

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 005 231**

51 Int. Cl.:

G01N 1/26	(2006.01) F24F 110/64	(2008.01)
G08B 21/12	(2006.01) F24F 110/65	(2008.01)
F24F 8/10	(2011.01)	
A61G 10/02	(2006.01)	
F24F 11/30	(2008.01)	
F24F 11/56	(2008.01)	
F24F 11/77	(2008.01)	
F24F 11/89	(2008.01)	
G01N 15/00	(2014.01)	
G01N 1/22	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.09.2022** **PCT/GB2022/052331**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **23.03.2023** **WO23041910**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.09.2022** **E 22773772 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2024** **EP 4352485**

54 Título: **Control de aerosoles**

30 Prioridad:

17.09.2021 GB 202113327

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

14.03.2025

73 Titular/es:

AIR PURITY LTD (100.00%)
18 Granta Mead Close Saffron Walden
Newport, CB11 3HZ, GB

72 Inventor/es:

SLOOF, DARREN y
PODERICO, FRANCESCO

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 3 005 231 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Control de aerosoles

Campo

- 5 La presente divulgación se refiere a un sistema de calidad del aire, un sistema de monitorización de la calidad del aire y métodos de control y monitorización de la calidad del aire.

Antecedentes

- Los aerosoles son vectores conocidos de muchas enfermedades. Los agentes patógenos infecciosos pueden incluir virus, bacterias u hongos, que pueden propagarse al respirar, hablar, toser, estornudar, levantar polvo, tirar de la cadena del inodoro o cualquier actividad que genere partículas de aerosol o gotitas.
- 10 Los aerosoles pueden suponer un riesgo de infección en muchos entornos interiores como edificios comerciales, edificios educativos y entornos médicos. Los aerosoles pueden suponer un riesgo especial de infección en entornos médicos como un hospital, donde los pacientes infectados pueden excretar patógenos que pueden transmitirse por aerosol e infectar potencialmente al personal del hospital, a los visitantes y a otros pacientes. Los entornos médicos suelen ser muy frecuentados, lo que supone una gran población para la transmisión de enfermedades. Los entornos
- 15 médicos también suelen emplear sistemas industriales de aire acondicionado y calefacción que pueden transportar aerosoles a grandes distancias, lo que amplía el área de transmisión potencial. El *Staphylococcus aureus* resistente a la metilicina (SARM) y el COVID-19 son ejemplos bien conocidos de patógenos que pueden propagarse rápidamente en un entorno médico a través de la transmisión aérea.

- 20 Sería deseable monitorizar el flujo de aerosol en un entorno interior. También sería deseable comprender los eventos de alto riesgo asociados a niveles elevados de generación de aerosoles. Además, sería deseable controlar el flujo de aerosoles en interiores. Los sistemas y métodos divulgados pueden proporcionar uno o más de estos efectos deseados.

- 25 El documento WO2020146315 (A1) describe un sistema y un método para obtener datos medioambientales concretamente información sobre la calidad del aire a partir de diversos dispositivos contenidos en una estructura. Los diversos dispositivos contienen sensores que pueden obtener datos ambientales, que luego son analizados por el sistema para determinar si algún nivel de un componente dentro de los datos está fuera de un rango de umbral predefinido.

Sumario

- 30 Según un primer aspecto de la presente divulgación, se proporciona un sistema de monitorización de la calidad del aire que comprende:

una pluralidad de sensores de materia en partículas, PM, la pluralidad de sensores de PM colocados en una pluralidad correspondiente de posiciones en un área de monitorización;

y

- 35 un dispositivo de procesamiento de la calidad del aire acoplado a cada uno de la pluralidad de sensores de PM a través de una red de comunicaciones, el dispositivo de procesamiento de la calidad del aire configurado para:

recibir una señal de nivel de partículas de al menos dos de la pluralidad de sensores de PM; y
determinar el flujo de materia en partículas entre los al menos dos sensores de PM basándose en las señales de nivel de partículas correspondientes.

- 40 El sistema de monitorización de la calidad del aire puede rastrear ventajosamente el flujo de aerosoles en un área de monitorización. Determinar y comprender dicho flujo de aerosoles en un entorno médico puede proporcionar una serie de ventajas, entre ellas: comprender los factores de riesgo asociados a la generación de aerosoles; permitir el diseño de medidas de mitigación para reducir la generación de aerosoles y reducir el flujo de aerosoles; y permitir la activación de medidas de intervención para reducir la materia en partículas y el flujo de aerosoles.

