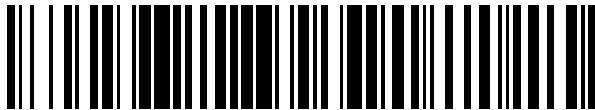




OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 398 541**

⑫ Número de solicitud: 201100820

⑮ Int. Cl.:

**G01N 3/08** (2006.01)

**G01N 3/02** (2006.01)

⑫

## SOLICITUD DE PATENTE

A2

⑬ Fecha de presentación:

**15.07.2011**

⑭ Fecha de publicación de la solicitud:

**20.03.2013**

⑬ Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE SEVILLA (100.0%)  
OTRI-PABELLON DE BRASIL, PASEO DE LAS  
DELICIAS S/N  
41012 SEVILLA ES**

⑭ Inventor/es:

**JUSTO ALPAÑES, Jose Luis;  
DURAND NEYRA, Percy y  
VAZQUEZ BOZA, Manuel**

⑮ Título: **DISPOSITIVO DE AGARRE DE PROBETAS DE SUELO DE GRANULOMETRÍA FINA PARA  
ENSAYOS DE TRACCIÓN**

⑯ Resumen:

Dispositivo de agarre de probetas de suelo de granulometría fina para ensayos de tracción constituido por ventosas de vacío (8) que se fijan a las caras transversales de una probeta cilíndrica (17) mediante el establecimiento del vacío entre el volumen interno de la ventosa y la superficie de apoyo de la probeta, siendo el vacío generado a través de un eyector de efecto Venturi (9), que genera una corriente de vacío, la cual es transmitida a ambas ventosas (8) por medio de un distribuidor de una entrada y dos salidas. Las ventosas de vacío (8) son fijadas a la prensa (1) a través de una pletina circular (13) unida a la misma con tornillos (14), arandelas (15) y tuercas (16). Dicho dispositivo se utiliza en ensayos de tracción con control de deformación.

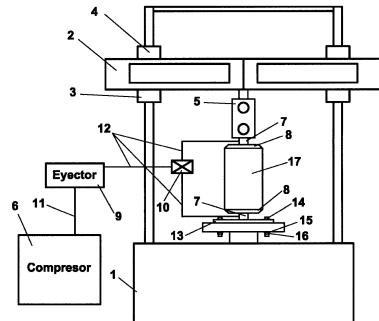


Figura 5

## **DESCRIPCIÓN**

Dispositivo de agarre de probetas de suelo de granulometría fina para ensayos de tracción

5 **Objeto de la invención**

La presente invención consiste en sustituir las típicas mordazas o sistemas mecánicos de agarre de probetas cilíndricas de suelo por ventosas que utilizan técnicas de vacío que son idóneas en la ejecución de ensayos de tracción, y que por tanto no aportan estados tensionales adicionales al contorno lateral de las 10 muestras ensayadas.

En los ensayos de tracción, el problema técnico que presentan las mordazas o sistemas mecánicos de agarre es que coaccionan y someten al suelo a estados tensionales adicionales o diferentes al estado de tracción puro bajo el cual se debe realizar el ensayo.

15 La solución a los sistemas mecánicos de agarre propuesta es un nuevo dispositivo o sistema de agarre para los ensayos de tracción en suelos de granulometría fina. Este dispositivo se caracteriza fundamentalmente porque utiliza técnicas limpias de vacío y porque genera sólo estados tensionales a los que deben estar sometidas las probetas, es decir, estados de tracción pura.

20

**Estado de la técnica**

La resistencia a tracción en suelos de granulometría fina es un parámetro que por lo general es menor que la resistencia a compresión y además depende de la succión existente, por ésta razón se suele despreciar en los problemas de índole 25 geotécnico, donde se adoptan las condiciones más desfavorables, como son considerar el suelo saturado y la succión nula.

El asignar resistencia a tracción nula a algunos suelos es una práctica que suele dejar al proyectista del lado de la seguridad, pero que va en contra del ahorro de material constructivo y de la reducción del impacto medioambiental generado 30 durante la producción, puesta en obra y retirada a vertedero del material constructivo.

A la hora de aplicar fuerzas de tracción a las muestras, los investigadores se encuentran con la dificultad técnica de coger dichas muestras, ya que no existen en el mercado equipos ni mordazas que permitan el agarre de las mismas bajo 35 condiciones aceptables de carga (tracción pura). Sin embargo, existen en la

literatura diferentes estudios para cuantificar éste parámetro (Mikulish y Gudeus, 1995; Tamrakar-Toyosawa et al., 2005, etc).

