

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 615 504**

21 Número de solicitud: 201500767

51 Int. Cl.:

G01N 15/06 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

21.10.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

07.06.2017

Fecha de la concesión:

05.04.2018

45 Fecha de publicación de la concesión:

12.04.2018

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2016/000115

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE SEVILLA (100.0%)
Pabellón de Brasil, Po. de las Delicias s/n
41012 Sevilla (Sevilla) ES**

72 Inventor/es:

**CANO PALACIOS , Mercedes ;
NAVARRETE RUBIA , Benito ;
PLUMED RUBIO , Antonio ;
VEGA BORRERO , Fernando ;
ALONSO FARIÑAS , Bernabé ;
MORIANA MORALES , Rafael y
CAMINO FERNÁNDEZ , José Antonio**

54 Título: **Dispositivo para determinar la concentración de partículas condensables y filtrables por muestreo isocinético en fuentes estacionarias**

57 Resumen:

La presente invención tiene por objeto un dispositivo que permite la determinación de la concentración de las partículas condensables presentes en las emisiones de fuentes estacionarias mediante método de muestreo por dilución, así como la concentración de partículas filtrables por muestreo isocinético en simultáneo y/o de manera independiente.

Se encuadra en el campo de la tecnología energética y ambiental, concretamente en el sector de la medida y control de la contaminación atmosférica.

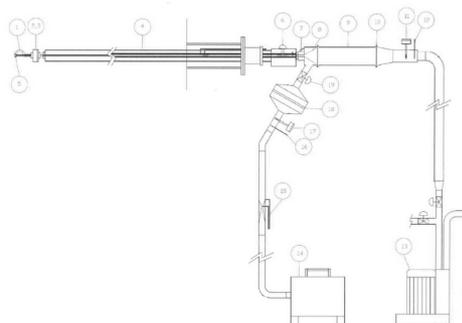


Figura 1

ES 2 615 504 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP 11/1986.

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para determinar la concentración de partículas condensables y filtrables por muestreo isocinético en fuentes estacionarias.

5 OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención tiene por objeto un dispositivo que permite la determinación de la concentración de las partículas condensables presentes en las emisiones de fuentes estacionarias mediante método de muestreo por dilución, así como la concentración de partículas filtrables por muestreo isocinético en simultáneo y/o de manera
10 independiente.

Se encuadra en el campo de la tecnología energética y ambiental, concretamente en el sector de la medida y control de la contaminación atmosférica.

ESTADO DE LA TÉCNICA

15 A lo largo de los últimos 30 años, se han elaborado diversos estudios a escala internacional que han puesto de manifiesto la importante problemática medioambiental asociada al aumento de la concentración de partículas finas en el aire y su incidencia sobre la salud humana.

Es necesario considerar que el término material particulado atmosférico es un
20 concepto amplio que engloba tanto las partículas en suspensión, como las partículas sedimentables (diámetro > 20 µm), caracterizadas estas últimas por un corto tiempo de residencia en la atmósfera. Las dimensiones de las partículas en suspensión son variables, algunas de estas partículas como son las de polvo, hollín, humo y neblinas son apreciables a simple vista, sin embargo otras son tan pequeñas que para
25 detectarlas es necesaria la utilización de un microscopio electrónico.

Puntualizando, más en la línea de la definición de partículas emitidas por fuentes estacionarias de grandes procesos de combustión, se entienden como fuente estacionaria toda instalación o actividad establecida en un sólo lugar, que desarrolle
30 operaciones o procesos industriales, que emitan contaminantes a la atmósfera, el agua o el suelo. Atendiendo a una clasificación más específica de las partículas, se puede distinguir:

a) Materia particulada filtrable (MPF) es la fracción particulada (estado sólido o líquido) formada a temperatura del gas en chimenea y que puede ser retenida en un filtro (EPA. Method 202-Dry Impinger Method for Determining Condensable Particulate Emissions from Stationary Sources. 2010) y que se pueden capturar con sistemas de medidas de partículas estándar, tales como el método 5 o 17 de la EPA (Method 5. Determination of Particulate Matter Emissions from Stationary. Method 17. Determination of Particulate Matter Emissions From Stationary) o el europeo UNE-EN 13284:2002 (Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de partículas a baja concentración. Parte 1: Método gravimétrico manual).