- 45 El dispositivo de procesamiento de la calidad del aire puede estar configurado para determinar el flujo de materia en partículas entre los al menos dos sensores de PM mediante: la detección de un evento de aerosol en un primero de los al menos dos sensores de PM basándose en que la señal de nivel de partículas supera un primer umbral de evento; y la detección del evento de aerosol en un segundo de los al menos dos sensores de PM basándose en que la señal de nivel de partículas supera un segundo umbral de evento.

El primer umbral de evento puede comprender un umbral de evento adaptativo.

- 50 El segundo umbral de evento puede comprender un valor escalado del primer umbral de evento.

El dispositivo de procesamiento de la calidad del aire puede estar configurado para determinar el flujo de materia en partículas basándose en un retardo y/o diferencia de amplitud entre los picos correspondientes de las señales de nivel

de partículas.

El dispositivo de procesamiento de la calidad del aire puede estar configurado para determinar el flujo de materia en partículas aplicando una correlación cruzada a las señales de nivel de partículas asociadas con los al menos dos sensores de PM.

- 5 El dispositivo de procesamiento de la calidad del aire puede estar configurado para identificar uno o más de: una fuente del flujo de materia en partículas; una trayectoria del flujo de materia en partículas; una velocidad del flujo de materia en partículas; una atenuación del flujo de materia en partículas; y/o uno o más destinos previstos del flujo de materia en partículas.

- 10 El dispositivo de procesamiento de la calidad del aire puede estar configurado además para emitir una señal de intervención configurada para operar uno o más mecanismos de intervención de la calidad del aire.

Los mecanismos de intervención en la calidad del aire pueden comprender uno o más de: una puerta automática o un actuador de esta; parámetros de funcionamiento de un dispositivo de filtrado de aire; parámetros de funcionamiento de un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado, HVAC; y una señal de alerta.

La señal de alerta puede comprender una señal de alarma audible y/o visible.

- 15 La señal de alerta puede comprender una señal de información.

El dispositivo de procesamiento de la calidad del aire puede estar configurado para emitir la señal de intervención para operar uno o más mecanismos de intervención de la calidad del aire en: una ubicación asociada con la fuente de la materia en partículas; una ubicación asociada con la trayectoria del flujo de materia en partículas; y/o una ubicación asociada con uno o más destinos potenciales del flujo de materia en partículas.

- 20 El dispositivo de procesamiento del aire puede estar configurado además para: analizar la señal de nivel de partículas para uno o más sensores de PM durante un periodo de tiempo para determinar una prevalencia de materia en partículas asociada con el uno o más sensores de PM; y emitir datos de prevalencia que indican la prevalencia de materia en partículas.

- 25 Los datos de prevalencia pueden indicar: regiones de alto riesgo del área de monitorización correspondientes a uno o más sensores de PM con una prevalencia de materia en partículas superior a un primer umbral de prevalencia; y/o regiones de bajo riesgo del área de monitorización correspondientes a uno o más sensores de PM con una prevalencia de materia en partículas inferior a un segundo umbral de prevalencia.

- 30 La prevalencia de materia en partículas puede incluir eventos de aerosol periódicos asociados con uno o más sensores de PM. Los datos de prevalencia pueden indicar: los eventos periódicos de aerosol; los tiempos de ocurrencia de los eventos periódicos de aerosol; y/o la ubicación de uno o más sensores de PM asociados con el evento periódico de aerosol.

El dispositivo de procesamiento de aire puede estar configurado para emitir una señal de intervención para operar uno o más mecanismos de intervención en momentos correspondientes al evento de aerosol periódico.

- 35 El dispositivo de procesamiento de aire puede estar configurado para: recibir datos operativos relativos al área de monitorización; correlacionar uno o más eventos de aerosol con los datos operativos; e identificar desencadenantes de eventos de aerosol basándose en la correlación.

Cada uno de los sensores de PM puede estar configurado para medir una concentración de materia en partículas en el aire con tamaños de partícula en un intervalo comprendido entre un límite de detección inferior y una clasificación de materia en partículas del sensor de PM.