Se observa que en el estudio de la resistencia a tracción de los suelos, existen dos enfoques generales: el primero se basa en evaluar indirectamente dicha

- 5 resistencia a partir de conceptos de resistencia al corte. El segundo consiste en medir directamente la resistencia a tracción para diferentes condiciones de humedad, de succión o de índice de poros.

- En lo que respecta a las mediciones directas de la resistencia a tracción podemos destacar el estudio de Farrel-Greacen (1967) sobre muestras de suelo

10 reconstituido, compuesto por arcilla (12%), arena fina (50%) y arena gruesa (20%).

Los ensayos se hicieron con muestras cilíndricas que se fijaron con pegamento (Araldite) a los extremos de una prensa de compresión sin confinamiento. Los ensayos tanto de tracción como de compresión axial, fueron efectuados en condiciones de deformación controlada.

- 15 Towner (1987) realizó mediciones de la resistencia a tracción en muestras reconstituidas de caolín a diferente humedad. El equipo que utilizó durante los ensayos fue un molde conformado por dos piezas con extremos redondeados, adosados a un dinamómetro. La carga de tracción se aplicaba de forma manual hasta llegar a la carga máxima o de rotura.

- 20 Tang y Gram (2000) presentan un método para determinar la resistencia a tracción en suelos no saturados, utilizando un molde cilíndrico partido, al que se fija una muestra de arena-bentonita mediante un adhesivo de alta resistencia y posteriormente se somete a tracción hasta la rotura.

- 25 Tamrakar-Toyosawa (2005) desarrollan un equipo que permite medir la resistencia a tracción de suelos compactados y saturados como la marga, arcilla arenosa, limos arenosos y arcilla consolidada. El equipo cuenta en una plataforma horizontal con una caja fija y otra móvil. Dentro de las cajas, el molde de tracción contiene dos estructuras separadas en forma "C" cuya forma interior es circular, exceptuando la porción donde se unen.

- 30 En universidades como la Politécnica de Cataluña, los ensayos de tracción con carga controlada se han ejecutado con un equipo similar al descrito por Mikulisch y Gudeus (1995), diseñado y construido por Rodríguez (2002) y utilizado por Ávila (2004) y Tapia (2007). Este equipo consta de 2 piezas trapezoidales en los extremos, una de las cuales es fija y la otra desliza libremente al aplicarse una fuerza externa. En la parte central se encuentra un conjunto de tres piezas

rectangulares, que se retiran justo antes de empezar a aplicar la carga, dejando libre la sección del suelo que queda sometida a estados de tracción (Figura 1). Actualmente, los métodos de ensayos a tracción aplicados a suelos de granulometría fina, como el denominado “Standard method for uniaxial tensile strength test of soils. Specification of Soil Test. 1999”, del Ministry of Water Resources de China, pueden ser discutibles y situarnos del lado de la inseguridad debido a que los dispositivos utilizados para el agarre alteran el estado de tracción al que debe estar sometida la muestra durante el ensayo. Por ello, se propone en esta invención un nuevo dispositivo de agarre que aplica técnicas de vacío (ventosas) y que son totalmente innovadoras e idóneas para la ejecución de ensayos en condiciones de tracción pura.

### **Descripción de las figuras**

- Figura 1. Dispositivos trapezoidales para ensayos de tracción con carga controlada.
- Figura 2. Sistema de aplicación de cargas en tracción, con control de la velocidad de deformación, ventosas y célula de carga.
- Figura 3. Ventosas de sección circular de diámetros 55, 80 y 120 mm, de consistencia flexible o rígida y fuerza de aspiración máxima de 256 Newton
- Figura 4. Resultados obtenidos del ensayo de tracción realizado con control de deformación. Resistencia de tracción versus deformación unitaria
- Figura 5. Esquema de los sistemas de aplicación de cargas y de agarre en probetas cilíndricas mediante técnicas de vacío (ventosas) que aplican estados de tracción pura, estando el funcionamiento de las ventosas únicamente condicionado a la existencia de vacío por un eyector Venturi y de aire comprimido por un compresor de 10 bares.