b) Materia particulada condensable (MPC), por definición según el organismo Environmental Protection Agency (EPA) de Estado Unidos, es la materia que en condiciones de chimenea se encuentra en fase vapor, pero que condensa y/o reacciona tras enfriamiento y dilución en el aire ambiente para formar partículas sólidas o líquidas inmediatamente después de la descarga de chimenea. Actualmente para la medida de MPC se pueden usar diferentes sistemas de captura, tales como los definidos en el método 202 (absorbedores) (Method 202-Dry Impinger Method for Determining Condensable Particulate Emissions from Stationary Sources. 2010) o en el método ISO 25597:2013 (dilución) (Stationary source emissions. Test method for determining PM_{2,5} and PM₁₀ mass in stack gases using cyclone samplers and sample dilution).

Un estudio elaborado por la Environmental Protection Agency (EPA) en 1983, puso de manifiesto el interés por conocer la contribución de fuentes estacionarias a las emisiones de partículas como partículas condensables, en este sentido la organización, realizó un informe en el que se pone de relieve la importancia cuantitativa de las emisiones de partículas condensables frente a las filtrables (EPA. Estimation of the importance of condensed particulate matter to ambient particulate levels. 1983). Otros estudios como el publicado por el programa Clean Air for Europe (CAFE) en Mayo 2004, puso de manifiesto en sus conclusiones el riesgo que presentan para la salud la existencia de partículas inhalables en el ambiente, y sugirió la imposición de límites a las emisiones de PM₁₀ y el control de la concentración de

PM2,5 (Amann M, Bertok I, Cofala J, Gyarmas F, Heyes C, Klimont Z, et al. Two Draft Baseline Scenarios for the Clean Air for Europe (CAFE) Program Part 1: Explanatory notes Note: 2004; (May):1–29). Según normativa ISO 25597:2013, las partículas PM10 pueden definirse como la masa de partículas que atraviesa un cabezal de tamaño selectivo para un diámetro aerodinámico de 10 µm con una eficiencia de corte del 50 %. La misma definición para cabezales de corte de 2,5 µm y 0,1 µm se aplica para PM2,5 y PM0,1, respectivamente (ISO 25597:2013. Stationary source emissions. Test method for determining PM2,5 and PM10 mass in stack gases using cyclone samplers and sample dilution.).

En este sentido, un creciente aumento en el interés, principalmente en los últimos años, de los países industrializados por esta problemática, conduce a la consideración y desarrollo de una legislación cada vez más estricta y rigurosa en materia de emisiones de partículas finas. Sobre este particular, cabe destacar, que los actuales controles de PM2,5 e inferiores efectuados por la Comunidad Europea en las grandes instalaciones de combustión no están teniendo en cuenta el impacto provocado por emisiones de las partículas PM2,5 e inferiores clasificadas como partículas condensables y que estarían englobadas en este subgrupo. Sólo se determinan las partículas filtrables, dejando a un lado las condensables (Lee SW. Fine particulate matter measurement and international standardization for air quality and emissions from stationary sources. Fuel. Elsevier; 2010;89(4):874–82).

Los métodos de referencia actuales para toma de muestra de partículas filtrables tales como el método americano EPA Method 5 “Determination of particulate matter emissions from stationary sources”, el método ISO 9096:2003 “Stationary source emissions. Manual Determination of mass concentration of particulate matter” y el método europeo UNE-EN 13284-1:2001 “Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de partículas a baja concentración. Parte 1: Método gravimétrico manual” permiten determinar la concentración de partículas en focos estacionarios mediante técnicas de filtración en caliente. Debido a esta técnica de toma de muestra, la fracción de partículas primarias determinadas no incluye por definición la fracción de partículas condensables, de tal manera que la masa de MPC no está incluida generalmente en el cálculo de los factores de emisión de materia particulada.

