

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 746 942**

21 Número de solicitud: 201830873

51 Int. Cl.:

**G01N 9/36**

(2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

**07.09.2018**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**09.03.2020**

Fecha de concesión:

**13.07.2020**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**20.07.2020**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE JAÉN (100.0%)  
Campus Las Lagunillas, S/N  
23071 Jaén (Jaén) ES**

72 Inventor/es:

**TORRES JIMÉNEZ, Eloisa;  
DORADO VICENTE, Rubén;  
PALOMAR CARNICERO, José Manuel y  
GUERRERO VILLAR, Francisca María**

54 Título: **DISPOSITIVO PARA LA MEDICIÓN DE LA VISCOSIDAD Y DENSIDAD DEL AIRE AMBIENTE Y MÉTODO DE USO**

57 Resumen:

Dispositivo con el que se obtiene la medición de la viscosidad y de la densidad del aire ambiente y su método de uso, que es un dispositivo versátil y transportable que aúna en un mismo aparato las funcionalidades de un viscosímetro y un densímetro, y que está configurado entre otros para la obtención del valor de la viscosidad cinemática y la densidad del aire húmedo existente en el ambiente, mediante la cuantificación de la respuesta física del dispositivo, basado en el principio físico que relaciona el movimiento del aire y sus cualidades ambientales, siendo todo ello obtenido gracias a que tiene la particularidad de comprender un rotor vertical alojado en su interior junto a los medios que aseguran que el aire adquiera una única componente horizontal en su paso por la zona interna del dispositivo.

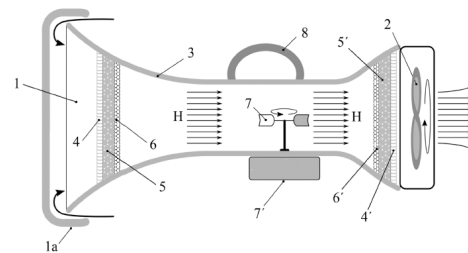


FIG.1

ES 2 746 942 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.  
Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

## DESCRIPCIÓN

### **DISPOSITIVO PARA LA MEDICIÓN DE LA VISCOSIDAD Y DENSIDAD DEL AIRE AMBIENTE Y MÉTODO DE USO**

5

El objeto de la presente invención es un dispositivo con el que se obtiene la medición de la viscosidad y de la densidad del aire ambiente y su método de uso, que está configurado entre otros para la obtención del valor de la viscosidad cinemática y la densidad del aire húmedo existente en el ambiente mediante la cuantificación de la respuesta física del dispositivo, basado en el principio físico que relaciona el movimiento del aire y sus cualidades ambientales, gracias al giro de un dispositivo alojado en su interior.

10

### **CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION**

15

La presente invención está referida a un método y un dispositivo para la medición de la viscosidad cinemática y la densidad del aire y, más concretamente, un dispositivo portátil que podría instalarse en estaciones meteorológicas de forma provisional o definitiva, y que facilita el valor de la viscosidad cinemática y la densidad del aire existente en su entorno.

20

### **ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR**

Un viscosímetro (denominado también viscosímetro) es un instrumento empleado para medir la viscosidad y algunos otros parámetros de flujo de un fluido. Fue Isaac Newton el primero en sugerir una fórmula para medir la viscosidad de los fluidos, postuló que dicha fuerza correspondía al producto del área superficial del líquido por el gradiente de velocidad, además de producto de un coeficiente de viscosidad. En 1884 Jean Leonard Marie Poiseuille mejoró la técnica estudiando el movimiento de líquidos en tuberías.

30

En cuanto a los tipos de viscosímetros conocidos en la actualidad, todos miden la viscosidad en líquidos, y son muy conocidos en el estado de la técnica. Así, tenemos los viscosímetros de fluidos basados en la cuantificación de la energía de vibración, como el descrito en US3903732A. Los viscosímetros basados en capilaridad (para líquidos) se describen, por ejemplo, en US3435665A. Un viscosímetro supersónico de

35

torsión se describe, por ejemplo, en US3942052A. Un viscosímetro de torsión se describe, por ejemplo, en US2096222A. Los viscosímetros de líquidos por rotación se describen, por ejemplo, en US2354299A. Finalmente, los viscosímetros para líquidos guardados en tanques se describen, por ejemplo, en US3782173A.