### **Descripción de la invención**

El sistema de agarre de probetas de suelo, que se puede utilizar tanto en muestras inalteradas como compactadas, es un problema complejo al que siempre se han enfrentado los investigadores. En el caso analizado en universidades como la Politécnica de Cataluña (v. Figura 1), el dispositivo de agarre utilizado en ensayos de tracción coaccionan las muestras lateralmente mediante mordazas de tipo mecánico, introduciéndole estados tensionales adicionales al de tracción pura.

En esta memoria, el dispositivo a patentar resuelve este problema, sin modificar el

estado tensional de la muestra y utilizando técnicas limpias y no nocivas para el medio ambiente.

El ensayo de tracción requiere fundamentalmente de dos sistemas para su ejecución:

- 5      • El de aplicación de cargas y
- El de agarre de la probeta.

El sistema de aplicación de carga se compone de una prensa, mecánica o hidráulica, con control en tensión o en velocidad de deformación tanto en sentido de subida como de bajada (Figura 2). En el laboratorio, éste sistema cubre casi la totalidad de las cargas que se aplican convencionalmente en los ensayos de compresión y tracción de suelos.

A esta prensa se fija rígidamente el sistema de agarre de probetas, consistente en ventosas de vacío (Figura 3) que se unen a las caras de la probeta cilíndrica mediante un vacío creado por un eyector con capacidad de aspiración de  $4.2 \text{ m}^3/\text{h}$ , presión de servicio de 3 a 6 bares y temperatura de uso de 0 a 50 grados centígrados, y repartido a ambas ventosas por un distribuidor de una entrada y dos salidas.

El eyector recibe para su funcionamiento una corriente de aire comprimido proveniente de un compresor con presión de servicio de 10 bares, caudal 235 l/min y 900 r.p.m.

Una vez creado el vacío entre las ventosas y la probeta, la unión entre ellas permite la aplicación de fuerzas de tracción a través de la prensa sin necesidad de coaccionar lateralmente la muestra, evitando de esta forma añadirle estados tensionales diferentes de los correspondientes a un ensayo de tracción pura. La salida de resultados, carga aplicada versus deformación (Figura 4), se realiza de forma continua y digital a través de transductores de desplazamiento y células de carga instalados en el conjunto.

En función del esquema o Figura 5, se observa que el ensayo de tracción pura requiere para su ejecución de dos partes bien diferenciadas.

La primera de ellas es una prensa de aplicación de carga tanto en tracción como compresión, con posibilidades de control en carga o en velocidad de deformación. La prensa dispone de una bancada (1) y un dintel (2), apoyado en tuercas y contratuerzas (3) y (4) sobre los soportes. La prensa dispone de un husillo y un plato sobre el que se ancla un elemento de fijación consistente en una pletina circular (13) fijada mediante unión atornillada al plato de la prensa mediante los

tornillos (14), tuercas (16) y arandelas (15), que garanticen la resistencia mecánica y la rigidez necesaria para no deformarse ante los esfuerzos de tracción a los que va a estar sometido.

Sobre la pletina circular (13), se puede instalar un transductor de desplazamiento externo, del tipo LVDT, para registrar de forma digital y continua, durante el ensayo, la deformación a la que va a estar sometida la muestra.

Asimismo, para controlar y registrar la carga aplicada de forma digital y continua, se instala un transductor o célula de carga (5) que queda fijado al dintel (2) mediante su correspondiente unión roscada. Este transductor permite el registro de cargas de tracción y compresión, teniendo un rango de aplicación mayor que la capacidad de carga de la propia prensa.

Sobre el transductor de carga (5) y sobre la pletina circular (13) se monta la segunda parte o dispositivo de agarre (8), mediante ventosas que aplican técnicas de vacío. En el transductor de carga (5) y la pletina circular (13) se instalan, mediante unión atornillada, adaptadores de conexión rígidos (7) con entrada acodada de corriente de vacío, sobre los que se van a instalar dos sendas ventosas de vacío (8) que se unen a los elementos anteriores mediante sus correspondientes uniones atornilladas.

Estas ventosas (8) se fijan a las caras transversales de la probeta cilíndrica (17) mediante el establecimiento del vacío entre el volumen interno de la ventosa y la superficie de apoyo de la probeta.

Este vacío es generado a través de un eyector de efecto Venturi (9), quien recibe una corriente de aire comprimido en media presión (11), proveniente de un compresor ó de una instalación permanente de aire comprimido (6). Esta corriente de aire comprimido, al pasar por la tobera Venturi que tiene el eyector (9), crea una depresión a su salida que genera una corriente de vacío (12), la cual es transmitida a ambas ventosas (8) a través de un distribuidor (10) de una entrada y dos salidas.

