

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 592**

21 Número de solicitud: 201300197

51 Int. Cl.:

**G01F 1/76** (2006.01)

**G01F 1/00** (2006.01)

**G01N 11/02** (2006.01)

12

## PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

**19.02.2013**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**10.04.2013**

Fecha de la concesión:

**29.10.2013**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**11.11.2013**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA (100.0%)  
Pabellón de Gobierno, Avda. de los Castros s/n  
39005 Santander (Cantabria) ES**

72 Inventor/es:

**POLANCO MADRAZO, Juan Antonio;  
THOMAS GARCÍA, Carlos y  
SETIÉN MARQUÍNEZ, Jesús**

54 Título: **Caudalímetro para la determinación de la permeabilidad de un material a un gas**

57 Resumen:

Caudalímetro (15, 25, 35) para la medición de la permeabilidad de un material a un gas, que comprende una entrada (20, 33) configurada para recibir un gas que previamente ha atravesado una probeta (12) de un material cuya permeabilidad a dicho gas se va a medir. Dicho caudalímetro comprende un detector de flujo másico (22) configurado para convertir la cantidad de flujo de gas en un determinado parámetro, donde dicho flujo de gas puede tener un caudal del orden de las centésimas de  $\text{cm}^3/\text{s}$  o superior.

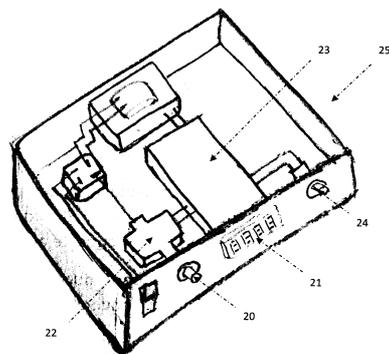


Figura 2

ES 2 400 592 B1

**DESCRIPCION**

**CAUDALÍMETRO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA  
PERMEABILIDAD DE UN MATERIAL A UN GAS**

**CAMPO DE LA INVENCION**

5

La presente invención pertenece al campo de la construcción y, más concretamente, a dispositivos de control de la permeabilidad de un material.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

10

Existen normas que regulan la medición de permeabilidad de ciertos materiales frente a gases. Por ejemplo, la normativa española regula el método de ensayo de permeabilidad al oxígeno mediante las normas *UNE 83966:2008: Durabilidad del hormigón. Métodos de ensayo. Acondicionamiento de probetas de hormigón para los ensayos de permeabilidad a gases y capilaridad* y *UNE 83981:2008: Durabilidad del hormigón. Métodos de ensayo. Determinación de la permeabilidad al oxígeno del hormigón endurecido*.

15

20

El fundamento del ensayo consiste en aplicar una presión constante de gas, sobre una de las caras de una probeta (o muestra) de hormigón y, después de un tiempo suficiente en el que el gas ha atravesado toda la probeta y alcanzado su cara opuesta, registrar el caudal de gas a la salida, es decir, el volumen de gas que atraviesa la probeta por unidad de tiempo. Para ello, es necesario que las caras laterales de la probeta se encuentren perfectamente selladas, con el objetivo de que no se escape gas a través de ellas y de esta forma, todo el gas que se aplica en una de las caras, sea recogido en la cara opuesta.

25

30

La entrada de flujo de gas se controla con un manómetro-regulador, y el caudal a la salida se mide, según la norma referenciada, mediante el desplazamiento de una burbuja de jabón desplazada por el gas saliente, en el interior de una de las N pipetas

graduadas que forman el ensayo. Para ello, en la parte inferior de cada pipeta del conjunto de N pipetas se sitúa una perilla de goma. Apretando la perilla de la pipeta seleccionada mediante una llave, se genera una burbuja de jabón que, empujada por el oxígeno, recorre la pipeta. Es importante cerrar las llaves de las pipetas que no estén  
5 siendo utilizadas.

El caudal que atraviesa la probeta de hormigón es el resultado de dividir el volumen que recorre la burbuja de jabón medido como la diferencia de valores final e inicial en la escala graduada de la pipeta, entre el tiempo que la burbuja tarda en recorrer dicho  
10 espacio.

Cada una de las N pipetas del ensayo presenta un diámetro diferente. Cuanto mayor es la permeabilidad de la probeta de hormigón, mayor es el flujo que atraviesa dicha probeta de hormigón, y mayor es la velocidad de ascenso de la burbuja dentro de la  
15 pipeta, por lo que se requiere un diámetro de pipeta mayor. Por lo tanto, en función de la presión y de la permeabilidad del material de hormigón se selecciona una pipeta del conjunto de N pipetas, de tal forma que durante el tiempo que dure la medición la burbuja se desplace en sentido ascendente dentro de dicha pipeta y siempre sin salirse por su extremo superior. Si la burbuja no se mueve, se aumenta la presión de oxígeno  
20 aplicada.

Con un dispositivo de medida del tiempo se mide el tiempo que la burbuja de jabón tarda en atravesar el volumen graduado en la superficie de la pipeta. Si el tiempo medido del paso de la burbuja es inferior a 30 segundos, se debe cambiar la pipeta  
25 utilizada por otra con mayor capacidad, teniendo cuidado de cerrar las llaves de las pipetas que no estén siendo utilizadas.

