea su superficie curva, y que comprenden sobre su cara de contacto una acanaladura (2) cada uno en dirección de su eje, de manera que cuando los semicilindros (1) se disponen formando un cuerpo cilíndrico se forma un orificio pasante;
 - 10 - dos cuñas (3) disponibles en los extremos de cada acanaladura (2) e introducibles en el orificio pasante, sobre las que se puede aplicar una carga;
 - 15 - una probeta (5) del material o con la junta a ensayar con una perforación (6) pasante, que se dispone envolviendo la superficie del cuerpo cilíndrico y se apoya en la pestaña (4);
 - unos medios de transmisión de carga sobre las cuñas (3);
 - unos medios de adquisición de datos de ensayo.
- 20 2. Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado por que cada acanaladura (2) tiene forma de dos prismas trapezoidales rectangulares enfrentados por su cara más pequeña, de manera que cuando se constituye el cuerpo cilíndrico se forma un orificio pasante prismático cuyo eje coincide con el del cuerpo cilíndrico.
- 25 3. Dispositivo según la reivindicación 2 caracterizado por que cada acanaladura (2) además comprende un fondo con dos planos inclinados en relación con el eje del cuerpo cilíndrico sobre los que se deslizan las cuñas (3).
- 30 4. Dispositivo según las reivindicaciones 2 ó 3 caracterizado por que las cuñas (3) tienen forma de prisma trapezoidal y cabeza cilíndrica, y se deslizan por el orificio pasante desde sus extremos opuestos.
- 35 5. Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado por que la probeta (5) tiene una forma geométrica definida.
6. Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado por que la probeta (5) tiene una forma geométrica irregular.
- 40 7. Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado por que los medios de transmisión de carga son una prensa hidráulica.
- 45 8. Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado por que los medios de adquisición de datos de ensayo son un sistema de captación automática de datos con una célula de carga y un sensor de desplazamiento en el eje de aplicación de la carga.
9. Dispositivo según la reivindicación 8 caracterizado por que los medios de adquisición de datos de ensayo son unas galgas extensométricas dispuestas en la superficie de la probeta (5).
- 50 10. Método para determinar la resistencia a tracción de un material o la adherencia en una junta, que comprende las siguientes etapas:
- a) realización de una perforación (6) cilíndrica pasante en una probeta (5);

- 5 b) introducción en la perforación (6) de dos semicilindros (1) rígidos dispuestos uno frente a otro sobre sus ejes hasta hacer tope con una pestaña (4) que bordea la superficie curva de los semicilindros (1), los cuales comprenden sobre su cara de contacto una acanaladura (2) en dirección de su eje, de manera que cuando los semicilindros (1) se disponen formando un cuerpo cilíndrico se forma un orificio pasante;
- 10 c) introducción de una cuña (3) por cada uno de los extremos del orificio pasante hasta que se produzca el contacto con los semicilindros (1);
- 15 d) aplicación de una carga sobre las cuñas (3) mediante unos medios de transmisión de carga, de forma que las cuñas (3) van introduciéndose en el orificio pasante del cuerpo cilíndrico separando los semicilindros (1) y, en consecuencia, se transmite presión sobre la frontera interior de la probeta (5) y se induce en la probeta un esfuerzo de tracción en el plano adyacente a las caras de contacto de los dos semicilindros (1) hasta que se produce la rotura del material, y medición simultánea de las variables de ensayo mediante unos medios de adquisición de datos de ensayo;
- 20 e) determinación de la resistencia a tracción del material o la adherencia en una junta a partir de los datos de ensayo.
11. Método según la reivindicación 10 caracterizado por que la probeta (5) además se mecaniza en la etapa a) para darle una forma geométrica definida.
- 25 12. Método según la reivindicación 10 caracterizado por que la aplicación de la carga en la etapa d) se hace a una velocidad constante hasta que se produzca la rotura de la probeta (5).
- 30 13. Método según la reivindicación 10 caracterizado por que los medios de adquisición de datos de ensayo son un sistema de captación automática de datos con una célula de carga y un sensor de desplazamiento en el eje de aplicación de la carga y unas galgas extensométricas dispuestas en la superficie de la probeta (5) que miden la deformación radial en puntos de la misma.
- 35 14. Método según la reivindicación 10 caracterizado por que se determina la resistencia a tracción del material o la adherencia en una junta como cociente entre la carga transversal inducida (F_t) y el área de rotura de la probeta (5), donde la carga transversal inducida (F_t) se relaciona con la carga aplicada (F_v) en las cuñas (3) con la fórmula:
- $$F_t = F_v \frac{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}$$
- 40 siendo α el ángulo en la cuña(3) y μ el coeficiente de fricción generado entre las cuñas(3) y el cuerpo cilíndrico.
- 45 15. Método según la reivindicación 13 y 14 caracterizado por que las galgas extensométricas están dispuestas en la superficie de la probeta (5) y miden la deformación radial en puntos de la misma, permitiendo determinar en la etapa e) el módulo elástico (módulo de Young) del material ensayado.
- 50 16. Método según la reivindicación 10 caracterizado por que se determina la adherencia en una junta disponiendo inicialmente la junta adyacente a la superficie que constituyen las caras de contacto de los dos semicilindros (1) que se separan.