5

No existen en la actualidad dispositivos que midan la viscosidad cinemática del aire ambiente de forma experimental fuera de un laboratorio, ya que en laboratorio se miden fluidos confinados a presiones y temperaturas que suelen ser distintas de las ambientales. En general la mayoría de los viscosímetros existentes en el mercado son para líquidos.

10

Para la medida de la viscosidad del aire a temperatura ambiente se utilizan hoy en día barómetros, higrómetros y termómetros para gases en combinación. La combinación de dichas medidas permite calcular la densidad, la viscosidad dinámica y la viscosidad cinemática del aire ambiente mediante distintas fórmulas como la ecuación de Ferrel [6], la viscosidad dinámica de Mason y Monchick [7], la cual fue validada experimentalmente por Kestin y Whitelaw [8], mediante un viscosímetro de disco oscilante [9], [10]; pero ninguna de ellas plantea una medida directa de la viscosidad cinemática del aire húmedo.

15

20

La viscosidad cinemática del aire ambiente es una magnitud cuya medida es del interés de diversas áreas como, por ejemplo, la calibración de micrófonos y la cuantificación de la velocidad del sonido en el aire. La densidad del aire influye en la medición de curvas de potencia y en la cuantificación de la producción anual de energía de los generadores eólicos; los estudios de aerodinámica; la corrección de medidas de viento con anemómetros y estudios estadísticos de probabilidad de viento; y la calibración más precisa de anemómetros.

25

De forma general la viscosidad cinemática se necesita para cuantificar el efecto de la fricción en los movimientos que tienen lugar en el seno del aire ambiente como fluido. Sin embargo, hasta ahora, su medida ha sido siempre realizada en laboratorio y mediante una estimación indirecta de la misma, por lo que resulta necesario establecer un método y un dispositivo para la medida directa de la misma.

30

Lo anteriormente definido para viscosímetros es aplicable de forma parecida para

35

densímetros; la densidad del aire se mide mediante la ecuación CIPM-2007 [11], o alguna simplificación de la misma, basada en la humedad, la temperatura y la presión barométrica, pero el dispositivo propuesto consigue una medida directa de la densidad del aire húmedo.

5

Habida cuenta de los dispositivos conocidos y la problemática existente en este campo de la técnica, la presente invención presenta un dispositivo versátil que aúna en un único aparato la posibilidad de medición in situ de la viscosidad y densidad del aire, es decir, aúna en un mismo aparato un viscosímetro y un densímetro de aire ambiente con el que se pueden obtener todos los valores de densidad y viscosidad del aire ambiente, y para ello es preciso también definir el método de uso del mismo con el que se obtienen precisamente dichos valores. El dispositivo objeto de la presente invención, a diferencia de los viscosímetros y densímetros conocidos utilizados para experimentación en laboratorios o lugares predefinidos, también tiene la ventaja de ser un aparato versátil y transportable, y que está sujeto a poder ser utilizado en cualquier ubicación.

10

15

## **EXPLICACIÓN DE LA INVENCION**

El objeto de la presente invención es un dispositivo para la medición de la viscosidad y densidad del aire ambiente, es decir, puede considerarse como un densímetro/viscosímetro integrado, y su método de uso que mide experimentalmente la viscosidad cinemática y la densidad del aire ambiente que le rodea, que en realidad es un aire húmedo.

20

25

El dispositivo de la presente invención es un aparato transportable y versátil en cuanto a su ubicación, dado que el presente dispositivo se sujeta en la mano o puede instalarse en cualquier lugar donde sea necesario conocer la viscosidad y/o la densidad del aire.

30

35

Es otro objeto de la invención obtener el valor de la viscosidad cinemática y la densidad del aire húmedo existente en el ambiente mediante la cuantificación de la respuesta física del equipo- Todo ello de acuerdo con el dispositivo de la reivindicación 1. En reivindicaciones dependientes se muestran aspectos adicionales y/o realizaciones particulares del dispositivo de la reivindicación 1. Por otro lado, en un segundo aspecto de la invención, el método para la medición de la viscosidad del aire se describe en la reivindicación 7. En las reivindicaciones dependientes de ésta se describen

realizaciones particulares del método de la invención.