Al comienzo de cada medida, y para evitar una sobrepresión en el sistema, se mantiene abierta la llave situada entre la probeta y el conjunto de pipetas. Para realizar el ensayo se seleccionan cinco valores de presiones de oxígeno usando el regulador de presión en  
30 el nanómetro. Se consideran como buenas las presiones comprendidas entre 0,5 bar y

3,5 bar. Se puede empezar con 0,1 bar, en el caso de que el hormigón sea muy permeable, y llegar a un máximo de 5 bar, en el caso de que el hormigón sea poco permeable.

5 Para asegurar un régimen estable del caudal de oxígeno se hacen lecturas previas del flujo de este caudal en intervalos de 5 minutos hasta que la diferencia entre lecturas sucesivas sea menor del 3%. Este procedimiento de estabilización debe ser repetido para cada presión aplicada, y generalmente se alcanza en el tiempo comprendido entre 5 minutos y 30 minutos, según la permeabilidad del hormigón ensayado. Al alcanzar la  
10 estabilidad del caudal se apunta el valor del flujo que atraviesa la probeta para cada presión aplicada. Se considera en el ensayo el valor promedio de los flujos obtenidos en cada una de las presiones para una misma probeta.

15 Los caudales de gas a medir en el ensayo de permeabilidad al oxígeno sobre probetas de hormigón, son notablemente pequeños, del orden de 0,1 a 0,5 cm<sup>3</sup>/s; debido a ello, no es posible utilizar caudalímetros convencionales y se recurre usualmente al dispositivo que aplica el método de la pompa de jabón. Sin embargo, este dispositivo presenta una serie de limitaciones y carencias, como son:

20 - La medición de la permeabilidad con el dispositivo que aplica el método de la burbuja de jabón es un procedimiento lento y laborioso debido a que para cada medida de presión, es necesario encontrar la pipeta adecuada al caudal correspondiente, siendo necesario para ello, realizar un importante número de medidas con distintas pipetas hasta encontrar la pipeta apropiada. Además, una vez localizada dicha pipeta, la  
25 completa estabilización de flujo se alcanza tras un tiempo de 5 a 30 minutos, entendiéndose que ésta se consigue cuando las medidas realizadas en intervalos de 5 minutos no difieren en más del 3% del valor del caudal medido. Es decir, en un ensayo en el que el tiempo de estabilización sea de 30 minutos, tras localizar la pipeta más adecuada, habrá que realizar 6 mediciones del caudal cada 5 minutos para confirmar la  
30 estabilización a la presión correspondiente.

- No existe la posibilidad de registrar electrónicamente los valores de permeabilidad de forma continua. Sólo es posible realizar mediciones discretas tanto en el proceso de estabilización como en las mediciones una vez estabilizado.

5 - El dispositivo que aplica el método de la burbuja de jabón exige aumentar la presión de entrada cuando la burbuja no se mueve como consecuencia de un bajo caudal y poca permeabilidad del hormigón. La utilización de presiones altas puede suponer modificaciones en la viscosidad de oxígeno, alterando con ello los valores obtenidos de permeabilidad. Además, el uso de presiones altas puede suponer la ruptura de la  
10 estructura de la pasta de cemento de hormigones jóvenes, creando nuevos capilares y huecos por los que transitaría el oxígeno. Con ello se altera también el valor obtenido de permeabilidad.

#### **RESUMEN DE LA INVENCION**

15 La presente invención trata de resolver los inconvenientes mencionados anteriormente mediante un caudalímetro para la medición de la permeabilidad de un material a un gas que permite medir caudales del orden de las centésimas de  $\text{cm}^3/\text{s}$ , preferentemente a partir de  $0.02 \text{ cm}^3/\text{s}$ .

20 Concretamente, en un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un caudalímetro para la medición de la permeabilidad de un material a un gas, que comprende una entrada configurada para recibir un gas que previamente ha atravesado una probeta de un material cuya permeabilidad a dicho gas se va a medir. El  
25 caudalímetro comprende un detector de flujo másico configurado para convertir la cantidad de flujo de gas en un determinado parámetro, donde dicho flujo de gas puede tener un caudal del orden de las centésimas de  $\text{cm}^3/\text{s}$  o superior.

30 En una posible realización, el caudalímetro comprende además unos medios de conversión de datos configurados para medir dicho parámetro y convertirlo en un valor de caudal expresado en  $\text{cm}^3/\text{s}$ .

5 En una posible realización, el caudalímetro comprende además un interfaz de salida configurado para conectar la salida del detector de flujo másico del caudalímetro a unos medios de conversión de datos externos conectados a un ordenador, estando dichos medios de conversión de datos externos configurados para medir el parámetro que sale del detector de flujo másico y convertirlo en un valor de caudal expresado en  $\text{cm}^3/\text{s}$ .

En una posible realización, el parámetro es una tensión eléctrica continua. Alternativamente, dicho parámetro es una corriente eléctrica.

10 En una posible realización, el detector de flujo másico es un detector de flujo másico de membrana. Alternativamente, el detector de flujo másico es un detector de flujo másico de láser.

15 En una posible realización, el material del que se va a medir su permeabilidad es hormigón.

### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

20 Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, y para complementar esta descripción, se acompaña como parte integrante de la misma, un juego de dibujos, cuyo carácter es ilustrativo y no limitativo. En estos dibujos:

25 La figura 1 muestra un esquema de un sistema que comprende el caudalímetro de la invención.

La figura 2 muestra un esquema del interior de un caudalímetro de acuerdo con una realización de la invención.

30 La Figura 3 muestra un esquema de la vista frontal del caudalímetro de acuerdo con

una realización de la invención.

La figura 4 muestra una gráfica de la evolución del caudal que sale de la probeta en función del tiempo, y que es medido por el caudalímetro, para cinco presiones de entrada diferentes.