- 40 Cada sensor de PM puede comprender una pluralidad de clasificaciones de materia en partículas y puede estar configurado para medir una pluralidad de concentraciones de materia en partículas en el aire en una pluralidad correspondiente de rangos de tamaño de partículas.

La clasificación de materia en partículas puede comprender una o más de: 0,5 µm, 1,0 µm, 2,5 µm, 4,0 µm, 10,0 µm, 25,0 µm y 50 µm.

- 45 El límite de detección inferior puede comprender cualquiera de: 0,05 µm, 0,1 µm, 0,3 µm y 0,5 µm.

Dos o más de los sensores de PM pueden colocarse a diferentes alturas.

El sistema de monitorización de la calidad del aire puede comprender además la red de comunicación.

- 50 El sistema de monitorización de la calidad del aire puede comprender además una pluralidad de sensores adicionales. Los sensores adicionales pueden comprender uno o más de los siguientes: un sensor de dióxido de carbono (CO₂); un sensor de humedad; un sensor de temperatura; y un sensor de presión.

El sistema de monitorización de la calidad del aire puede comprender una pluralidad de unidades de detección cada unidad de detección que comprende: uno de la pluralidad de sensores de PM; y uno o más sensores adicionales.

Según un segundo aspecto de la presente divulgación se proporciona un método de monitorización de flujo de materia en partículas en un área de monitorización, comprendiendo el método:

- 5 recibir una pluralidad de señales de nivel de partículas procedentes de al menos dos sensores de materia en partículas, PM, situados en la zona de monitorización;
determinar el flujo de materia en partículas entre los al menos dos sensores de PM basándose en las señales de nivel de partículas correspondientes.

El método puede implementarse por ordenador.

- 10 Según un tercer aspecto de la presente divulgación, se proporciona un sistema de monitorización de la calidad del aire que comprende:

una pluralidad de sensores de materia en partículas, PM, la pluralidad de sensores de PM colocados en una pluralidad correspondiente de posiciones en un área de monitorización;

y

- 15 un dispositivo de procesamiento de la calidad del aire acoplado a cada uno de la pluralidad de sensores de PM a través de una red de comunicaciones, el dispositivo de procesamiento de la calidad del aire configurado para:

recibir una señal de nivel de partículas de cada uno de los sensores de PM;
determinar un evento de aerosol basado en al menos una señal de nivel de partículas; y
emitir una señal de intervención configurada para accionar uno o varios mecanismos de intervención sobre la calidad del aire.

20

Según un cuarto aspecto de la presente divulgación, se proporciona un sistema de monitorización de la calidad del aire que comprende:

una pluralidad de sensores de materia en partículas, PM, la pluralidad de sensores de PM colocados en una pluralidad correspondiente de posiciones en un área de monitorización;

y

- 25 un dispositivo de procesamiento de la calidad del aire acoplado a cada uno de la pluralidad de sensores de PM a través de una red de comunicaciones, el dispositivo de procesamiento de la calidad del aire configurado para:

recibir una señal de nivel de partículas de cada uno de los sensores de PM;
analizar la señal de nivel de partículas de uno o más sensores de PM a lo largo de un periodo de tiempo para
determinar una prevalencia de materia en partículas asociada a uno o más sensores de PM; y
datos de prevalencia de salida que indican la prevalencia de materia en partículas.

30

De acuerdo con un quinto aspecto de la presente divulgación, se proporciona un sistema de calidad del aire que comprende:

una pluralidad de sensores de materia en partículas, PM, la pluralidad de sensores de PM colocados en una pluralidad correspondiente de posiciones en un área de monitorización; y

- 35 un dispositivo de filtrado de aire acoplado inalámbricamente al menos a un sensor de PM, el dispositivo de filtrado de aire configurado para:

recibir una señal de nivel de partículas de uno o varios de los sensores de PM; y
ajustar la velocidad del ventilador del dispositivo de filtrado de aire en respuesta a la señal de nivel de partículas.

- 40 El ajuste de la velocidad del ventilador en respuesta a la señal de nivel de partículas procedente de los sensores de PM puede proporcionar ventajosamente un control selectivo bajo demanda del dispositivo de filtrado de aire.

El dispositivo de filtrado de aire puede estar configurado además para ajustar la velocidad del ventilador basándose en una distancia entre cada uno de uno o más de la pluralidad de sensores de PM y el dispositivo de filtrado de aire.