Más concretamente, el dispositivo para la medición de la viscosidad del aire que estando configurado para tomar el aire de su entorno a través de una cámara de entrada  
 5 parcialmente cerrada por una tapa y que dispone de una tobera que comprende un primer extremo, donde queda situada la cámara y un segundo extremo opuesto al primero, donde está instalado un extractor configurado para hacer circular por el interior de la tobera una corriente de aire a una velocidad uniforme; y donde a continuación de la cámara de entrada de aire se dispone de unos medios configurados para que el aire  
 10 adquiera una única componente horizontal y que se caracteriza porque en la zona central de la sección de paso de la tobera se dispone un rotor vertical configurado para que rote exclusivamente por la acción del paso del aire y conectado con un sensor de medida de la rotación del rotor vertical.

15 Por otro lado, el método para la medición de la viscosidad del aire que estando implementado mediante un dispositivo como el descrito previamente comprende las etapas de:

succionar el aire del entorno de una tobera y forzar el paso del aire succionado por dicha tobera a una velocidad uniforme y con un único componente  
 20 horizontal, de tal forma que se accione un rotor vertical por la acción exclusiva del paso de la corriente de aire;

establecer la velocidad de paso del aire y la frecuencia de rotación del rotor vertical accionado exclusivamente por el paso de la corriente de aire; y  
 calcular la viscosidad cinemática, la densidad y la viscosidad dinámica del aire  
 25 succionado mediante las siguientes fórmulas matemáticas:

$$\rho = \frac{\frac{V - c_2}{f} + c_3}{c_4}, \quad (1)$$

$$v = \frac{c_1}{\frac{V - c_2}{f} + c_3}, \quad (2)$$

$$\mu = \rho \cdot v, \quad (3)$$

30 La principal ventaja de la invención radica en que se trata de unas medidas directas de un efecto físico y, por tanto, reduce la incertidumbre de los valores de las magnitudes obtenidas. Por otro lado, gracias a que tiene un tamaño mediano con un peso

relativamente bajo, provoca que el dispositivo aquí preconizado, pueda ser fácilmente manipulable y emplearse en una modalidad portátil, pudiendo ser instalado de forma permanente, de igual forma.

5 Ejemplo de esto, sería la instalación del dispositivo en estaciones meteorológicas de forma provisional o definitiva y que facilita el valor de la viscosidad y la densidad del aire existente en su entorno, otros dispositivos están diseñados para mediciones de muestras confinadas, y por tanto están ideados para utilizarse en un laboratorio.

10 El único requisito que deberá cumplir en ambos casos (instalación permanente y/o portátil), radicará en la necesidad de que el mismo se encuentre nivelado, ya que es necesario que el elemento giratorio del interior esté en posición vertical, con un pequeño margen de error, por ello se dota al mismo de un nivel

15 De igual forma, es necesario que esté conectado a un suministro de corriente eléctrica, ya que utiliza la electricidad para hacer girar el ventilador de su interior. Si se usase de forma portátil para lecturas puntuales puede ser alimentado con una pequeña batería, siempre que las variaciones de carga de la misma no alteren el funcionamiento del ventilador.

20 El equipo aquí descrito mide mediante cuantificación directa de un fenómeno físico la viscosidad cinemática y la densidad del aire, pero además puede completarse con otros dispositivos como termómetro y/o un higrómetro, para medir forma simultánea otras magnitudes físicas del aire ambiente

25 Aporta medidas de forma instantánea, específicas del lugar concreto donde se realiza la medición. Esto es necesario, en la práctica, para numerosas aplicaciones relacionadas con medida de viento, de velocidad del sonido o cuantificación de curvas de potencia de generadores eólicos, ya que necesitan valores de viscosidad y densidad  
30 del aire en lugares y momentos concretos. Finalmente, el equipo podría adaptarse para cuantificar la viscosidad cinemática y la densidad de cualquier otro gas que no sea aire húmedo.