Se hace necesario pues, distinguir entre los distintos sistemas que existen en la actualidad para cuantificar las emisiones de partículas condensables. Sobre este

particular, se han desarrollado a lo largo de los últimos años, diferentes métodos de toma de muestra de partículas condensables en fuentes estacionarias. Cabe diferenciar principalmente entre los métodos basados en la captación de partículas condensables en absorbedores (p.ej, EPA Method 202), que emplean una solución captadora en baño con hielo para producir la condensación y captación de partículas condensables, y los métodos basados en sistemas de dilución y captación de partículas condensables generadas sobre filtros, mediante extracción de una muestra de la corriente de gases objeto de estudio, dilución de la misma con aire ambiente purificado (prefiltrado y deshumidificado) o gases comprimidos puros generando un entorno gaseoso con una composición similar a las de penachos reales o gases de escape (p.ej, EPA Conditional Test Method CTM-039), siendo este último, el sistema de muestreo que mayor auge está teniendo, puesto que representa fielmente las condiciones de generación de las partículas condensables en el penacho cuando se difunde en la atmósfera, frente a la problemática de aparición de interferencias que se genera mediante el uso de absorbedores, ya que, tienden a sobreestimar las emisiones de partículas condensables, debido a que ciertas especies gaseosas reaccionan con la solución absorbente quedando retenidas en ésta y por tanto son susceptibles de ser medidas como partículas condensables.

En este contexto y teniendo en cuenta la dificultad que presentan los métodos de muestreo de partículas condensables para cuantificar con exactitud y repetibilidad sus emisiones, se recurre a métodos de muestreo basados en sistemas de dilución.

Recientemente el organismo International Organization for Standardization (ISO) ha desarrollado una norma internacional, ISO 25597:2013 para el muestreo y análisis de emisiones en fuentes estacionarias mediante el uso de ciclones para la medida de partículas PM_{2,5} y PM₁₀. Esta norma internacional proporciona una metodología para medida de partículas filtrables y condensables usando un tren de muestreo por dilución pero en la actualidad no existe un diseño que permita realizar la determinación de partículas condensables de forma independiente con respecto a las partículas filtrables en fuentes estacionarias.

La presente invención trata de resolver la imposibilidad actual de cuantificar, de forma exclusiva las partículas condensables presentes en las emisiones de fuentes estacionarias, permitiendo así, la posibilidad de estudiar las problemáticas medioambientales generadas por éstas y las acciones a realizar para su abatimiento.

La presente invención proporciona la posibilidad de determinar partículas condensables en fuentes estacionarias mediante un tren de muestreo compacto y fácilmente transportable, y que permite como principal novedad eliminar la interferencia producida por cuantificar como condensables las posibles partículas filtrables PM_{2,5} e inferiores que hayan superado el ciclón PM_{2,5} que propone la normativa vigente ISO 25597:2013 o el método condicional CTM-039, además de proporcionar la oportunidad de cuantificar en las emisiones la concentración de MPF en simultáneo y de manera independiente a la MPC.

10

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura 1.- Esquema de cada uno de los principales elementos que componen el tren de muestreo de MPC/MPF de acuerdo con la invención. Componentes:

- 15
- (1) Juego de boquillas.
 - (2) Juego portafiltros planos acero inoxidable.
 - (3) Juego portafiltros dedal acero inoxidable.
 - 20 (4) Sonda isocinética MPC.
 - (5) Sensor de temperatura de chimenea.
 - (6) Válvula regulación caudal gas de muestra.
 - (7) Portacono de mezcla
 - (8) Cono mezcla
 - 25 (9) Cámara de residencia.
 - (10) Portafiltro MPC 70.
 - (11) Sensor de temperatura gas mezcla.
 - (12) Sensor de humedad.
 - (13) Soplante de aspiración.
 - 30 (14) Deshumidificador.
 - (15) Venturi aire dilución.
 - (16) Sensor de temperatura venturi aire.
 - (17) Sensor humedad.
 - (18) Filtro HEPA.
 - 35 (19) Válvula regulación aire.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

5

La presente invención tiene por objeto un dispositivo compuesto por boquillas (1), portafiltros para MPF (2,3), sonda isocinética MPC (4), cono (8) y portacono (7) de mezcla, cámara de residencia (9), portafiltros para MPC (10), soplante de aspiración (13), elementos de control (5,6,11,12), deshumidificador (14), venturi de aire de dilución (15), filtro HEPA (18) y elementos auxiliares de control (16,17,19), para la determinación simultánea y/o independiente de las emisiones de materia particulada condensable (MPC) mediante muestreo por dilución y la determinación de partículas filtrables (MPF) mediante el uso de un portafiltros en chimenea en fuentes estacionarias durante un mismo ensayo de toma de muestra. Este dispositivo permite la cuantificación de MPC eliminando las interferencias producidas por MPF, además de cuantificar el total de las partículas emitidas como suma de MPF y MPC.