- 45 El dispositivo de filtrado de aire puede estar configurado para determinar la distancia entre cada uno de uno o más de la pluralidad de sensores de PM y el dispositivo de filtrado de aire basándose en un indicador de intensidad de señal recibido de la señal de nivel de materia en partículas.

Cada uno de los sensores de PM puede estar configurado para medir una concentración de materia en partículas en el aire con tamaños de partícula en un intervalo comprendido entre un límite de detección inferior y una clasificación de materia en partículas del sensor de PM.

- 50 Cada sensor de PM puede comprender una pluralidad de clasificaciones de materia en partículas y puede estar configurado para medir una pluralidad de concentraciones de materia en partículas en el aire en una pluralidad correspondiente de rangos de tamaño de partícula.

La clasificación de materia en partículas puede comprender una o más de: 0,5 µm, 1,0 µm, 2,5 µm, 4,0 µm, 10,0 µm, 25,0 µm y 50 µm.

El límite de detección inferior puede comprender cualquiera de: 0,05 µm, 0,1 µm, 0,3 µm y 0,5 µm.

5 Cada uno de la pluralidad de sensores de PM puede estar configurado para medir una concentración de materia en partículas en el aire para una pluralidad de tamaños de partículas. El dispositivo de filtrado de aire puede estar configurado para ajustar la velocidad del ventilador en función de: la distancia entre cada uno de los uno o más sensores de PM de la pluralidad de sensores de PM y el dispositivo de filtrado de aire; y la concentración de materia en partículas para cada uno de la pluralidad de rangos de tamaño de partícula para cada uno de los uno o más sensores de PM de la pluralidad de sensores de PM.

10 El sistema de calidad del aire puede comprender además un servidor, en el que la pluralidad de sensores de PM y/o el dispositivo de filtrado de aire están acoplados comunicativamente al servidor a través de una red de comunicaciones.

El sistema de calidad del aire puede comprender además una pluralidad de sensores adicionales. Los sensores adicionales pueden incluir uno o más de los siguientes: un sensor de dióxido de carbono (CO₂), un sensor de humedad, un sensor de temperatura y un sensor de presión.

15 El sistema de calidad del aire puede comprender una pluralidad de unidades de sensores cada unidad de sensores que comprende: uno de la pluralidad de sensores de PM; y uno o más sensores adicionales.

El dispositivo de filtrado de aire puede comprender cualquiera de: un sistema de ventilación; un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado, HVAC; y un purificador de aire.

20 El dispositivo de filtrado de aire puede comprender un purificador de aire que comprenda uno o más de: un filtro de partículas de aire de alta eficiencia, HEPA, un filtro de carbono y una lámpara UVC.

Dos o más de los sensores de PM pueden colocarse a diferentes alturas.

25 Puede proporcionarse un programa de ordenador, que cuando se ejecuta en un ordenador, hace que el ordenador configure cualquier aparato, incluyendo un circuito, controlador, convertidor o dispositivo divulgado en el presente documento o realice cualquier método divulgado en el presente documento. El programa de ordenador puede ser una implementación de software, y el ordenador puede ser considerado como cualquier hardware apropiado, incluyendo un procesador de señal digital, un microcontrolador, y una implementación en memoria de sólo lectura (ROM), memoria de sólo lectura programable borrrable (EPROM) o memoria de sólo lectura programable borrrable electrónicamente (EEPROM), como ejemplos no limitantes. El software puede ser un programa de ensamblaje.

30 El programa de ordenador puede proporcionarse en un medio legible por ordenador, que puede ser un medio físico legible por ordenador tal como un disco o un dispositivo de memoria, o puede incorporarse como una señal transitoria. Dicha señal transitoria puede ser una descarga de red, incluida una descarga de Internet. Puede proporcionarse uno o más medios de almacenamiento legibles por ordenador no transitorios que almacenen instrucciones ejecutables por ordenador que, cuando se ejecutan por un sistema informático, hacen que el sistema informático realice cualquier método divulgado en el presente documento.

