



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 362 969**

② Número de solicitud: 200900269

⑤ Int. Cl.:  
**G01N 3/08** (2006.01)

⑫ PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

⑫ Fecha de presentación: **30.01.2009**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **18.07.2011**

Fecha de la concesión: **28.10.2011**

⑭ Fecha de anuncio de la concesión: **11.11.2011**

⑮ Fecha de publicación del folleto de la patente:  
**11.11.2011**

⑰ Titular/es: **Universidad de Sevilla**  
**O.T.R.I.-Pabellón de Brasil**  
**Paseo de las Delicias, s/n**  
**41013 Sevilla, ES**

⑱ Inventor/es: **Justo Alpañés, José Luis;**  
**Vázquez Boza, Manuel y**  
**Durand Neyra, Percy**

⑳ Agente: **No consta**

⑳ Título: **Sistema de aplicación de carga en deformación, tensión y ensayos cíclicos para célula triaxial convencional.**

㉑ Resumen:

Sistema de aplicación de carga en deformación, tensión y ensayos cíclicos para célula triaxial convencional.

Dentro del lector técnico asociado a la mecánica del suelo y la geotecnia, se realizan ensayos triaxiales a muestras inalteradas del terreno para averiguar sus propiedades resistentes. En estos ensayos se aplica primero una presión de confinamiento a la muestra mediante un sistema de compensación de muelles que tienen depósitos de metales pesados altamente contaminantes. A continuación y mediante prensas mecánicas se aplica a las cargas verticales en condiciones de velocidad de deformación controlada.

La invención comprende un nuevo sistema de aplicación de presión de confinamiento estable durante el ensayo sin el uso de metales pesados para su compensación y un sistema neumático-hidráulico con control en lazo cerrado para la aplicación de carga vertical, que amplía el ámbito de utilización del equipo a ensayos con control en deformación, tensión, velocidad de carga y aplicación de carga cíclica a la muestra en la célula triaxial clásica.

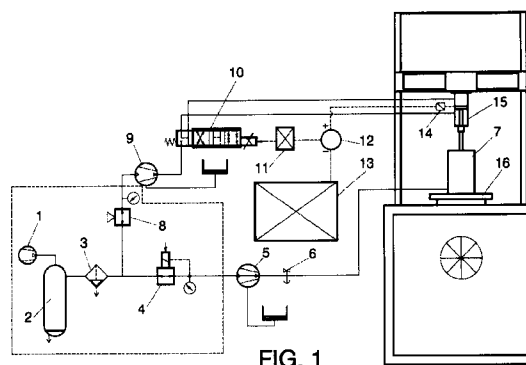


FIG. 1

ES 2 362 969 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

## DESCRIPCIÓN

Sistema de aplicación de carga en deformación, tensión y ensayos cíclicos para célula triaxial convencional.

### Objeto de la invención

La presente invención, según se expresa en el enunciado de esta memoria descriptiva, se refiere a un sistema de carga en deformación, tensión y ensayos cíclicos para célula triaxial convencional que se engloba dentro de las áreas científicas de la ingeniería del terreno y la ingeniería mecánica.

Más concretamente será de aplicación en la mecánica del suelo, presas, cimientos y también en los aparatos científicos.

Estos campos de actividades son propios de la investigación, la ingeniería civil y geotécnica, la ingeniería mecánica, así como la geología y la arquitectura.

Así pues, el sistema de la invención comprende unos característicos medios de aplicación de la presión de confinamiento estable durante el ensayo sin el uso de metales pesados para su compensación y unos nuevos medios de aplicación de la carga vertical constante con un control en tiempo real.

### Antecedentes de la invención

En problemas de índole geotécnico, el ensayo triaxial clásico constituye el procedimiento más satisfactorio para medir la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo. Una de las principales ventajas radica en el hecho de poder controlar las tensiones principales, el drenaje y la presión intersticial, lo cual conduce al conocimiento del comportamiento básico del suelo saturado.