5

### **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

En este texto, el término “comprende” y sus variantes no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos.

10

Además, los términos “aproximadamente”, “sustancialmente”, “alrededor de”, “unos”, etc. deben entenderse como indicando valores próximos a los que dichos términos acompañen, ya que por errores de cálculo o de medida, resulte imposible conseguir esos valores con total exactitud.

15

Además se entiende por probeta una muestra de un material sobre el que medir su permeabilidad.

20

Las características del dispositivo de la invención, así como las ventajas derivadas de las mismas, podrán comprenderse mejor con la siguiente descripción, hecha con referencia a los dibujos antes enumerados.

25

Las siguientes realizaciones preferidas se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención.

30

A continuación se describe una configuración mínima del sistema que comprende el caudalímetro de la invención para la medición de la permeabilidad a un gas de un material, de acuerdo con el esquema del mismo de la Figura 1. El material bajo medición debe ser permeable. Ejemplos no limitativos de materiales cuya permeabilidad se puede medir mediante el sistema que se describe son: hormigones, cerámicos o pétreos naturales.

El sistema de la figura 1 comprende al menos un medio de almacenamiento de gas 11, encargado de almacenar el gas en su interior. Dicho al menos un medio de almacenamiento de gas 11 debe contener el gas a una presión mayor que la presión necesaria para realizar la medida. En una realización particular, este medio de almacenamiento 11 es una botella de gas.

El medio de almacenamiento de gas 11 se encuentra unido a uno de los extremos de una probeta 12 cuya permeabilidad a un gas se va a medir, mediante un medio de transporte 13 configurado para que el gas circule por su interior desde el medio de almacenamiento 11 hasta el extremo correspondiente de la probeta 12. Preferentemente, la presión a la que circula el gas por el interior del medio de transporte 13, se regula y se controla gracias a un manómetro-regulador 14. Alternativamente, el dispositivo manómetro-regulador 14 se implementa mediante dos dispositivos diferenciados: un manómetro y un regulador.

El medio de transporte 13 puede ser de cualquier material capaz de soportar presiones de aproximadamente 10 bares, y con un diámetro no mayor de aproximadamente 20 mm. Ejemplos no limitativos de materiales son tubos de acero, de goma o de látex, rígidos o flexibles. Preferentemente, y por motivos de seguridad, el medio de transporte 13 conectado al medio de almacenamiento 11 es un tubo de acero rígido.

En una posible realización, en el caso de que el manómetro-regulador 14 sea un único dispositivo, éste se sitúa entre el medio de almacenamiento 11 y la probeta 12. En este caso, el medio de transporte 13 puede estar formado por dos elementos diferentes,

consecutivos, unidos por el manómetro-regulador 14. Alternativamente, el manómetro-regulador 14 se sitúa en el propio medio de almacenamiento 11.

5 En otra posible realización, en el caso de que manómetro y regulador sean dos dispositivos diferenciados, ambos se sitúan entre el medio de almacenamiento 11 y la probeta 12. En este caso, el medio de transporte 13 puede estar formado por tres elementos diferentes, consecutivos. Alternativamente, el manómetro y el regulador se sitúan en el propio medio de almacenamiento 11. Alternativamente, uno de los dispositivos (manómetro o regulador) se sitúa en el medio de almacenamiento 11, y el otro dispositivo (regulador o manómetro, respectivamente) se sitúa entre el medio de almacenamiento 11 y la probeta 12. En este caso, el medio de transporte 13 puede estar formado por dos elementos diferentes, consecutivos.

15 La probeta 12 se ubica en el interior de un dispositivo 17 configurado para mantener selladas las caras laterales de la probeta 12, asegurando su estanqueidad y permitiendo la entrada de gas por uno de los extremos de la probeta 12 y la salida por el extremo opuesto. Los materiales de los que está formado el dispositivo 17 son materiales sellantes, como por ejemplo caucho o látex.

20 Por tanto, durante el uso del sistema, el gas procedente del medio de almacenamiento 11 circula por el interior del medio de transporte 13 con una determinada presión, seleccionada en el manómetro-regulador 14 (o en el regulador en el caso de que se utilicen dos dispositivos independientes). El gas entra por uno de los extremos de la probeta 12 y atraviesa la misma hasta alcanzar su extremo opuesto.

25 La salida del gas por el extremo opuesto de la probeta 12 se mide gracias al caudalímetro de la invención 15 conectado a ese extremo de la probeta 12 mediante un medio de transporte 16. El medio de transporte 16 puede ser de cualquier material tal que garantice la presión interna y la seguridad. Ejemplos no limitativos de materiales son tubos de acero, de goma o de látex, rígidos o flexibles.

30

Los inventores han observado que un caudalímetro de gases de turbina o de diámetro variable convencionales no es capaz de medir flujos de gas del orden de  $0,02 \text{ cm}^3/\text{s}$  por la extremada sensibilidad que se requiere. Para superar este problema, han diseñado un nuevo caudalímetro cuyo esquema se muestra en la Figura 2.

5

El nuevo caudalímetro 25 comprende un detector de flujo másico 22 encargado de convertir la cantidad de flujo de gas que atraviesa la probeta, en tensión eléctrica continua (o corriente indistintamente).