Con este dispositivo, se pueden realizar ensayos de tracción en probetas de suelo de granulometría fina, sin añadir a los mismos estados tensionales adicionales o laterales provocados por el mecanismo de agarre. Para no añadir esos estados adicionales el dispositivo aplica la técnica de vacío, que es idónea y totalmente innovadora en la ejecución de este tipo de ensayos.

Las posibilidades de aplicación de la invención se circunscriben en la realización de los ensayos de tracción con control en deformación y de los ensayos de tracción con control en tensión en suelos finos.

**Modo de realización de la invención**

Para la realización de la invención, se han efectuado ensayos a tracción en muestras compactadas en condiciones isótropas a una presión de 600 kPa. A la 5 vista de los ensayos granulométricos la muestra ensayada contiene un 16% de arena, 36% de limo y 48% de arcilla. En lo que respecta a las características plásticas, el límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad son respectivamente 45%, 22,3% y 22,7%.

La probeta a ensayar se compactó en una célula triaxial convencional a una 10 humedad del 13.5%, densidad seca del 1.456 Tn/m<sup>3</sup> y a una presión isótropa de 600 kPa.

Compactada la probeta cilíndrica con dimensiones de altura igual a 2 veces el diámetro, se procede a la colocación de la misma entre las ventosas inferior o móvil y superior o fija. Para posicionar inicialmente la probeta, se desplaza 15 verticalmente la ventosa inferior hasta que ambas, la móvil y la fija, entren en contacto con las caras de la probeta.

A continuación, generando vacío entre el volumen interno de la ventosa y la cara de la probeta a través de un eyector de efecto Venturi, se fija la probeta y, con la actuación de una prensa, se aplican las fuerzas de tracción necesarias hasta 20 alcanzar la rotura en condiciones de tensión o deformación controlada.

Se muestran en la Figura 4, los resultados obtenidos del ensayo de tracción realizado en deformación controlada. En abscisas se representa la deformación unitaria en tanto por ciento y en ordenadas la fuerza a tracción en kN. En este caso y para la probeta compactada en condiciones isótropas con un 16% de arena, 36% de limo y 48% de arcilla, se ha alcanzado una resistencia a tracción de 25 85.69 kPa

De los resultados obtenidos se concluye que el comportamiento de la muestra compactada es de tipo lineal y frágil. Con el grado de desarrollo actual, se pueden alcanzar como máximo resistencias a tracción de hasta 100 kPa. Es necesario 30 corregir los resultados del ensayo debido a la deformación de las ventosas cuando éstas sean flexibles, pero si utilizamos ventosas de consistencia más rígida, se reducen estas deformaciones a valores prácticamente despreciables.

**Reivindicaciones**

1. Dispositivo de agarre de probetas de suelo de granulometría fina para ensayos de tracción, caracterizado por estar constituido por dos ventosas de vacío de diversos diámetros y rigideces (8) que se fijan a las caras transversales de una probeta cilíndrica (17) mediante el establecimiento del vacío entre el volumen interno de la ventosa y la superficie de apoyo de la probeta, siendo el vacío generado a través de un eyector de efecto Venturi con capacidad de aspiración de 4.2 m<sup>3</sup>/h, presión de servicio de 3 a 6 bares y temperatura de uso de 0 a 50 grados centígrados (9), quien recibe una corriente de aire comprimido en media presión (11), proveniente de un compresor con presión de servicio de 10 bares, caudal 235 l/min y 900 r.p.m. (6), que al pasar por la tobera Venturi que tiene el eyector (9), genera una depresión a su salida o corriente de vacío (12), la cual es transmitida a ambas ventosas (8) por medio de un distribuidor (10) de una entrada y dos salidas.
- 15

2. Dispositivo de agarre de probetas de suelo de granulometría fina para ensayos de tracción descrito según reivindicación anterior, donde las ventosas de vacío (8) son fijadas a una prensa constituida por (1), (2), (3) y (4) en su parte móvil para garantizar la rigidez necesaria a través de una pletina circular (13) unida a la misma con tornillos (14), arandelas (15) y tuercas (16)
- 20

3. Uso del dispositivo de agarre de probetas de suelo de granulometría fina para ensayos de tracción descrito según reivindicación 1 y 2, en ensayos de tracción con control en deformación.