Las partículas condensables son generadas mediante enfriamiento y condensación del gas de muestra extraído de la chimenea con aire ambiente debidamente acondicionado.

La concentración de partículas filtrables es determinada mediante muestreo isocinético y captación de partículas mediante filtro en chimenea.

25 El dispositivo permite:

1. Determinación isocinética en simultáneo de forma exclusiva e independiente de MPF y MPC.
2. Determinación exclusiva de MPC.
3. Determinación isocinética exclusiva de MPF.

30

En el caso 2 no es requerido el muestreo isocinético. Debido a que las partículas condensables por definición se encuentran en fase vapor en condiciones de chimenea, el isocinetismo no debe de afectar a la medida de éstas, dado que en la boquilla de muestreo la MPC no se comporta como partículas sino como gas.

35

La figura 1 muestra un listado de cada uno de los principales componentes. La clasificación de los principales elementos se realizará distinguiendo entre

componentes que conforman la línea de gas de muestra (1-13), y los que constituyen la línea de aire de dilución (14-19).

5 Las partículas presentes en las emisiones de fuentes estacionarias pueden ser muestreadas isocinéticamente mediante el uso de la sonda isocinética MPC (4) que además lleva incorporado un sensor para la determinación de la temperatura de los gases de chimenea (5). Durante un muestreo, el gas problema es filtrado mediante un filtro para MPF alojado en un portafiltros (2,3) dispuesto en cabeza de la sonda y dentro del conducto por el que circula el gas a muestrear. Una vez filtrada la alícuota
10 extraída de éste, el caudal de gas es regulado usando una válvula (6) y es vehiculado a través de la línea calefactada de la sonda donde se determinará el caudal de aspiración mediante la lectura de presión diferencial en el venturi incorporado en la sonda. Posteriormente el gas pasa al conjunto portacono-cono de mezcla (7,8) donde se inyecta aire atmosférico a un caudal medido mediante un venturi (15) y regulado
15 por una válvula (19). Este aire proviene de un deshumidificador (14) y ha sido filtrado mediante un filtro HEPA (18) para simular la atmósfera del lugar de muestreo. Los correspondientes sensores de temperatura (16) y humedad (17) permitirán evaluar el correcto acondicionamiento del aire a lo largo de la línea. El caudal de gas problema aspirado mediante la soplante de aspiración (13) se ajusta para realizar el ensayo de
20 toma de muestra dentro del rango permitido de ratio de dilución y, en el caso de requerir que el muestreo sea realizado en condiciones de isocinetismo para la determinación de MPF, este ajuste de caudal vendrá además impuesto por la boquilla (1) calculada para mantener el porcentaje de isocinetismo entorno al 100% en cada muestreo.

25 Posteriormente la mezcla gas de muestra-aire de dilución originada en el cono de mezcla pasa a través de una cámara de residencia tubular (9) donde manteniendo unas condiciones de humedad y temperatura controladas, mediante el uso de sensores (11,12), se generarán las partículas condensables en las condiciones
30 adecuadas y con el tiempo de residencia necesario. En el extremo posterior de la cámara de residencia, las partículas condensables generadas durante el paso del gas por ésta, son retenidas sobre un filtro para MPC previamente tratado y pesado alojado en el portafiltro MPC 70 (10).

35 El control de los principales parámetros durante el periodo de toma de muestra, tales como temperatura de los distintos elementos del tren, del gas de muestra o del aire de dilución, así como la humedad relativa en cada punto de interés a lo largo del tren de

muestreo y presiones diferenciales para el cálculo de caudal y velocidad de gas, se realiza mediante los diferentes elementos de medida y control que acompañan al tren de muestreo. Estos elementos de medida, tales como medidores de presión diferencial, controladores y medidores de temperatura y de humedad permitirán
5 monitorizar además de forma instantánea a lo largo de cada ensayo la temperatura, velocidad y caudal de gas en el conducto en cada momento.