10

El mecanismo por el cual el flujo másico se convierte en una tensión o corriente eléctrica depende del tipo de detector. Un detector de membrana cuantifica el flujo en base a la deformación de la misma. Un detector de láser es capaz de detectar un flujo másico a partir de la cantidad de partículas que se interponen entre un emisor láser y un detector. Un detector de temperatura posee una resistencia eléctrica que es refrigerada por el flujo. Preferentemente el detector de flujo másico 22 es un detector de flujo másico de membrana o de láser.

15

El detector de flujo másico 22 debe ser lo suficientemente preciso como para detectar y convertir cantidades de flujo de gas comprendidas en el rango de aproximadamente  $0.02 \text{ cm}^3/\text{s}$  y  $5 \text{ cm}^3/\text{s}$ , en un voltaje de  $\pm 5 \text{ V}$ . Ejemplos de detectores de flujo másico con estas características son: Honeywell AWM3000 Series, Omron's manifold o Mass flow de SENSORTECHNICS.

20

Unos medios de conversión de datos 23 miden la tensión eléctrica continua (o corriente indistintamente) que sale del detector de flujo másico 22 y la convierten en un valor de caudal expresado en  $\text{cm}^3/\text{s}$ . Para ello, es necesario realizar una calibración previa de los medios de conversión de datos 23, comparando al menos cinco valores de caudal medidos mediante el método de la pompa de jabón con el voltaje medido por los medios de conversión de datos 23, obteniendo así una ecuación de calibración. Dicha ecuación es válida para la medida de la permeabilidad de cualquier material que

30

requiera rangos de presión de entrada situados entre los valores mínimo y máximo de calibración.

5 Los medios de conversión de datos 23 se conectan a través de un interfaz de salida digital, a un ordenador. Gracias a esta conexión es posible obtener en tiempo real gráficas de evolución del caudal con el tiempo y observar cuando el sistema se estabiliza sin necesidad de ir realizando medidas para comprobarlo. Además, los medios de conversión de datos 23 pueden comprender una pantalla 21 que muestra el caudal de gas en  $\text{cm}^3/\text{s}$  que atraviesa la probeta.

10 En una posible realización, los medios de conversión de datos 23 son externos y no se encuentran comprendidos en el caudalímetro 25. Preferentemente, el caudalímetro 25 posee una interfaz de salida 24, preferentemente una salida analógica tipo BNC, que permite conectar la salida del detector de flujo másico 22 del caudalímetro 25 a los  
15 medios de conversión de datos 23 externos. En otra posible realización, los medios de conversión de datos 23 están comprendidos en el caudalímetro 25. En otra posible realización, los medios de conversión de datos 23 se implementan tanto en el interior del caudalímetro 25 como en el exterior del mismo.

20 Un ejemplo del frontal del caudalímetro 35 se muestra en la figura 3, en la cual puede observarse el interruptor de encendido-apagado 31 conectado a la entrada principal de tensión, la pantalla de los medios de conversión de datos 32 comprendidos en el caudalímetro 35, la entrada del caudalímetro 33 y el interfaz de salida 34 que proporciona una salida eléctrica analógica de  $\pm 5\text{V}$  correspondiente al caudal medido  
25 por el caudalímetro 35.

Para llevar a cabo la medida de la permeabilidad de una probeta 12 a un gas, se seleccionan al menos tres valores de presión de entrada en el manómetro-regulador 14 (o en el regulador en el caso de que se utilicen dos dispositivos independientes).  
30 Preferentemente el número de valores de presión de entrada seleccionados es cinco.

Por cada uno de los valores de presión de entrada seleccionados, se realiza con el caudalímetro 15, 25, 35 al menos una medida del caudal que atraviesa la probeta 12, expresado en cm<sup>3</sup>/s. Preferentemente el número de medidas de caudal que se realizan para cada presión de entrada seleccionada es tres. A continuación, y en el caso de que este número de medidas de caudal sea distinto de uno, se obtiene, para cada presión, un valor promedio de caudal.

El valor de caudal medido para cada valor de entrada seleccionado (o el valor promedio en el caso de que el número de medidas de caudal sea distinto de uno) se sustituye en la ecuación de Darcy, obteniendo así el coeficiente de permeabilidad  $K$ :

$$K = \frac{2 P_1 R L \eta}{A(P_2^2 - P_1^2)}$$

Donde

$K$  = Coeficiente de permeabilidad [m<sup>2</sup>]

$\eta$  = Viscosidad del gas utilizado [N\*S/m<sup>2</sup>]

$L$  = Longitud de la probeta [m]

$R$  = Caudal de gas a la salida de la probeta [m<sup>3</sup>/s]

$A$  = Área de la sección transversal de la probeta [m<sup>2</sup>]

$P_1$  = Presión absoluta a la salida de la probeta [N/m<sup>2</sup>]

$P_2$  = Presión absoluta a la entrada de la probeta [N/m<sup>2</sup>]

Finalmente se obtiene el coeficiente de permeabilidad de la probeta 12 a partir del valor promedio de los coeficientes de permeabilidad obtenidos con la ecuación de Darcy, correspondientes a cada valor de presión de entrada seleccionado.

El caudalímetro de la invención 15, 25, 35 permite medir caudales del orden de las centésimas de cm<sup>3</sup>/s, preferentemente a partir de 0.02 cm<sup>3</sup>/s, gracias a su mayor

sensibilidad, evitando tener que utilizar presiones tan altas como las necesarias para obtener caudales medibles en el dispositivo que aplica el método de la pompa de jabón.

### **Ejemplo**

5

A continuación se muestra un ejemplo concreto de realización de la invención y los resultados obtenidos.