El ensayo triaxial clásico consiste en someter a una probeta cilíndrica, preparada con una relación altura-diámetro igual a dos, a una presión de confinamiento constante y después a una carga vertical creciente hasta alcanzar la rotura. Esta carga continua y creciente se aplica a una velocidad constante en base a una prensa de deformación controlada.

A lo largo de todo el proceso de carga, hasta la rotura, se miden las deformaciones producidas en la probeta por las cargas correspondientes, de manera que se pueden obtener los datos necesarios para dibujar la relación tensión-deformación, deformación volumétrica-deformación axial, tensión tangencial-tensión normal etc. Todo esto se repite con tres probetas iguales, cambiando únicamente en cada caso la presión de confinamiento.

Tal como se ha referido anteriormente, el ensayo triaxial clásico posee varios requerimientos de ejecución que se detallan a continuación, destacándose una primera fase en la que se mantiene una presión hidráulica de confinamiento constante y una segunda fase de aplicación de carga vertical.

En la primera fase, la muestra, al variar su volumen durante el ensayo, provoca la variación de la presión de confinamiento, que se compensa a través del clásico sistema de mercurio auto-compensante de Bishop (Bishop y Henkel, 1962). Este sistema se compone básicamente de botes acrílicos, llenos de mercurio y agua, que están suspendidos de resortes. Conforme el agua drena en la muestra, el mercurio fluirá de un bote a otro para equilibrar el cambio de presión que provoca la variación de volumen. Si el cambio de volumen en la muestra es considerable, entonces el mercurio fluirá con rapidez llenando los

botes y provocando el derrame del agua y de dicho producto, limitándose de esta forma la ejecución y en especial la capacidad del equipo.

Los sistemas convencionales, para mantener la presión de confinamiento constante pueden llegar a controlar hasta 35 bares de presión.

Por otro lado, en la segunda fase de aplicación de carga vertical en el ensayo triaxial clásico, la carga vertical constante se aplica a través de una prensa de accionamiento mecánico.

Este sistema convencional supone una amenaza medioambiental debido principalmente a la necesidad de tener que utilizar y manipular metales pesados, como es el mercurio.

Otro inconveniente radica en la limitación en presión de confinamiento que a fecha de hoy imponen los aparatos de control existentes en el mercado, no llevándose esta presión más allá de los 35 bares.

### Descripción de la invención

Con el fin de alcanzar los objetivos y evitar los inconvenientes mencionados en los apartados anteriores, la invención propone un sistema de aplicación de carga en deformación, tensión y ensayos cíclicos para célula triaxial convencional que se caracteriza porque en sustitución del sistema de compensación de Bishop convencional se dispone un nuevo sistema hidráulico de accionamiento y pilotaje neumático que garantiza el mantenimiento de la presión de confinamiento cualquiera que sea el cambio de volumen que sufra la muestra. Este sistema, al tratar con fluidos inocuos como el aire y el agua, evita el impacto medioambiental y el riesgo laboral que ocasiona el sistema convencional por la manipulación de metales pesados, como es el mercurio, pudiéndose alcanzar hasta una presión de confinamiento de 150 bares frente a los 35 bares que se consiguen convencionalmente.

Otra característica de la invención es que en sustitución de la prensa de accionamiento mecánico para aplicar una carga vertical sobre la célula triaxial, ésta se realiza mediante una carga hidráulica con servo-control neumático en deformación, tensión aplicada, velocidad de carga y aplicación de carga cíclica para la caracterización de propiedades dinámicas del terreno.

Así pues, el sistema de la invención presenta dos circuitos distintos y bien diferenciados, con una nueva estructura y rango de capacidades con respecto a los sistemas conocidos en su campo de aplicación.

El primer circuito se encarga de mantener la presión de confinamiento en el interior de la célula triaxial aunque la muestra sufra variaciones de volúmenes considerables. Este circuito dispone de una bomba hidráulica con retroalimentación y control de presión accionada y pilotada por un sistema neumático con control diferencial de presiones. Con este nuevo circuito se amplía el rango de aplicación de presiones existentes en el mercado hasta los 150 bares tal como se ha referido anteriormente, y se eliminan los sistemas de compensación compuestos por metales pesados con alta capacidad contaminante como es el mercurio.