Igualmente, es importante destacar que en la electrónica del dispositivo es  
35 recomendable que cuente con función de memoria del máximo número de lecturas,

acompañadas de fecha y hora. Se puede complementar con todo tipo de funcionalidades propias de los equipos de medición, medias móviles de las últimas 10 lecturas, cambio de unidades, grabar lecturas puntuales a petición del usuario. En este sentido está pensado para aportar medidas de densidad y viscosidad como mucho cada  
5 minuto, ya que en aplicaciones ambientales la densidad y la viscosidad varían lentamente con el tiempo y las variaciones en cada minuto serán mínimas. Del mismo modo está pensada para que avise cuando los filtros estén sucios o cuando la batería en caso de utilizarse baje su nivel de potencia. Otro aspecto importante es la conectividad de la electrónica, dado que está pensada para que facilite datos vía  
10 inalámbrica, y que además cuente con salidas de extendido uso en la actualidad, como conexiones USB o conexiones compatibles con móviles. Finalmente, puesto que el equipo puede funcionar en una estación meteorológica se puede integrar como un único dispositivo con otros dispositivos como termómetros o anemómetros, por lo que se puede ver que el dispositivo objeto de la presente invención es un aparato versátil.

15 A lo largo de la descripción y de las reivindicaciones, la palabra «comprende» y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la invención y en parte de la práctica de la  
20 invención. Los siguientes ejemplos y dibujos se proporcionan a modo de ilustración y no se pretende que restrinjan la presente invención. Además, la invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas.

### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

25 A continuación, se pasa a describir de manera muy breve un dibujo que ayuda a comprender mejor la invención y que se relaciona expresamente con una realización de dicha invención, que se ilustra como un ejemplo no limitativo de ésta.

30 La FIG.1 muestra una vista esquematizada del dispositivo para la medición de la viscosidad y densidad del aire ambiente objeto de la presente invención.

### **EXPLICACIÓN DE UN MODO DETALLADO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION**

35 Tal y como se puede apreciar en la figura adjunta, el dispositivo para la medición de la

viscosidad y densidad del aire ambiente consiste en un equipo que está configurado para tomar el aire de su entorno a través de una cámara de entrada (1) cerrada parcialmente por una tapa (1a).

5 A continuación, se hace circular el aire a una velocidad predeterminada -gracias al extractor (2)- por una tobera (3), pasando en primer lugar por una rejilla de protección (4), una esponja (5) y una malla hexagonal (6) de tipo panal de abeja, que en conjunto actúan como unos medios configurados para que el aire adquiera una única componente horizontal (H).

10

Posteriormente, el aire se acelera en la tobera (3) -debido a que tiene una estructura de tubo de Venturi- y que además cuenta con la particularidad de uniformizar la velocidad de flujo en la sección de paso. La estructura de la tobera (3) es una mejora a escala del túnel de viento de Eiffel [5].

15

Aproximadamente en la zona central de la tobera (3) se dispone un rotor vertical (7) configurado para que rote por la acción del aire. Es importante que la sección de paso de aire sea constante en la zona donde se disponga el dispositivo mecánico, ya que de este modo se garantiza que la velocidad de flujo sea constante durante el proceso de  
20 medida.

20

El rotor vertical (7) gira por efecto del flujo de aire que lo rodea. La naturaleza del movimiento debe ser de tipo arrastre, es decir, que no debe girar por efecto de una sustentación aerodinámica, sino que el diferencial de arrastre del flujo de aire el origen  
25 del movimiento rotatorio. Para ello, el rotor vertical (7) puede ser una turbina de Savonius, como se describe por ejemplo en [1] o un anemómetro de cucharilla como se describe, por ejemplo, en [2,3].

25

El aire, finalmente, pasa por un extractor (2) que lo succiona, facilitando la circulación  
30 del aire por el dispositivo y devolviéndolo a la atmósfera. En una realización preferente de la invención, el dispositivo puede comprender previo a la salida del aire a la atmósfera que hace que el aire vuelva a pasar por una rejilla de protección (4'), una esponja (5') y una malla hexagonal (6') de tipo panal de abeja que redirija de nuevo el aire del rotor vertical (7) hacia el extractor (2).

35



El dispositivo se completa con un sensor de nivel (no mostrado) que garantiza que el rotor vertical (7) quede perfectamente vertical en el momento de la tomas de datos, ya que de lo contrario, podrían falsearse las medidas. El dispositivo comprende un módulo o placa electrónica (7') de gestión de tomas de medidas. En este sentido, es necesario  
 5 implementar un contador de revoluciones del rotor vertical, también denominado tacómetro (7). Esta medida puede ser una lectura óptica o electrónica, de tal forma que, conocida la velocidad del flujo del aire y la frecuencia de rotación del rotor vertical (7) se puede determinar la viscosidad cinemática y la densidad del aire que acciona el citado rotor vertical (7).