10

El medio de almacenamiento de gas utilizado es una botella de gas, que contiene el gas a una presión mayor que la mínima necesaria en el transcurso de los ensayos, la cual se regula y se controla gracias a un manómetro-regulador. Dicha botella de gas se encuentra conectada al extremo superior de una probeta cuya permeabilidad a un gas se va a medir, mediante un tubo rígido de acero que conecta la botella de gas con el manómetro-regulador y mediante un tubo flexible de goma de gas que conecta dicho manómetro-regulador con dicha parte superior de la probeta.

15

20

La probeta es cilíndrica de hormigón al 20% de reciclado, de dimensiones 96 mm de altura y 150 mm de diámetro, y se ubica en el interior de un dispositivo de recubrimiento lateral de caucho, configurado para mantener selladas las caras laterales de la probeta, de tal manera que la presión constante de gas que es aplicada en su extremo superior, atraviesa toda la probeta y alcanza su extremo opuesto.

25

Por tanto, durante el uso del sistema, el gas procedente de la botella de gas circula por el interior del tubo rígido de acero a la presión de 5 bares. Una vez que dicho gas alcanza el manómetro-regulador, atraviesa el tubo flexible de goma de gas, a la presión seleccionada en el manómetro-regulador, hasta alcanzar el extremo superior de la probeta. El gas entra por dicho extremo superior y atraviesa toda la probeta hasta alcanzar su extremo inferior.

30

La salida del gas por el extremo opuesto de la probeta se mide gracias a un caudalímetro conectado al extremo inferior de la probeta mediante un tubo de látex.

El caudalímetro comprende un interruptor de encendido-apagado, el cual debe ir conectado a la entrada principal de tensión, un detector de flujo másico de membrana encargado de convertir la cantidad de flujo de gas que atraviesa la probeta en tensión eléctrica continua (o corriente indistintamente) y una salida BNC que permite conectar la salida del detector de flujo másico del caudalímetro a unos medios de conversión de datos externos que miden la tensión o corriente eléctrica que sale del detector de flujo másico y la convierten en un valor de caudal expresado en  $\text{cm}^3/\text{s}$ . Los medios de conversión se encuentran conectados a su vez a un ordenador, y gracias a esta conexión es posible obtener en tiempo real gráficas de evolución del caudal con el tiempo.

La figura 4 muestra una gráfica obtenida con el caudalímetro de la invención, en la que se representa la curva de estabilización de la probeta de hormigón descrita anteriormente para cinco valores de presión diferentes. El eje de ordenadas representa el caudal en  $\text{cm}^3/\text{s}$  y el eje de abscisas representa el tiempo en segundos.

Cada uno de los cinco picos que se observan en la figura, corresponden a los cinco valores de presión seleccionados en el manómetro-regulador, siendo estas presiones de entrada de 1 bar, 1.1 bares, 1.2 bares, 1.3 bares y 1.4 bares respectivamente.

El primer ascenso corresponde a la conexión del sistema (inicio del ensayo) con una presión de entrada de 1 bar. A continuación, la gráfica desciende suavemente hasta alcanzar la zona de estabilización. Como puede observarse, este proceso de estabilización dura aproximadamente 300 segundos (5 minutos).

A continuación, se puede observar un nuevo ascenso del caudal correspondiente a la desconexión y conexión del manómetro-reductor, con el objetivo de modificar la presión de entrada en el sistema. En este caso, la presión de entrada se aumenta a 1,1 bares, motivo por el cual este segundo pico es de mayor altura que el primero. La curva de estabilización es muy similar al del primer pico y su duración es, también, aproximadamente de 300 segundos. Como es de esperar, la asíntota de estabilización y, por tanto, el caudal a la salida, es mayor en el segundo de los casos.

El tercer, cuarto y quinto ascenso corresponden a la desconexión y conexión del manómetro-reductor, con el objetivo de aumentar la presión de entrada del sistema a 1.2 bares, 1.3 bares y 1.4 bares respectivamente, motivo por el cual cada pico es mayor que el anterior. La curva de estabilización es muy similar en todos los casos, siendo su duración de aproximadamente 300 segundos. Cada asíntota de estabilización, y por tanto el caudal a la salida, es mayor cuanto mayor es la potencia a la entrada.

5

Para cada presión de entrada, se realizan tres mediciones del caudal una vez ha estabilizado y se realiza su media. Este valor medio de caudal en función de la presión se muestra en la Tabla 1.

10

Presión O2 [kg/cm <sup>2</sup> ]	Caudal [m <sup>3</sup> /s]
1.00	1.25E-06
1.10	1.43E-06
1.20	1.61E-06
1.30	1.79E-06
1.40	1.98E-06

Tabla 1. Valor medio del caudal que atraviesa la probeta en función de la presión de entrada.

15

El valor medio de caudal se sustituye en la ecuación de Darcy, obteniendo así el coeficiente de permeabilidad  $K$  mostrado en la Tabla 2:

Presión O2 [kg/cm <sup>2</sup> ]	Caudal [m <sup>3</sup> /s]	Coef. Permeabilidad [m <sup>2</sup> ]
1.00	1.25E-06	9.14E-16
1.10	1.43E-06	9.20E-16
1.20	1.61E-06	9.20E-16
1.30	1.79E-06	9.16E-16
1.40	1.98E-06	9.13E-16

Tabla 2. Valor medio del caudal que atraviesa la probeta y coeficiente de permeabilidad en función de la presión de entrada.