35 **Breve descripción de los dibujos**

A continuación se describirán una o más realizaciones únicamente a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

40 La figura 1 ilustra un sistema de calidad del aire para controlar el flujo de aerosoles en un entorno médico según una realización de la presente divulgación;
La figura 2 ilustra un sistema de monitorización de la calidad del aire según una realización de la presente divulgación;
La figura 3 ilustra otro sistema de monitorización de la calidad del aire según una realización de la presente descripción;
45 La figura 4 ilustra los datos del sensor de materia en partículas de un evento de aerosol captado por el sistema de monitorización de la calidad del aire de la figura 3;
La figura 5 ilustra los datos del sensor de dióxido de carbono para el evento de aerosol capturado por el sistema de monitorización de la calidad del aire de la figura 3;
Las figuras 6A y 6B muestran correlaciones cruzadas entre los datos del sensor de materia en partículas para el evento de aerosol capturado para un par de sensores de la figura 3;
50 Las figuras 7A y 7B muestran correlaciones cruzadas entre los datos del sensor de materia en partículas para el evento de aerosol capturado para otro par de sensores de la figura 3;
Las figuras 8A y 8B muestran correlaciones cruzadas entre los datos de los sensores de materia en partículas para el evento de aerosol capturado para otro par de sensores de la figura 3;
Las figuras 9A y 9B muestran correlaciones cruzadas entre los datos de los sensores de materia en partículas para el evento de aerosol capturado para otro par de sensores de la figura 3; y

Las figuras 10A a 10D muestran correlaciones cruzadas entre los datos del sensor de materia en partículas y los datos del sensor de CO₂ para varios pares de sensores de la figura 3.

Descripción detallada

La figura 1 ilustra un sistema de calidad del aire 100 para controlar el flujo de aerosoles en un entorno interior según una realización de la presente divulgación. En este ejemplo, el entorno interior es un entorno médico 102 que comprende una porción de una sala de hospital que incluye un pasillo 104 y un pabellón 106. El sistema de calidad del aire 100 comprende una pluralidad de sensores de materia en partículas (PM) 108a..108n. En este ejemplo, el sistema de calidad del aire comprende 14 sensores de PM 108a..108n colocados en una pluralidad correspondiente de posiciones en el entorno médico 102. Los 14 sensores de PM incluyen 12 sensores de PM 108a..108l en el pabellón 106, con dos sensores de PM adyacentes a cada cama 110, y 2 sensores de PM en el pasillo. El sistema de calidad del aire 100 comprende además un dispositivo de filtrado de aire 112 acoplado inalámbricamente a los sensores de PM 108a..n (denominados colectivamente sensores de PM 108). El dispositivo de filtrado de aire 112 recibe una señal de nivel de partículas de cada uno de los sensores 108a-108n y ajusta una velocidad del ventilador del dispositivo de filtrado de aire 112 en respuesta a la señal de nivel de partículas. El dispositivo de filtrado de aire 112 se coloca en una posición separada de la pluralidad de posiciones de los sensores de PM 108. En otras palabras, los sensores de PM 108 están alejados del dispositivo de filtrado de aire 112.

Tal como se divulga en el presente documento, un dispositivo de filtrado de aire 112 puede comprender cualquier dispositivo capaz de reducir el contenido de PM en el aire. Por ejemplo, el dispositivo de filtrado de aire 112 puede comprender un sistema de ventilación, un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) (como los instalados en entornos comerciales y hospitales), o un purificador de aire autónomo. El dispositivo de filtrado de aire 112 incluye un ventilador para aspirar aire a través del dispositivo. Un aumento de la velocidad del ventilador proporciona un aumento de la tasa de purificación del aire / reducción de PM.

El ajuste de la velocidad del ventilador en respuesta a la señal de nivel de partículas procedente de los sensores de PM 108 puede proporcionar ventajosamente un control bajo demanda y selectivo del dispositivo de filtrado de aire 112. Por ejemplo, el dispositivo de filtrado de aire 112 puede aumentar la velocidad del ventilador para proporcionar una alta tasa de reducción de PM cuando el sensor de PM 108 indica un contenido relativamente alto de PM y reducir la velocidad del ventilador para reducir la tasa de reducción de PM cuando el sensor de PM indica un contenido relativamente bajo de PM. Como resultado, el dispositivo de filtrado de aire 112 puede funcionar con un consumo de energía y una contaminación acústica reducidos, manteniendo al mismo tiempo una reducción de PM suficiente durante los periodos de contenido relativamente alto de PM en el aire.