10

La clave es que el giro del anemómetro varía con la viscosidad y la densidad del aire, y esto permite que de manera novedosa puedan conocerse los detalles de la relación entre giro del anemómetro, densidad y viscosidad. Ya que, para la misma velocidad del rotor (7) si la densidad del aire es mayor, el dispositivo del interior girará más despacio,  
 15 por el contrario, si la densidad del aire es menor el rotor (7) girará más rápido.

Con la viscosidad cinemática sucede a la inversa, cuanto mayor sea la viscosidad cinemática más rápido girará, y si la viscosidad cinemática disminuye bajará el número de revoluciones por minuto.

20

Por tanto, midiendo la velocidad de giro del rotor (7), se podrá determinar experimentalmente la densidad del aire húmedo y su viscosidad.

Internamente la electrónica hará el cálculo con las siguientes fórmulas matemáticas:

25

$$\rho = \frac{\frac{V - c_2}{f} + c_3}{c_4}, \quad (1)$$

$$v = \frac{c_1}{\frac{V - c_2}{f} + c_3}, \quad (2)$$

$$\mu = \rho \cdot v, \quad (3)$$

30

Donde  $\rho$  es la densidad,  $v$  es la viscosidad cinemática, y  $\mu$  es la viscosidad dinámica;  $V$  es la velocidad del aire en el interior del aparato (dato), y  $f$  es la frecuencia de rotación del dispositivo giratorio situado en el interior (se mide *in situ*). Y donde  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $c_3$ ,  $c_4$  son constantes que se obtienen en un proceso de calibración del equipo, que es particular

para cada dispositivo, y están programadas en el módulo electrónico (7') del dispositivo.

El método de medición de densidad de aire húmedo propuesto aporta un método que podría validarse como alternativo al establecido por la Comisión Internacional de Pesas y Medidas (CIPM-2007) [11], con la ventaja de que el aquí planteado es resultado directo de un fenómeno físico, y puede ser calibrado con una muestra de densidad conocida lo cual podría suponer una reducción de la incertidumbre

Adicionalmente, el dispositivo tiene la característica de poder ser transportable, por tanto, puede comprender al menos un asidero o mango de transporte (8) en la parte externa de la tobera (3).

**Ejemplos de realización**

En un ejemplo de realización de la invención, se tiene un dispositivo giratorio de 13cm de diámetro, utilizado con un ventilador de 5m/s, las constantes del dispositivo se aportan en la siguiente tabla. La frecuencia de rotación variará por efecto de los parámetros ambientales, pero para un rotor de 13 cm oscilará en torno a 30 rad/s.

$c_1 = 1.523 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$	$c_2 = 0.3313 \text{ m/s}$
$c_3 = 0.8316 \text{ m}$	$c_4 = 0.8315 \text{ m}^4/\text{kg}$

Si se usa el dispositivo con las constantes de calibración que se facilitan en la tabla, y considerando por ejemplo que el aparato se construye con un ventilador que consigue velocidad constante 5m/s, el aparato mediría del siguiente modo:

Si por ejemplo el tacómetro indica 286.6 rpm, es decir  $f=30 \text{ rad/s}$ , entonces las ecuaciones (1), (2) y (3), quedarían:

$$\rho = \frac{\frac{V - 0.3313}{f} + 0.8316}{0.8315} = \frac{\frac{5 - 0.3313}{30} + 0.8316}{0.8315} = 1.187 \text{ kg/m}^3$$

$$v = \frac{1.523 \cdot 10^{-5}}{\frac{V - 0.331}{f} + 0.8316} = \frac{1.523 \cdot 10^{-5}}{\frac{5 - 0.331}{30} + 0.8316} = 1.5427 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\mu = \rho \cdot v = 1.8312 \cdot 10^{-5} \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$$

Si por ejemplo el tacómetro indica 334.4 rpm, es decir  $f=35$  rad/s, entonces las ecuaciones (1), (2) y (3), quedarían:

$$\rho = \frac{\frac{V - 0.3313}{f} + 0.8316}{0.8315} = \frac{\frac{5 - 0.3313}{35} + 0.8316}{0.8315} = 1.160 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$v = \frac{\frac{1.523 \cdot 10^{-5}}{V - 0.331} + 0.8316}{f} = \frac{\frac{1.523 \cdot 10^{-5}}{5 - 0.331} + 0.8316}{35} = 1.578 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