Finalmente, el coeficiente de permeabilidad de la probeta, es el valor medio de los coeficientes de permeabilidad obtenidos con cada presión, siendo en este caso  $9.17E-16$   $m^2$ .

5

10

15

20

25

30

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Caudalímetro (15, 25, 35) para la medición de la permeabilidad de un material a un gas, que comprende una entrada (20, 33) configurada para recibir un gas que previamente ha atravesado una probeta (12) de un material cuya permeabilidad a dicho gas se va a medir, caracterizado por que comprende un detector de flujo másico (22) configurado para convertir la cantidad de flujo de gas en un determinado parámetro, donde dicho flujo de gas puede tener un caudal del orden de las centésimas de  $\text{cm}^3/\text{s}$  o superior.
- 10 2. El caudalímetro (15, 25, 35) de la reivindicación 1, que comprende además unos medios de conversión de datos (23) configurados para medir dicho parámetro y convertirlo en un valor de caudal expresado en  $\text{cm}^3/\text{s}$ .
- 15 3. El caudalímetro (15, 25, 35) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un interfaz de salida (24,34) configurado para conectar la salida del detector de flujo másico (22) del caudalímetro (15, 25, 35) a unos medios de conversión de datos (23) externos conectados a un ordenador, estando dichos medios de conversión de datos (23) externos configurados para medir el parámetro que sale del
- 20 detector de flujo másico (22) y convertirlo en un valor de caudal expresado en  $\text{cm}^3/\text{s}$ .
4. El caudalímetro (15, 25, 35) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicho parámetro es una tensión eléctrica continua.
- 25 5. El caudalímetro (15, 25, 35) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde dicho parámetro es una corriente eléctrica.
6. El caudalímetro (15, 25, 35) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicho detector de flujo másico (22) es un detector de flujo másico de membrana.
- 30 7. El caudalímetro (15, 25, 35) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde dicho

detector de flujo másico (22) es un detector de flujo másico de láser.

8. El caudalímetro (15, 25, 35) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el material del que se va a medir su permeabilidad es hormigón.