Por último, una diferencia de pesada permitirá determinar la masa total de MPC y MPF retenidas en los filtros durante la toma de muestra y éstas junto con la medida del
10 volumen de gas muestreado permitirán determinar su concentración en las emisiones.

A continuación se detallan las especificaciones técnicas y principales características de los componentes del dispositivo objeto de la invención:

Juego de boquillas (1). Para efectuar el muestreo isocinético de los gases, se
15 desarrolla un juego de boquillas intercambiables de acero inoxidable 316 que puedan ser acopladas a un prolongador con forma de cuello de cisne, que irá a su vez ensamblado a la sonda isocinética correspondiente.

Portafiltros para partículas filtrables (2,3). Para la realización de la determinación de
20 MPF es necesario emplear diversos diseños de portafiltro en función de la concentración esperada de partículas en la corriente gaseosa:

- a) Portafiltros planos fabricados en acero inoxidable 316 para alojamiento de filtros planos.
- b) Portafiltros de dedal también fabricados en acero inoxidable 316 para filtros de
25 dedal.

Sonda isocinética MPC (4). La sonda isocinética MPC es una importante novedad incorporada al tren de muestreo. Es el elemento que permite transferir el gas muestreado desde el interior de la chimenea o conducto hasta la entrada al cono de
30 mezcla además de proporcionar una medida fiable de la alícuota de gas problema tomada para cada ensayo mediante el uso de un venturi interno y determinar velocidad, caudal y temperatura del gas problema en las condiciones del conducto. Esta sonda consta de una línea intercambiable roscada de acero inoxidable 316 con
35 diámetro interior de 12 mm, que puede ser calefactada hasta una temperatura de 180°C. La sonda también lleva incorporado un tubo pitot tipo S desmontable, que puede ser ubicado en dos posiciones a 90° en función de si el conducto es horizontal o

vertical y está también fabricado en acero inoxidable 316, un termopar tipo K para la medida de temperatura del gas de muestra, una caja calefactable, en la parte posterior de la sonda, que será el alojamiento de una válvula de regulación de caudal de gas de muestra y que también puede ser calefactada hasta una temperatura de 180°C. Esta
5 válvula irá roscada a la parte final de la línea y es sustituible, en su caso, por un portafiltro para la realización de muestreo isocinético utilizando un tren comercial de muestreo isocinético.

Por último, la sonda lleva integrado un venturi tipo Herschel construido en acero inoxidable 316 e incorporado en la parte central de la sonda, con dos tomas de presión
10 que quedaran en la cola de la sonda en el extremo de dos tubos acoplados a la pared de la sonda y en todo momento fuera de la chimenea. Ver componente 4 de la Figura 1.

Además esta sonda puede ser empleada para la determinación de parámetros tales como SO_x, metales, HCl, HF, H₂O, etc. mediante su acoplamiento a trenes isocinéticos
15 comerciales ya existentes.

Cono y portacono de mezcla (7,8). El cono facilitará la mezcla del aire de dilución pretratado con el gas de muestra a fin de conseguir la generación de las MPC de forma similar a como ocurriría en la atmósfera. El cono, que irá alojado en el interior
20 del portacono durante el desarrollo de la toma de muestras, está fabricado en acero inoxidable 316 y presenta una serie de orificios en su superficie a fin de mantener la presión positiva dentro de éste y así forzar la distribución homogénea del aire de dilución a través de todos sus orificios.

El portacono está construido en acero inoxidable 316 y va inmediatamente ensamblado a la sonda en su parte posterior. La entrada del aire al portacono se realiza mediante una abertura situada en un lateral del mismo, que permite conectar el sistema de dilución al cono mezclador. A su vez, a fin de que una alícuota de aire sea precalentada antes de entrar en el interior del cono de mezcla, el portacono posee un
30 pequeño conducto de 3/8" que sirve para desviar una alícuota de aire de dilución hacia la zona de entrada de gas de muestra. De esta forma se proporciona un anillo de aire caliente que evitará que se produzca un elevado salto térmico en el encuentro entre ambas corrientes de gas (aire-gas de muestra). La salida del portacono va unida a una abrazadera tipo clamp que permite la unión de éste a la cámara de residencia.