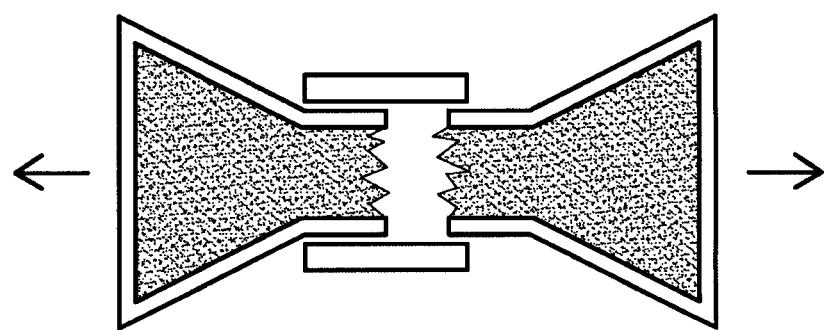


Figura 1

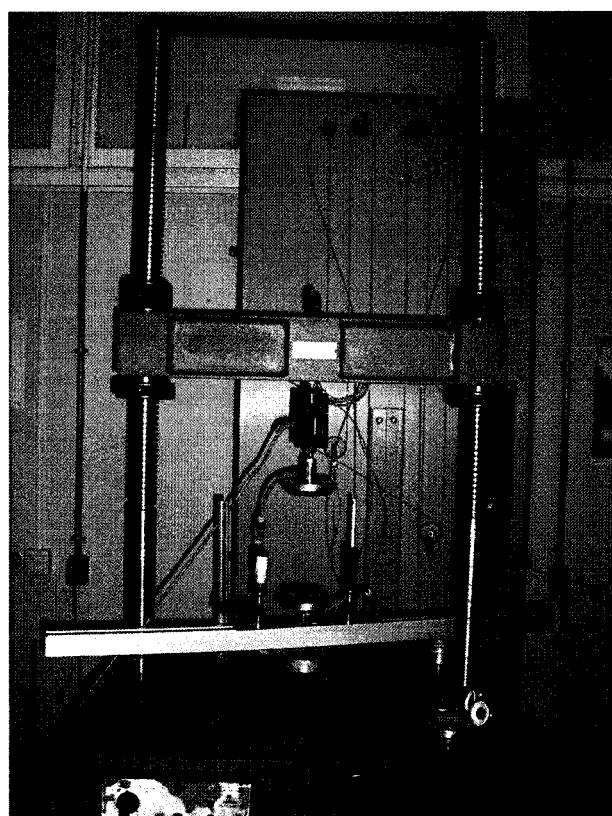


Figura 2

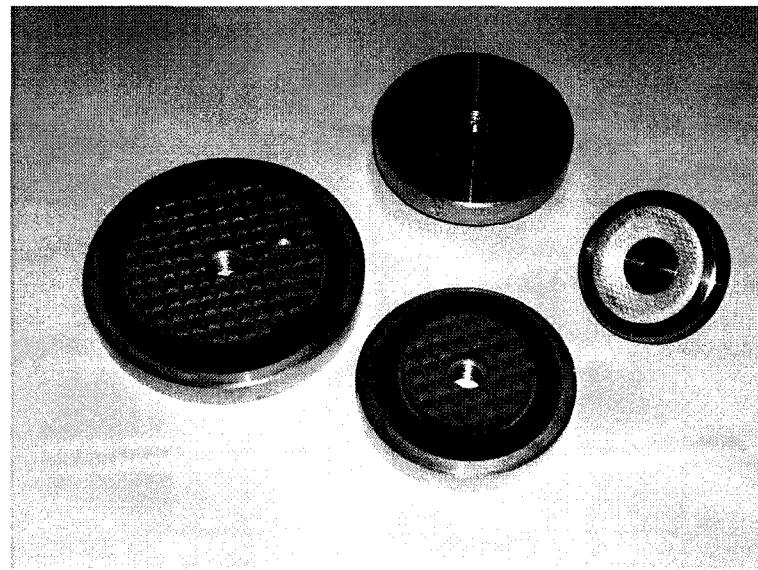