10

$$\mu = \rho \cdot v = 1.8305 \cdot 10^{-5} \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$$

Si por ejemplo el tacómetro indica 238.85 rpm, es decir  $f=25$  rad/s, entonces las ecuaciones (1), (2) y (3), quedarían:

15

$$\rho = \frac{\frac{V - 0.3313}{f} + 0.8316}{0.8315} = \frac{\frac{5 - 0.3313}{25} + 0.8316}{0.8315} = 1.2247 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$v = \frac{\frac{1.523 \cdot 10^{-5}}{V - 0.331} + 0.8316}{f} = \frac{\frac{1.523 \cdot 10^{-5}}{5 - 0.331} + 0.8316}{25} = 1.495 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

20

$$\mu = \rho \cdot v = 1.8309 \cdot 10^{-5} \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$$

Referencias:

25

[1] US1766765A. 24-06-1930

[2] T.R. Robinson, "On a new anemometer", *Proc. R. Ir. Acad.* 3 (1847), 566-72

[3] US3020963A

[4] S. Pindado, A. Sanz, A. Wery, "Deviation of cup and propeller anemometer calibration results with air density". *Energies* 5 (2012) 683-701

30

[5] FR21631E. 29-Nov-1917

[6] C.F. Marvin. *Psychometrics Tables*, US Dept of Commerce Weather Bureau Publication n°235 (1941)

[7] E.A. Mason et Al. "Survey of the equation of state and transport properties of moist gases, *Humidity and Moisture: Measurement and Control in Science and Industry*",  
5 *Reinhold: New York* 3 (1965), 257-272

[8] J. Kestin et Al. "The viscosity of dry and humid air" *International Journal of Heat and Mass Transfer* 7, 11 (1964) 1245-1255.

[9] J. Kestin "Experimental determination of the viscosity and thermal conductivity of fluids, *Physics and Chemistry of the Earth*" Part IV: *Experimental method and apparatus*.  
10 *Volumes 13-14* (1981), 295-319

[10] US2354299. 11-06-1941.

[11] A. Picard et Al. "Revised formula for the density of moist air (CIPM-2007)",  
*Metrologia*, 45 (2008) 149-155.

15

20

25

## REIVINDICACIONES

1.- Dispositivo para la medición de la viscosidad y densidad del aire ambiente que está configurado para tomar el aire de su entorno a través de una cámara de entrada  
5 (1) parcialmente cerrada por una tapa (1a) y que comprende una tobera (3) que comprende un primer extremo, donde queda situada la cámara (1) y un segundo extremo opuesto al primero, donde está instalado un extractor (2) configurado para hacer circular por el interior de la tobera (3) una corriente de aire a una velocidad uniforme; y donde a continuación de la cámara (1) de entrada de aire se dispone de  
10 unos medios configurados para que el aire adquiera una única componente horizontal (H) y que se caracteriza porque en la zona central de la sección de paso de la tobera (3) se dispone un rotor vertical (7) configurado para que rote exclusivamente por la acción del paso del aire y conectado con un sensor de medida de la rotación del rotor vertical (7).

15

2.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 donde los medios configurados para que el aire adquiera una única componente horizontal (H) comprenden una rejilla de protección (4), una esponja (5) y una malla hexagonal (6) de tipo panal de abeja.

20

3.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2 donde el rotor vertical (7) es una turbina de Savonius o un anemómetro de cucharilla.

4.- Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 que comprende un medidor de nivel.

25

5.- Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 que comprende unos medios previos a la salida del aire a la atmósfera y que redirigen el aire hacia el extractor (2), los cuales comprenden una rejilla de protección (4'), una esponja (5') y una malla hexagonal (6') de tipo panal de abeja.

30

6.- Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 que comprende al menos un mango de transporte (8) en la parte externa de la tobera (3).