FIG. 1

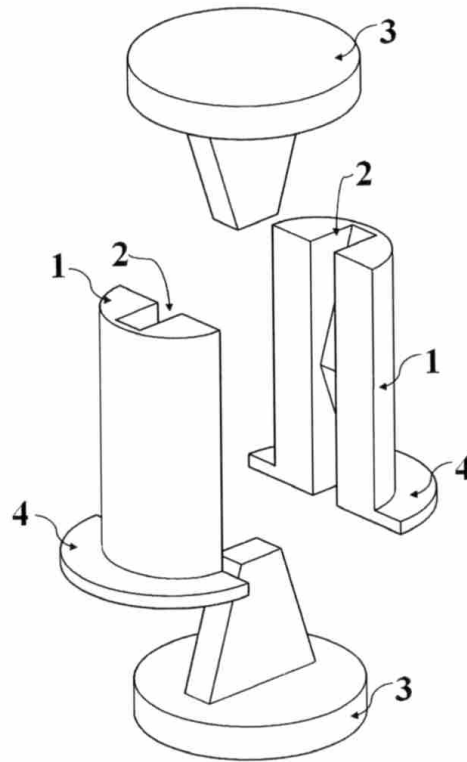


FIG. 2

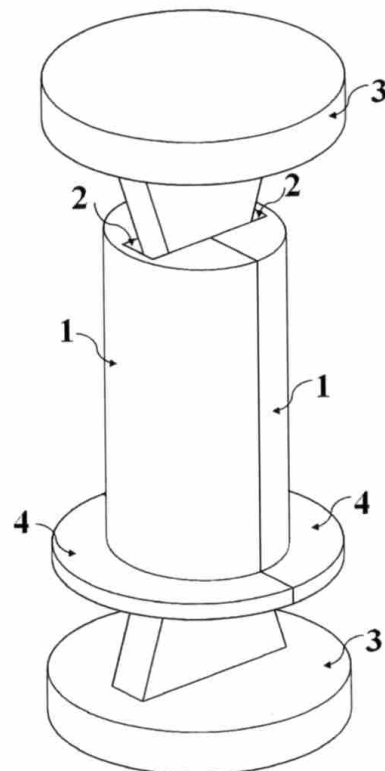


FIG. 3A

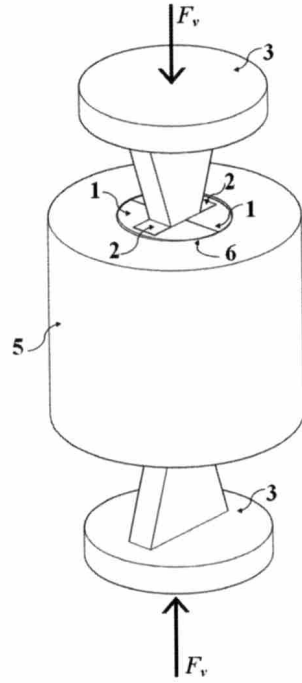


FIG. 3B

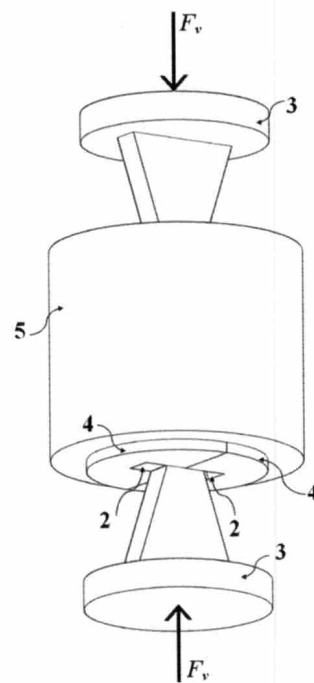
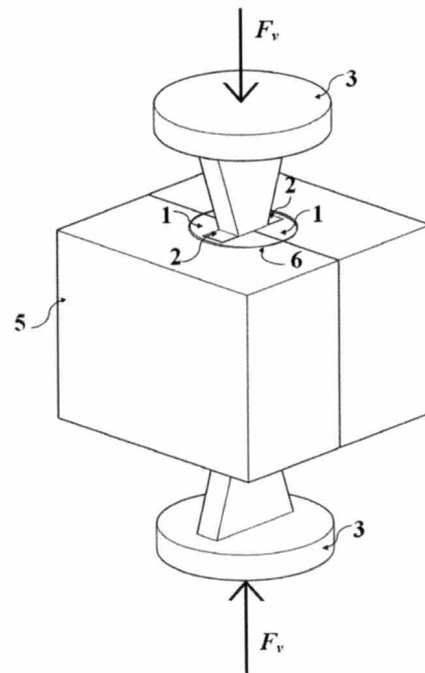


FIG. 4





- ②¹ N.º solicitud: 201700726
 ②² Fecha de presentación de la solicitud: 02.10.2017
 ③² Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤¹ Int. Cl.: **G01N3/08** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ ⁶ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	PACHECO PUENTES, CARI ALEJANDRA. Resistencia a la tracción perpendicular a la fibra de la guadua angustifolia. Trabajo de grado.. Universidad Nacional de Colombia, 09/07/2006, Páginas 132 [en línea][recuperado el 24/10/2018]. Recuperado de Internet <URL: http://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/Tension_perpendicular_fibra.pdf >. Páginas 28, 36-38; Fotografías 20, 21, 38-40, 46	1-16
A	Cuña (máquina). Entrada de 20 de agosto de 2017. Wikipedia, 20/08/2017 [en línea][recuperado el 4/10/2018]. Recuperado de Internet <URL: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cu%C3%B1a_(m%C3%A1quina)&oldid=101256636 >. Dibujo	1-16

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 n.º:

Fecha de realización del informe
24.10.2018

Examinador
F. Díaz Madrigal

Página
1/2

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

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, Internet