Un segundo circuito tiene como finalidad la aplicación de la carga vertical constante mediante sistema hidráulico con servo-control y accionamiento neumático. En función de un transductor colocado en el cilindro hidráulico, se podrá efectuar el control de carga en deformación, tensión, velocidad de aplicación de carga e incluso someter a la muestra a una carga cí-

clica de tipo senoidal. El registro de los movimientos y presiones se realiza a través de un sistema electro-hidráulico conectado a una unidad de procesamiento central. En este nuevo sistema se amplía el rango de aplicación de presiones de la célula triaxial convencional admitiendo la misma una mayor variedad de ensayos, así como la eliminación del proceso de desgaste y mantenimiento que requiere el típico sistema de aplicación mecánica.

A continuación para facilitar una mejor comprensión de esta memoria descriptiva y formando parte integrante de la misma, se acompaña una única figura en la que con carácter ilustrativo y no limitativo se ha representado el objeto de la invención.

#### Breve descripción de los dibujos

Figura 1.- Muestra una vista esquemática del sistema de aplicación de carga en deformación, tensión y ensayos cíclicos para célula triaxial convencional, objeto de la invención.

#### Descripción de la forma de realización preferida

Considerando la numeración adoptada en las figuras, el sistema de aplicación de carga en deformación, tensión y ensayos cíclicos para célula triaxial convencional, está constituido por dos circuitos hidráulicos, asociados ambos a un circuito de aire comprimido.

La producción de aire comprimido se realiza mediante un compresor de media presión 1 que alimenta a una botella de almacenamiento 2 con un dispositivo de filtro y purga de líquido 3 en su salida. Con este dispositivo de almacenamiento previo se regula la inercia neumática del sistema y se evita el constante ciclo de arranques y paradas al que se vería sometido el compresor.

El primer circuito tiene como función la regulación y mantenimiento de la presión de confinamiento de la muestra de terreno instalada en una célula triaxial convencional 7. Este circuito recibe presión neumática a la salida de un filtro 3 y la regula mediante un manómetro con control diferencial 4 que se encarga de mantener siempre a su salida una presión constante que se le ha introducido previamente como referencia. Esta presión fijada por el manómetro diferencial acciona una bomba neumático-hidráulica 5 que se encarga de transformar la presión de aire en presión de agua con un factor de multiplicación comprendido entre 21 y 24. La presión de agua tiene un control en circuito cerrado que se encarga de mantener constante la presión de confinamiento en la célula, en el caso de fugas o cambios de volumen en la muestra.

El pilotaje de esta bomba se realiza a baja presión, estando regulada su salida desde una presión de agua de 6,3 bares hasta los 150 bares. En el caso de presión de aire, la señal de pilotaje está regulada desde una

presión de 0,3 bares hasta un máximo de 7 bares. En el sistema de la invención las presiones de confinamiento en la célula triaxial 7 son más elevadas que las generadas por los equipos actualmente vigentes en el mercado. Antes de la entrada de presión en la célula triaxial 7, se instala una válvula de seguridad y purga 6 que permite eliminar la sobrecarga y el aire ocluido bajo unas condiciones de seguridad aceptables.

El segundo circuito que compone el sistema de la invención tiene como función la aplicación de carga vertical a la muestra ensayada en la célula triaxial convencional 7. Este circuito recibe una presión neumática inicial del conjunto generador de aire comprimido 1, 2 y 3 que contiene un regulador de presión manual 8 para mantener una presión de trabajo neumática media. Esta presión a la salida del regulador acciona una bomba neumático-hidráulica convencional 9, sin control en lazo cerrado, que transforma la presión neumática recibida en presión hidráulica (aceite mineral como fluido de trabajo). Esta salida de presión hidráulica va a ser la encargada de generar el movimiento de un cilindro hidráulico de doble efecto 15 que transmite la presión vertical a la muestra. El control de la presión que recibe el cilindro 15, y por tanto del movimiento, se realiza a través de una válvula hidráulica diferencial y proporcional 10 pilotada por un mecanismo de control en lazo cerrado.