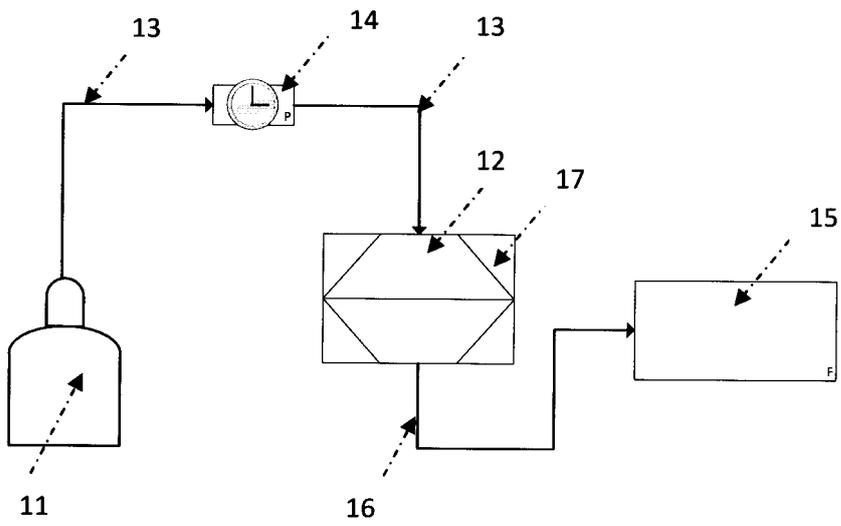


Figura 1

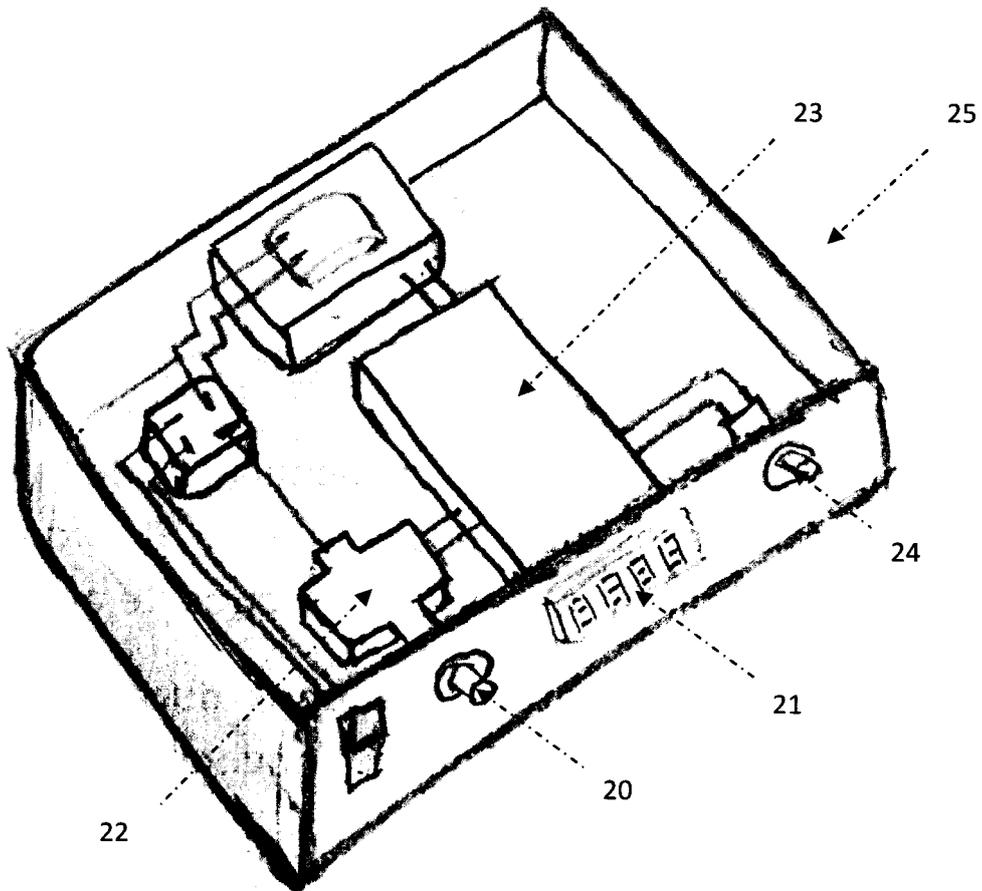


Figura 2

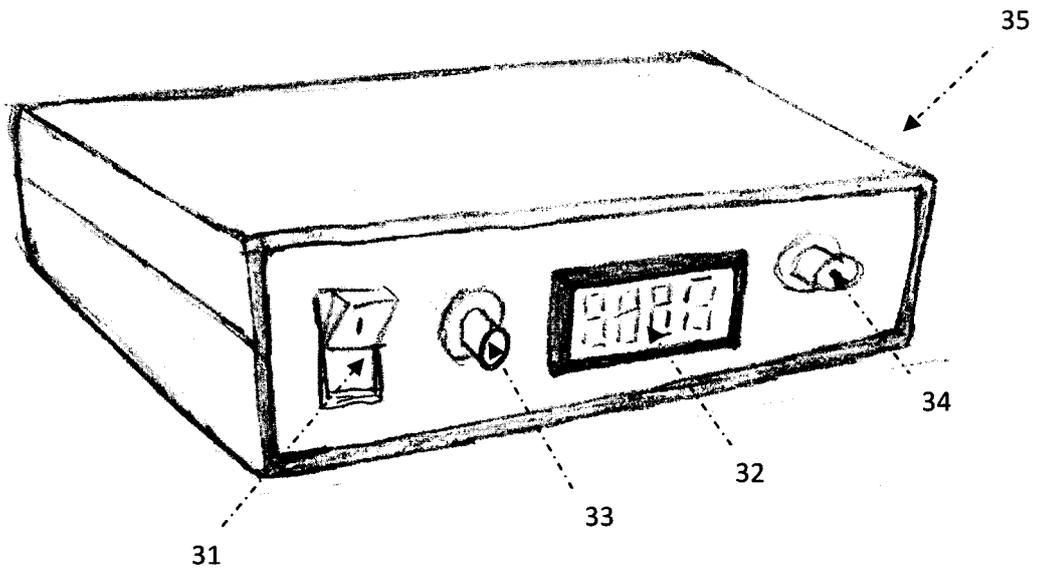


Figura 3

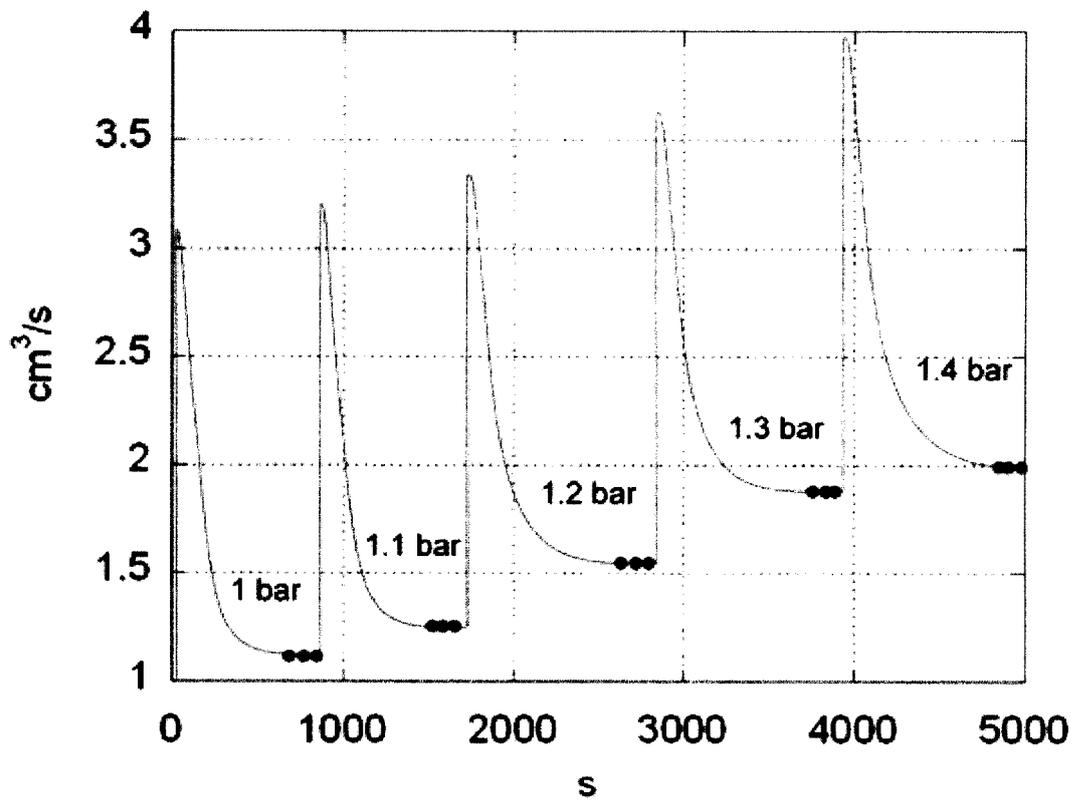


Figura 4



OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201300197

②② Fecha de presentación de la solicitud: 19.02.2013

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G01F1/00** (2006.01)  
**G01N11/02** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	EP 2177883 A1 (HONEYWELL) 21.04.2010, párrafos [8,11,13,34,38,39,40,41,50,52,55,66,82]; figura 3.	1-8
X	US 7280927 B1 (DMYTRIW) 09.10.2007, columna 2, líneas 22-60; columna 3, línea 42 – columna 4, línea 41; columna 6, líneas 17-38; figuras 2,3.	1-8
X	US 2011146398 A1 (BECK et al.) 23.06.2011, párrafos [3,4,23,24,25,28]; figuras 2A,2B.	1-8
X	HONEYWELL. Hoja de Datos. "Mass flow sensor for gases: AWM3000 Series". Junio/2006.	1-8
A	HONEYWELL. Nota Técnica 008043-2-EN: "Mass Flow Sensors: Mass Flow versus Volumetric Flow and Flow Rate Unit Conversions". Noviembre/2012.	1-8

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  
25.03.2013

Examinador  
Javier Olalde

Página  
1/4

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

G01F1, G01N11

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

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 25.03.2013

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 3, 8	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 1,2,4-7	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 3,8	<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	EP 2177883 A1	21.04.2010
D02	US 7280927 B1	09.10.2007
D03	US 2011146398 A1	23.06.2011
D04	Mass flow sensor for gases: AWM3000 Series".	Junio/2006
D05	Mass Flow Sensors: Mass Flow versus Volumetric Flow and Flow Rate Unit Conversions	Noviembre/2012

**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**

De acuerdo con el artículo 29.6 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/86 de Patentes se considera, preliminarmente y sin compromiso, que los objetos definidos por las reivindicaciones 1-8 no cumplen aparentemente los requisitos de novedad en el sentido del artículo 6.1 de la Ley 11/86 de Patentes (LP), y/o de actividad inventiva en el sentido del artículo 8.1 LP, en relación con el estado de la técnica establecido por el artículo 6.2 de dicha Ley. En concreto

**OBJECIONES DE NOVEDAD.**

Todos los documentos D01-D04 divulgaron caudalímetros con una entrada configurada para recibir un gas que comprenden un detector de flujo másico configurado para convertir la cantidad de flujo de gas en un parámetro. Esto es, divulgaron todas las características técnicas presentes en la reivindicación 1, por lo que carece de novedad frente a todos ellos tomados por separado. El resto del texto de la reivindicación principal define una utilización del caudalímetro para la que todos los divulgados en D01-D04 resultan adecuados (medición del caudal de un gas que previamente haya atravesado una probeta de un material cuya permeabilidad a dicho gas se desea medir, con unos valores de caudal del orden de las centésimas de  $\text{cm}^3$  o superior).