Además, al monitorizar el entorno médico 102 con sensores de PM 108, el sistema 100 puede monitorizar ventajosamente partículas directamente asociadas con vectores infecciosos. Por ejemplo, se sabe que el SARM se transmite a través de la piel muerta, que puede constituir materia en partículas del orden de 25 - 50 μm . Se ha demostrado que los virus transmitidos por el aire, como el COVID-19, se asocian con materia en partículas (inhalables) de tamaño inferior a 2,5 μm . Los aerosoles infecciosos y el flujo de materia en partículas pueden generarse directamente por la respiración, estornudos, tos, etc. de un paciente, o indirectamente por la perturbación de elementos que contienen partículas infecciosas, como el aleteo de las sábanas, el corrimiento de cortinas, etc. Los sensores de PM 108 pueden detectar ventajosamente todas las fuentes de flujo de determinadas materias, a diferencia de los sensores de CO₂, que sólo pueden detectar las regiones de aire estancado/ventilación deficiente o la presencia de un gran número de personas.

Tal como se divulga en el presente documento, se hace referencia a materia en partículas, sensores de materia en partículas y clasificaciones de sensores de materia en partículas tal como se entiende en la técnica. La materia en partículas puede referirse a una mezcla de partículas sólidas y gotitas líquidas que se encuentran en el aire. La materia en partículas puede tener un tamaño superior a 0,1 μm , por ejemplo de 0,1 μm a 50 μm . La materia en partículas no se refiere a moléculas individuales, como las moléculas de CO₂.

Los sensores de PM 108 pueden medir una concentración (microgramos por metro cúbico) de materia en partículas en el aire para un rango de tamaños de partículas. Un sensor de PM puede medir una concentración de materia en partículas para tamaños de partículas comprendidos entre un límite inferior de detección y un índice de partículas. El límite inferior de detección puede ser del orden de 0,1 μm , por ejemplo 0,05 μm , 0,1 μm , 0,3 μm o 0,5 μm .

Un índice de materia en partículas puede referirse al límite superior del tamaño de las partículas del intervalo de medición. A modo de ejemplo, un sensor de PM 108 con una clasificación de materia en partículas de 2,5 μm (PM 2,5) puede medir una concentración de materia en partículas con tamaños de partícula en un rango comprendido entre el límite inferior de detección y 2,5 μm . Los sensores de PM 108 pueden comprender un índice de materia en partículas de cualquiera de: 0,5 μm (PM0,5), 1,0 μm (PM1), 2,5 μm , (PM2,5), 4,0 μm (PM4), 10,0 μm (PM10), 25,0 μm (PM25) y 50,0 μm (PM50). Los sensores de PM pueden comprender múltiples clasificaciones de materia en partículas correspondientes a múltiples rangos de tamaño de partículas. La señal de nivel de partículas para cada sensor puede comprender valores de concentración para cada uno de los rangos de tamaño de partícula. La materia en partículas de tamaño inferior a 10 μm puede denominarse inhalable y la de tamaño inferior a 2,5 μm puede denominarse inhalable fina. La monitorización de estos tamaños de partículas permite controlar directamente la materia en partículas asociada

a la transmisión de enfermedades por el aire.

Los sensores de PM 108 pueden acoplarse al dispositivo de filtrado de aire 112 a través de una conexión inalámbrica local, tal como a través de una red WiFi, una conexión Bluetooth (clásica o Bluetooth de baja energía) u otras conexiones inalámbricas locales conocidas. Cada uno de los sensores de PM 108 puede comunicarse directamente con el dispositivo de filtrado de aire 112 (en lugar de a través de una red de comunicaciones).

En este ejemplo, el dispositivo de filtrado de aire 112 comprende un purificador de aire colocado en el pabellón 106. El purificador de aire puede comprender uno o más mecanismos de filtrado. El uno o más mecanismos de filtrado pueden incluir cualquiera de los siguientes: un filtro de partículas de aire de alta eficiencia (HEPA), un filtro de carbón y una lámpara UVC.