35

Cámara de residencia (9). La cámara de residencia es un tubo cilíndrico de acero inoxidable 316. El extremo de salida de la cámara de residencia está ensamblado al portafiltras mediante una abrazadera tipo clamp del mismo modo que se une por el otro extremo al portacono. Concretamente, este diseño de la cámara de residencia, permite proporcionar el tiempo suficiente a la mezcla de aire-gas para que se produzca la generación de partículas condensables que serán posteriormente capturadas en el filtro.

Portafiltras para filtro MPC plano de 70 mm de diámetro (10). Una variante significativa del soporte filtrante es la utilización en este tren de muestreo de un portafiltras de dimensiones reducidas frente a lo propuesto por los métodos actuales. Esta reducción permitirá una considerable mejora en la determinación de la concentración de MPC ya que estas dimensiones reducidas permitirán un mejor manejo del filtro para su pesada y montaje. Además esta reducción provocará una mayor concentración de partículas por cm^2 de filtro favoreciendo en un futuro el análisis químico de MPC. El tren de muestreo dispondrá de uno o más portafiltras que estarán contruidos en acero inoxidable 316, y que constan de dos cuerpos unidos entre sí por medio de una abrazadera tipo clamp, de tal manera que al desmontar el portafiltras en cada uno de sus componentes, esto permita cargar y descargar el filtro para la realización de la toma de muestra.

Soplante de aspiración (13). La soplante necesaria para realizar la toma de muestras será seleccionada de tal manera que cumpla los requerimientos de caudal y altura para el desarrollo de la toma de muestras en las diferentes condiciones de operación en que se trabaje.

Deshumidificador (14). Este equipo será el encargado de llevar la corriente de aire de dilución a valores reducidos de humedad relativa, de tal modo que permitan incorporar aire suficientemente seco para que el resultado final de la mezcla, tenga la humedad relativa apropiada para el desarrollo de la toma de muestras.

Venturi de aire de dilución (15). Para la determinación del caudal de aire de dilución durante los ensayos de toma de muestra, se debe emplear un venturi calibrado de tipo Herschel.

Filtro HEPA (18). Se incluye un filtro HEPA (High Efficiency Particulate air filter), con capacidad para tratar al menos 60 m³/h, que garantice una eficiencia mínima de captación del 99,97% para partículas de aerosol "dioctyl-phthalate" (DOP) de 0,3µm.

5 Elementos auxiliares de control (5, 6, 11, 12, 16, 17, 19). Los elementos de control que son necesarios para el desarrollo de la toma de muestra de MPC y/o MPF, tales como, controladores de temperatura para el funcionamiento del calefactado de la sonda isocinética MPC, medidores de temperatura para los distintos puntos de interés del tren de muestreo, medidores de humedad relativa del aire de dilución y de la
10 corriente de gas de mezcla, medidores de la presión diferencial para la determinación de caudal de gases en chimenea y de muestreo y válvulas de regulación de caudal permitirán ajustar las condiciones de los muestreos en función de las variables propias de cada corriente gaseosa.

15 Además, a lo largo de las líneas del tren de muestreo se ubicarán sondas de temperatura (termopar de tipo K) con vaina de acero inoxidable, con un rango de temperatura de medición de 0-1100°C y de tamaño variable en función de su uso y ubicación. Estos sensores permiten comprobar y controlar en todo momento las condiciones de operación del tren de muestreo mediante los elementos de control
20 previamente descritos. Además se requerirán dos sensores de humedad relativa necesarios para el acondicionamiento y control de las condiciones de humedad tanto del gas problema como del aire de dilución.

25 **MODO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION**

Se presenta a continuación un ejemplo de la invención propuesta para la determinación de la concentración de MPC y MPF en las emisiones procedentes de un proceso de combustión convencional de carbón en lecho fluido circulante tras
30 abatimiento de partículas por medio de un filtro de mangas.

Para la determinación de MPC y MPF es necesario la caracterización preliminar de la corriente gaseosa, para ello se determinan parámetros tales como velocidad, temperatura, humedad mediante el uso de la sonda isocinética MPC y composición de gases mayoritarios en la corriente gaseosa mediante el uso de un analizador
35 automático de gases. Los resultados obtenidos de caracterización de la corriente gaseosa en este proceso se muestran en la tabla 1.