Este mecanismo de control se compone de un transductor 14 de presiones o movimiento (dependiendo del tipo de ensayo que se realice) que recoge constantemente el estado de la variante de control en el cilindro hidráulico 15. El valor de esta variable se compara con el valor de referencia dado a través de una unidad central de proceso 13, que se implementa mediante un PC convencional con software de control. Ambas señales se comparan en un elemento de comparación 12 y se cierra el lazo de control pasando los resultados a un driver 11 de la válvula electro-hidráulica proporcional 10, mandando la señal registrada en el transductor 14 al nivel indicado en la unidad central de proceso 13. Con la inclusión de este sistema en el equipo triaxial, se sustituye el modelo de aplicación de carga mecánica por el modelo neumático-hidráulico, de hasta 10 toneladas de aplicación de carga.

Las posibilidades de aplicación de la invención se circunscriben en la realización de los siguientes ensayos triaxiales con células convencionales:

- Ensayos con control en deformación.
- Ensayos con control en presión.
- Ensayos con control en velocidad de carga.
- Ensayos con aplicación de carga cíclica.

Por otro lado, cabe señalar que la célula triaxial apoya sobre una plataforma horizontal 16.

## REIVINDICACIONES

1. Sistema de aplicación de carga en deformación, tensión y ensayos cíclicos para célula triaxial convencional, que estando destinado el sistema para ser aplicado sobre una célula triaxial apoyada sobre una plataforma horizontal, se **caracteriza** porque comprende:

- Un primer circuito hidráulico que regula y mantiene la presión de confinamiento de una muestra contenida en la célula triaxial (7), aunque la muestra sufra variaciones de volúmenes considerables;

- un segundo circuito hidráulico que aplica, mediante un cilindro (15), una carga vertical constante sobre la muestra ensayada perpendicularmente a la plataforma horizontal (16);

- un tercer circuito de aire comprimido asociado a los dos circuitos hidráulicos, cuyas bombas son accionadas y pilotadas mediante el aire comprimido del circuito neumático.

2. Sistema de aplicación de carga en deformación, tensión y ensayos cíclicos para célula triaxial convencional, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el primer circuito hidráulico cuenta con una bomba (9) con retro-alimentación y control de presión, cuyo accionamiento y pilotaje mediante el aire comprimido, posee un control diferencial de presiones mediante una válvula de control diferencial (4) alimentada por el aire comprimido.

3. Sistema de aplicación de carga en deformación, tensión y ensayos cíclicos para célula triaxial convencional, según una cualquiera de las reivindicaciones

anteriores, **caracterizado** porque el segundo circuito hidráulico incluye un dispositivo de servo-control para controlar la carga aplicada a la célula (7) en formación, tensión, velocidad de aplicación de carga, e incluso someter a la muestra a una carga cíclica de tipo senoidal.

4. Sistema. de aplicación de carga en deformación, tensión y ensayos cíclicos para célula triaxial convencional, según la reivindicación 3, **caracterizado** porque el mecanismo de servo-control comprende:

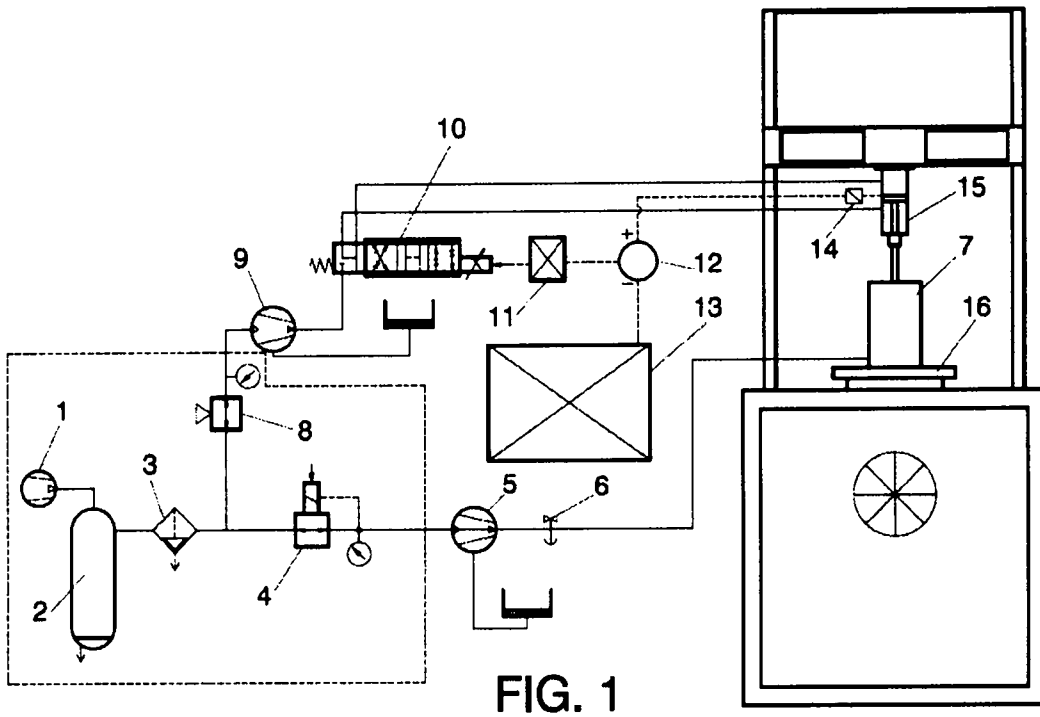
- Un transductor (14) de presiones o movimiento receptor constante del estado de la variable de control del cilindro (15);

- un elemento comparador de señales (12) vinculado al transductor (14) ya una unidad central de proceso (13);

- un driver (11) vinculado al elemento comparador señales (12) y a una electro-válvula proporcional (10) que dirige el fluido hidráulico hacia una u otra cámara del cilindro hidráulico (15).

5. Sistema de aplicación de carga en deformación, tensión y ensayos cíclicos para célula triaxial convencional, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque incluye una válvula de seguridad y purga (6).

6. Sistema de aplicación de carga en deformación, tensión y ensayos cíclicos para célula triaxial convencional, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el circuito neumático incorpora un regulador de presión (8) para mantener la presión neumática de trabajo media sobre la bomba (9) del primer circuito hidráulico.





OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②<sup>1</sup> N.º solicitud: 200900269

②<sup>2</sup> Fecha de presentación de la solicitud: 30.01.2009

③<sup>2</sup> Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤<sup>1</sup> Int. Cl.: **G01N3/08** (2006.01)

### DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | Documentos citados  | Reivindicaciones afectadas |
|-----------|---|----------------------------|
| A         | US 5226310 A (STEIGER RONALD P) 13.07.1993,<br>columna 11, líneas 1-42; columna 10, línea 49 – columna 13, línea 9; columna 15, líneas 3-6;<br>figuras 1-3. | 1-6                        |
| A         | CN 101256128 A (NANJING HYDRAULIC RES INSTITUTE) 03.09.2008,<br>Resumen de la base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE.                                   | 1-6                        |
| A         | WO 0240965 A2 (CROCKFORD WILLIAM) 23.05.2002,<br>página 12, línea 9 – página 21, línea 16.  | 1-6                        |
| A         | EP 0076050 A1 (GEOTECHNICAL DIGITAL SYSTEMS L) 06.04.1983,<br>página 1, línea 5 – página 4, línea 35.   | 1-6                        |