El dispositivo de filtrado de aire 112 puede ajustar una velocidad del ventilador basándose en la señal de nivel de partículas de cada sensor de PM 108 y una distancia entre el sensor de PM 108 y el dispositivo de filtrado de aire. De este modo, el sistema 100 puede contabilizar la eficacia de la reducción de PM del dispositivo de filtrado de aire 112 en la posición del sensor de PM 108 correspondiente. En algunos ejemplos, la velocidad del ventilador puede basarse en el cuadrado de la distancia a cada sensor de PM 108. Por ejemplo, una función para determinar la velocidad del ventilador puede adoptar la forma:

$$Velocidad_{ventilador} = f\left(\sum_i^n k_i x_i^2\right)$$

donde i es un índice de sensor de PM, n es el número total de sensores, k_i es una constante de calibración para el sensor i-ésimo y x_i es la distancia entre el sensor i-ésimo y el dispositivo de filtrado de aire 112.

En algunos ejemplos, el dispositivo de filtrado de aire 112 puede ajustar la velocidad del ventilador basándose en la distancia a cada uno de los sensores de PM 108 y los valores de concentración correspondientes para cada uno de una pluralidad de tamaños de partículas. En un ejemplo, una función para determinar la velocidad del ventilador puede adoptar la forma:

$$Velocidad_{ventilador} = \sum_i^n f_1(x_i PM1) + f_2(x_i PM2.5) + f_3(x_i PM4) + f_4(x_i PM10)$$

En algunos ejemplos, las funciones f₁, f₂, f₃, f₄ pueden adoptar la forma:

$$f_1 = k_{11}x_i PM1 + k_{12}x_i^2 PM1$$

$$f_2 = k_{21}x_i PM2.5 + k_{22}x_i^2 PM1$$

$$f_3 = k_{31}x_i PM4 + k_{32}x_i^2 PM1$$

$$f_4 = k_{41}x_i PM10 + k_{42}x_i^2 PM1$$

donde k₁₁, k₁₂, k₂₁, k₂₂, k₃₁, k₃₂, k₄₁, k₄₂, son constantes o derivadas por una tabla de búsqueda o una coincidencia de índices.

En algunos ejemplos, los sensores de PM 108 pueden estar posicionados de forma fija en ubicaciones predeterminadas de tal manera que el dispositivo de filtrado de aire 112 puede almacenar la distancia a cada sensor 108 en una memoria. En otros ejemplos, los sensores de PM 108 pueden ser posicionables por un usuario. Como resultado, el dispositivo de filtrado de aire 112 puede determinar la distancia a un sensor de PM 108 basándose en un indicador de intensidad de señal recibida (RSSI) de la señal de nivel de partículas. De este modo, los usuarios pueden reposicionar ventajosamente los sensores de PM 108 según lo deseen. Por ejemplo, en un hospital, los sensores pueden reposicionarse para proteger a los pacientes vulnerables.

En algunos ejemplos, dos o más sensores de PM 108 pueden colocarse a diferentes alturas. Los dos o más sensores pueden estar situados a ambos lados de un objeto o área supervisada, como por ejemplo a ambos lados de una cama 110 o a ambos lados del pabellón 106. La colocación de dos sensores a alturas diferentes puede indicar la tasa de decaimiento o caída de un aerosol. La tasa de caída puede estar asociada a (mayores concentraciones de) partículas de mayor tamaño. Conocer el nivel de suspensión de los aerosoles a diferentes alturas puede indicar un posible desplazamiento o flujo de materia en partículas y los riesgos asociados. Los diferentes sensores de altura también pueden indicar eventos de aerosol de un lado de la habitación y/o cómo un aerosol puede moverse desde los pies de la cama hasta por encima de la cabeza del paciente. Los distintos sensores de altura pueden seguir el flujo de aerosoles mediante un lapso de tiempo e indicar la velocidad de los aerosoles potencialmente infecciosos. El lapso de tiempo puede indicar un requisito de tasa de cambio de aire entregable de la unidad de filtrado de aire 112 y/o una posición óptima para una entrada de la unidad de filtrado de aire para reducir o prevenir la migración de aerosoles a través del área de monitorización 102.