	MODO COMBUSTIÓN CONVENCIONAL
O₂ (%v/v)	7,2
CO₂ (%v/v)	12,3
SO₂ (ppmv)	525
NO_x (ppmv)	88
CO (ppmv)	34
Humedad (%)	6,1
Temperatura gas (°C)	188
Caudal base seca (Nm³/h)	18793
Velocidad del gas (m/s)	15,31
Isocinetismo (%)	101,90

5

Tabla 1. Caracterización de la corriente gaseosa durante la campaña de medidas.

10 Tras la toma de muestra, los valores obtenidos para la concentración de MPC y MPF en las emisiones en este modo de combustión, fueron calculadas en base al método CTM-039. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

15

	Concentración mg/m³ (std)
MPF	4,8
MPC	5,1
MPT	9,9

Tabla 2. Concentración de MPF, MPC y MPT obtenidas.

20 Se puede observar como al tener en cuenta la MPC, medida con este tren, como materia particulada emitida, la concentración de materia particulada total (MPT) emitida en este tipo de procesos aumenta hasta en un 51,5 % frente a los valores de concentración de partículas que se obtendrían mediante el uso o utilización de los métodos tradicionales para la determinación de partículas tales como el "EPA Method
25 5" o el Método UNE-EN 13284-1:2001. Además el valor obtenido de concentración de

MPC es fiable ya que este método reproduce fielmente las condiciones de generación de este tipo de partículas en el penacho de la chimenea, a diferencia de los métodos que emplean absorbedores, tales como el "EPA-Method 202", que introduce interferencias en la medida producidas por la reacción de los gases mayoritarios de la corriente con la propia solución absorbente.

Por último se puede decir que los datos obtenidos de concentración de MPC son exclusivamente de MPC a diferencia de lo que ocurre con otros métodos, es decir, excluyen la masa de MPF inferior a $2,5 \mu\text{m}$ que superan el ciclón PM_{2,5} que propone los métodos CTM-039 e ISO 25597:2013.

De acuerdo con los valores obtenidos de concentración de MPC y MPF puede deducirse que el dispositivo propuesto presente las siguientes características:

- 15 - permite la determinación de la concentración de MPT entendida esta como la suma de las medidas segregadas de MPC y MPF en las emisiones en fuentes estacionarias.
- Es posible determinar la concentración de MPF realizando un muestreo isocinético.
- 20 - La sonda isocinética MPC puede ser empleada además para la determinación de parámetros tales como el contenido en humedad de una corriente gaseosa.
- permite determinar la concentración de MPC con carácter exclusivo eliminando en un filtro previo las partículas filtrables menores de $2,5 \mu\text{m}$.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para determinar la concentración de partículas condensables y filtrables por muestreo isocinético en fuentes estacionarias caracterizado porque comprende
- 5 a) un juego de boquillas (1),
b) un juego de portafiltros para la determinación y/o eliminación de partículas filtrantes (2,3),
c) una sonda isocinética MPC (4),
10 d) un conjunto formado por portacono-cono de mezcla (7,8),
e) cámara de residencia (9) y portafiltros de partículas condensables MPC (10),
f) una soplante de aspiración (13) acoplada a la salida del portafiltros de partículas condensables MPC (10),
g) un sistema de acondicionamiento de aire para dilución del gas que incluye
15 un deshumidificador (14), un filtro HEPA (18) y un venturi para medida de caudal de aire de dilución (15) y
h) un conjunto de elementos de control y sensores (5, 6, 11, 12, 16, 17, 19) para regular y visualizar los principales parámetros de control de la toma de muestra en curso y de los gases de proceso.
- 20
2. Dispositivo para determinar la concentración de partículas condensables y filtrables por muestreo isocinético en fuentes estacionarias según reivindicación 1, caracterizado porque la sonda isocinética MPC (4) que permite modificar la temperatura del gas ajustándola a las condiciones del gas en chimenea consta de a) línea intercambiable de acero inoxidable 316 con diámetro interior de 12 mm y que puede ser calefactada hasta una temperatura de 180°C, b) tubo pitot tipo S desmontable también construido en acero inoxidable 316, c) termopar tipo K para la medida de temperatura del gas de muestra, d) caja calefactable, en la parte posterior de la sonda, que será el alojamiento de una válvula de regulación de caudal de gas de muestra y que también puede ser calefactada hasta una temperatura de 180°C y, e) venturi tipo Herschel construido en acero inoxidable 316.
- 25
30
3. Dispositivo para determinar la concentración de partículas condensables y filtrables por muestreo isocinético en fuentes estacionarias según reivindicación
- 35

1, caracterizado porque el portafiltros MPC (10) es usado como soporte para un filtro plano de 70 mm de diámetro.