Figura 3

### ENSAYO TRACCION

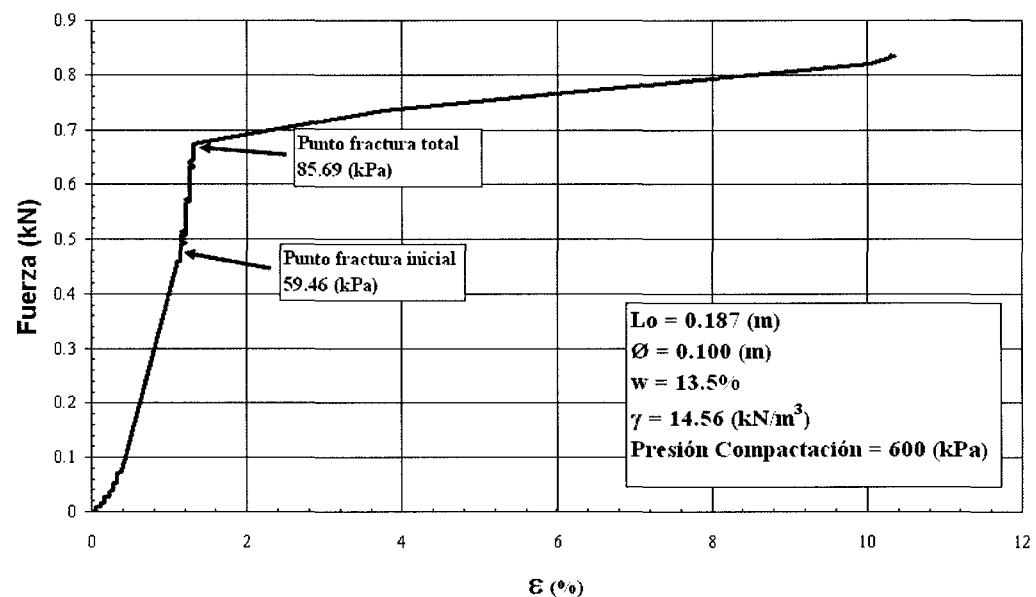


Figura 4

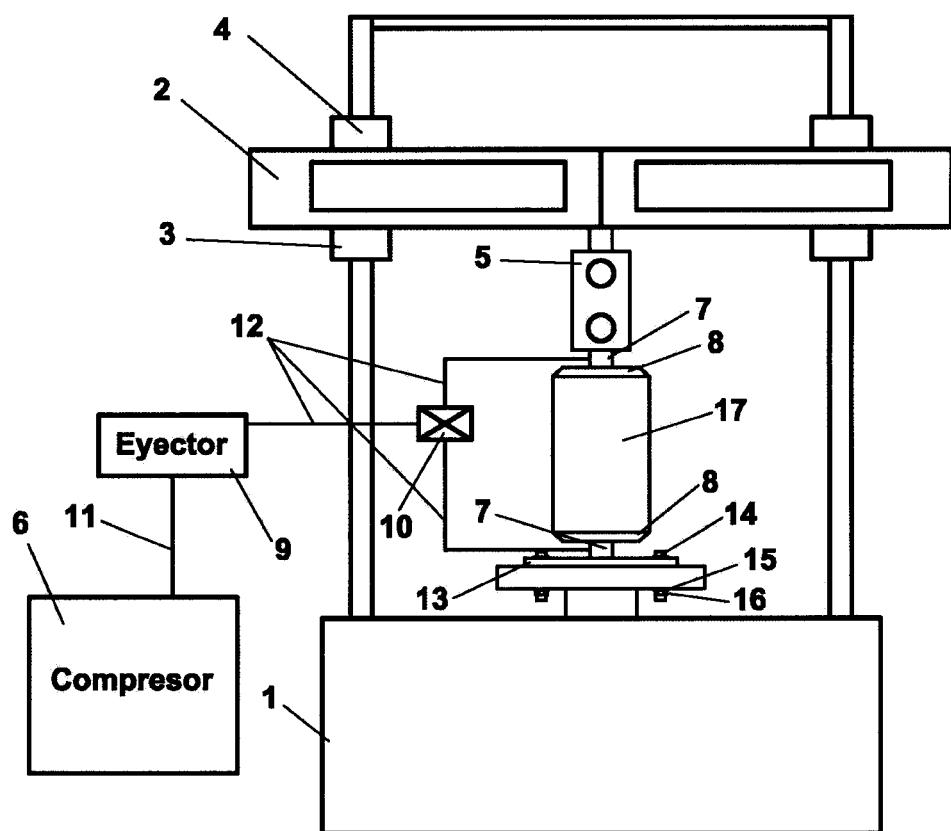


Figura 5