7.- Un método de uso del dispositivo descrito en una cualquiera de las  
35 reivindicaciones 1 a 6 comprende las etapas de:

succionar el aire del entorno de una tobera (3) y forzar el paso del aire succionado por dicha tobera (3) a una velocidad uniforme y con un único componente horizontal, de tal forma que se accione un rotor vertical (7) por la acción exclusiva del paso de la corriente de aire;

5 establecer la velocidad de paso del aire y la frecuencia de rotación del rotor vertical (7) accionado exclusivamente por el paso de la corriente de aire; y

calcular la densidad y la viscosidad del aire succionado mediante las siguientes ecuaciones:

$$10 \quad \rho = \frac{\frac{V - c_2}{f} + c_3}{c_4}, \quad (1)$$

$$v = \frac{c_1}{\frac{V - c_2}{f} + c_3}, \quad (2)$$

$$\mu = \rho \cdot v, \quad (3)$$

15 donde  $\rho$  es la densidad,  $v$  es la viscosidad cinemática, y  $\mu$  es la viscosidad dinámica;  $V$  es la velocidad del aire en el interior del aparato (dato), y  $f$  es la frecuencia de rotación del dispositivo giratorio situado en el interior (se mide *in situ*); y donde  $c_1, c_2, c_3, c_4$  son constantes de calibración del equipo.

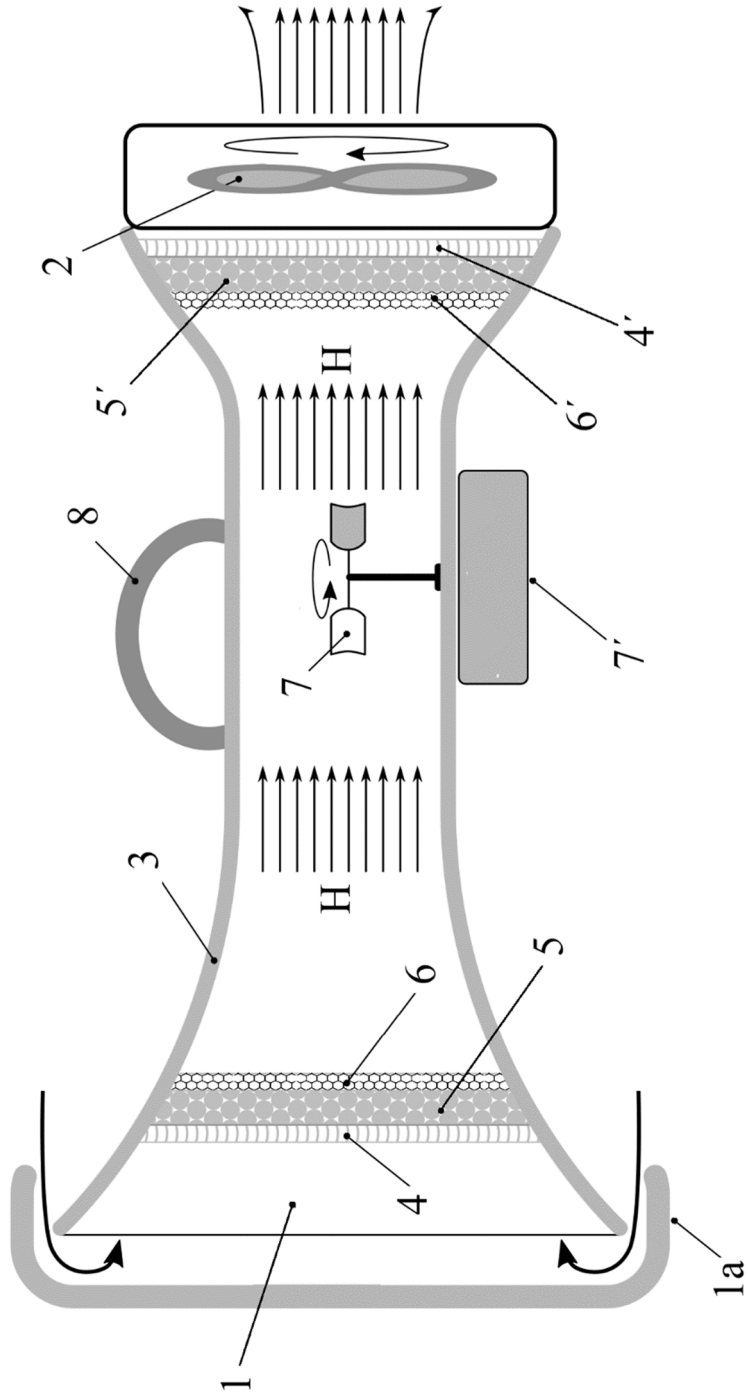


FIG. 1