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  
04.07.2011

Examinador  
B. Tejedor Miralles

Página  
1/4

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

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 04.07.2011

**Declaración**

|   |                      |           |
|---|----------------------|-----------|
| <b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>            | Reivindicaciones 1-6 | <b>SI</b> |
|   | Reivindicaciones     | <b>NO</b> |
| <b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b> | Reivindicaciones 1-6 | <b>SI</b> |
|   | Reivindicaciones     | <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 | Numero Publicación o Identificación              | Fecha Publicación |
|-----------|--|-------------------|
| D01       | US 5226310 A (STEIGER RONALD P)                  | 13.07.1993        |
| D02       | CN 101256128 A (NANJING HYDRAULIC RES INSTITUTE) | 03.09.2008        |
| D03       | WO 0240965 A2 (CROCKFORD WILLIAM)                | 23.05.2002        |
| D04       | EP 0076050 A1 (GEOTECHNICAL DIGITAL SYSTEMS L)   | 06.04.1983        |

**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**

## Reivindicación 1:

Se considera como estado de la técnica más cercano el documento D01. Dicho documento divulga un célula triaxial para la medida de deformaciones, tensión y propiedades mecánicas de materiales geológicos de baja permeabilidad, que consta un circuito hidráulico que regula y mantiene la presión de confinamiento de una muestra contenida en la célula triaxial; un segundo circuito hidráulico que aplica mediante un actuador cilíndrico una carga vertical (columna 10, línea49 - columna13, línea 9; columna 15, líneas 3 - 6; fig.1-3; D01). Se diferencia de la primera reivindicación en que no dispone de un circuito de aire comprimido asociado a los circuitos hidráulicos. El efecto técnico que se consigue es mantener la presión de confinamiento mediante aire. El problema técnico a resolver es como mantener la presión de confinamiento eliminando los sistemas basados en metales pesados como el mercurio. No se ha encontrado en el estado de la técnica ningún documento que resuelva el problema técnico planteado, por lo que dicha reivindicación posee novedad según el artículo 6.1 de la ley de patentes 11/1986.

El documento D02 divulga un equipo de medida triaxial en el que se mide la presión de confinamiento. La parte superior está dotada de un cilindro que aplica una carga a la muestra axialmente, mediante un sistema servo-hidráulico. A la vez dispone de un sistema de presurización de la presión de confinamiento que consiste en un compensador (resumen; D02). Se diferencia, principalmente, en que no posee el primer circuito hidráulico que regula y mantiene la presión de confinamiento.

El documento D03 divulga sistema de célula triaxial que incorpora un circuito de control hidráulico para utilizar separadamente o en combinación con un circuito de control neumático para aplicar la carga a la muestra de forma axial (página 12, línea 9 - página 21, línea 16; D03). Se diferencia de la primera reivindicación en que no posee el primer circuito hidráulico que regula y mantiene la presión de confinamiento.

El documento D04 divulga un sistema de presión para los laboratorios de suelos. El sistema comprende un cilindro pistón, un motor paso a paso, un servo control que incluye un transductor de presión, un comparador y un driver del fluido hidráulico (página 1, línea 5 - página 4, línea 35; D04).

En ninguno de los documentos citados, que reflejan el estado de la técnica anterior más próximo al objeto de la solicitud, se han encontrado presentes todas las características técnicas que se definen en la reivindicación 1 de la solicitud. Asimismo, se considera que las características diferenciales no parecen derivarse de una manera evidente de ninguno de los documentos citados, ni de manera individual ni mediante una combinación evidente entre ellos. Por todo lo anterior, se concluye que la reivindicación 1, y por consiguiente, todas sus dependientes, satisfarían los requisitos de novedad y actividad inventiva según los artículos 6.1 y 8.1 de la ley de patentes 11/1986.

## Reivindicaciones dependientes 2-6:

Las reivindicaciones 2-6 son dependientes de la reivindicación 1 y como ella, también cumplen los requisitos de la ley de patentes 11/1986 con respecto a la novedad y actividad inventiva. Sin embargo, se trata de características técnicas bien conocidas en el campo de los circuitos hidráulicos y neumáticos y, que un experto en la materia utilizaría sin la ayuda de la actividad inventiva.