- 5
4. Dispositivo para determinar la concentración de partículas condensables y filtrables por muestreo isocinético en fuentes estacionarias según reivindicación 1 caracterizado por incorporar una única soplante de aspiración (13) para la realización de la mezcla gas de muestra- aire de dilución en la relación de caudales deseado.
- 10
5. Dispositivo para determinar la concentración de partículas condensables y filtrables por muestreo isocinético en fuentes estacionarias, según reivindicaciones anteriores, caracterizado por el uso de transmisores de temperatura (16) y humedad (17) para el acondicionamiento y control de las condiciones de humedad y temperatura tanto del gas como del aire de dilución.

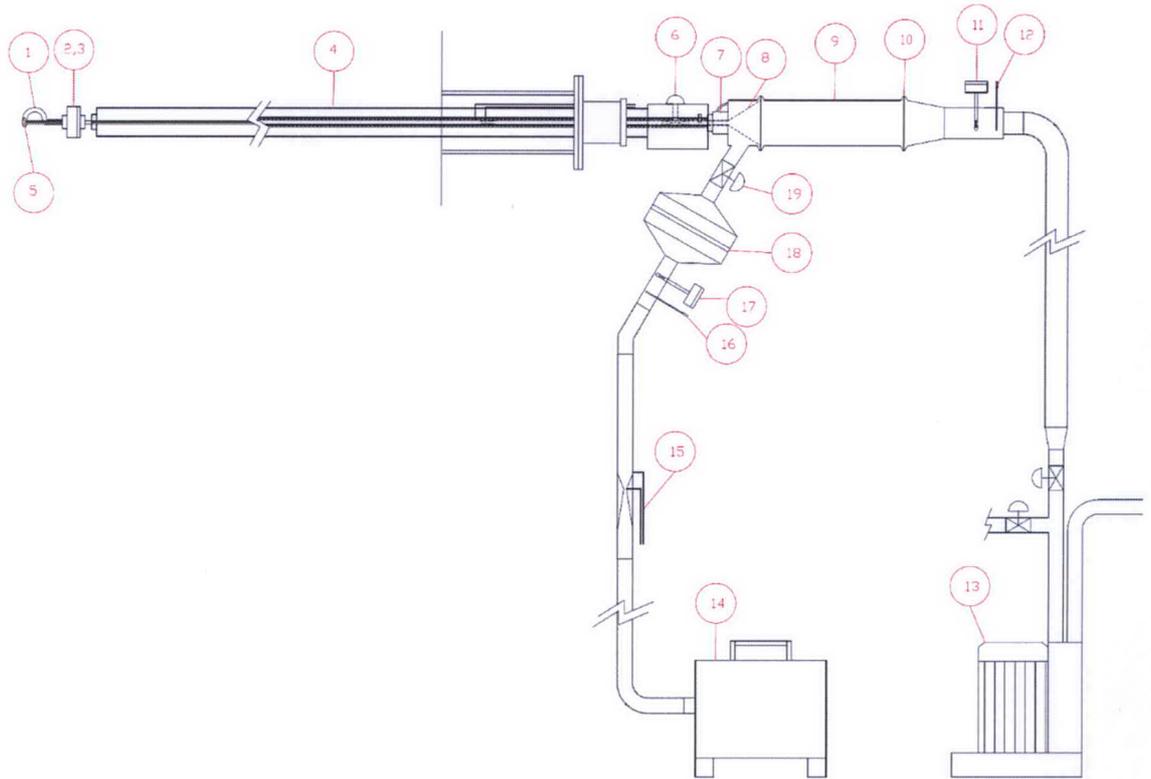


Figura 1