Adicionalmente, el documento D01 divulgó explícitamente un caudalímetro dotado de un detector de flujo másico láser (R7) y de medios de conversión de datos configurados para medir dicho parámetro y convertirlo en un valor de caudal volumétrico (R2), donde dicho parámetro es una corriente eléctrica de salida de un fotodiodo (R5), por lo que las reivindicaciones 2, 5 y 7 parecen carecer de novedad frente a D01 tomado por sí sólo.

Las características técnicas adicionales de la reivindicación 4 (parámetro tensión eléctrica) fueron divulgadas explícitamente en los documentos D02-D04, por lo que el objeto de la reivindicación 4 carece de novedad frente a todos ellos tomados por sí solos. Adicionalmente, el caudalímetro de D04 también divulgó como parámetro una corriente eléctrica.

La utilización de un detector de flujo másico de membrana se divulgó en D03, por lo que el objeto de la reivindicación 6 carece de novedad frente a D03 tomado por sí solo.

**OBJECIONES DE ACTIVIDAD INVENTIVA.**

El documento D01 divulgó un caudalímetro con una interfaz de salida para la posible transmisión a un ordenador externo los datos de caudal volumétrico obtenidos por los medios de conversión de datos, pero no divulgó explícitamente la alternativa de disponer externamente dichos medios de conversión. Aun siendo una disposición de uso común en la técnica y carente de actividad inventiva, ambas disposiciones, medios de conversión internos y/o externos, fueron divulgadas explícitamente en D02. El experto en la materia utilizaría de manera evidente las enseñanzas de D02 en el caudalímetro de D01, disponiendo los medios de conversión externamente para obtener el objeto de la reivindicación 3, por lo que también carecería de actividad inventiva frente a la combinación de D01 y D02.

Adicionalmente, tomando por sí solos los documentos D02-D03, aunque no divulgaron explícitamente la disposición de medios de conversión del parámetro de salida del detector de flujo másico a unidades de caudal volumétrico, esta conversión también resulta de uso común en la técnica (p.ej. D05) y carente de actividad inventiva.

Adicionalmente, también son de uso conocido, constituyendo medios equivalentes de medida de flujo másico/volumétrico la obtención mediante los parámetros corriente o tensión y/o mediante caudalímetros láser y/o de membrana.

Adicionalmente, la utilización de un caudalímetro para una medida concreta de caudal (gas que atraviesa una probeta de hormigón) no presentaría actividad inventiva frente a cualquier otra utilización de medida de caudal.