En algunos ejemplos, el sistema 100 puede comprender uno o más sensores adicionales. El uno o más sensores adicionales pueden comprender una pluralidad de sensores adicionales situados en una pluralidad de posiciones en el área de monitorización 102. En algunos ejemplos, uno o más sensores adicionales pueden estar situados junto a cada uno de los sensores de PM 108. Por ejemplo, cada uno de los sensores de PM 108 puede formar parte de una unidad de sensores que comprenda uno o más sensores adicionales. El uno o más sensores adicionales pueden comprender uno o más de los siguientes: un sensor de dióxido de carbono (CO₂), un sensor de humedad, un sensor de temperatura y un sensor de presión. El dispositivo de filtrado de aire 112 puede ajustar la velocidad del ventilador en función de una o varias señales adicionales correspondientes a uno o varios sensores adicionales. El uno o más sensores adicionales pueden proporcionar datos adicionales para apoyar el sistema 100. Un sensor de temperatura y humedad puede representar un entorno controlado proporcionado por un sistema HVAC, que debe ser estable en todo el pabellón 106 para minimizar las posibles corrientes de convección y la consiguiente propagación potencial más rápida de cualquier cosa infecciosa. Un sensor de presión puede ser útil para controlar la dinámica de la presión del aire, que puede influir en el flujo de aire y puede cambiar en respuesta al funcionamiento de la unidad de filtrado de aire 112. Un sensor de CO₂ puede controlar las concentraciones de CO₂, que pueden correlacionarse con la materia en partículas PM₁ e inferiores. Por lo tanto, un sensor de CO₂ puede proporcionar una indicación adicional del aumento de los riesgos y de la actividad de las personas. Por ejemplo, en las horas punta del día los niveles de partículas deberían permanecer bajos debido al rendimiento del dispositivo de filtrado de aire 112, sin embargo, el nivel de CO₂ puede aumentar, lo que puede estar asociado a cualquier aumento de los niveles de partículas. El sistema 100 puede emitir una señal indicativa de las mediciones de uno o más sensores adicionales. La señal de salida puede incluir una alerta de que se ha detectado un gradiente de temperatura, humedad o presión. En algunos ejemplos, la señal de salida puede proporcionarse a un sistema de climatización para rectificar un gradiente de temperatura, humedad o presión.

En algunos ejemplos, el dispositivo de filtrado de aire puede comprender un sensor de PM y/o uno o más sensores adicionales.

En algunos ejemplos, el sistema 100 puede comprender uno o más sensores exteriores, por ejemplo sensores colocados fuera del edificio de un hospital. El uno o más sensores exteriores pueden incluir uno o más de los sensores de PM y/o uno o más de los sensores adicionales. Los sensores exteriores pueden controlar la humedad, las corrientes de viento, las temperaturas, el recuento de partículas, la presión, etc. Los sensores exteriores permiten al sistema 100 tener en cuenta la variación estacional de los niveles de partículas. Por ejemplo, un gradiente de temperatura entre el exterior y el interior del edificio puede crear corrientes de aire que arrastren materia en partículas. Otro ejemplo: los niveles de partículas de fondo pueden variar estacionalmente debido a la variación del polen en el aire.

En algunos ejemplos, el sistema 100 puede comprender opcionalmente un servidor 114. El servidor 114 puede estar situado en el entorno médico 102 o en otro lugar (en la nube). Los sensores 108 y/o el dispositivo de filtrado de aire 112 pueden incluir un transceptor que permita la comunicación con el servidor 114 a través de una red de comunicaciones, como una red de área local o Internet. Los sensores 108 y/o el dispositivo de filtrado de aire 112 pueden enviar las señales de nivel de partículas al servidor 114 para su almacenamiento, supervisión, análisis y/o intervención. Un segundo aspecto de la divulgación, descrito a continuación, se refiere a un sistema de monitorización que comprende una pluralidad de sensores de PM conectados a un dispositivo externo de procesamiento de la calidad del aire a través de una red de comunicaciones. Se apreciará que la funcionalidad descrita en relación con el segundo aspecto puede aplicarse igualmente al primer aspecto descrito en relación con la figura 1.

La figura 2 ilustra un sistema de monitorización de la calidad del aire 200 según una realización de la presente divulgación. Las características de la figura 2 que también están presentes en la figura 1 han recibido los números de referencia correspondientes en la serie 200 y no se describirán necesariamente de nuevo en el presente documento.

El sistema de monitorización de la calidad del aire 200 está dispuesto para monitorizar el flujo de aerosoles en un entorno interior 202. En este ejemplo, el entorno interior comprende un entorno médico 202 que comprende una porción de una sala de hospital que incluye un pasillo 204 y un pabellón 206. El sistema de monitorización de la calidad del aire 200 comprende una pluralidad de sensores de PM 208a..208n situados en una pluralidad correspondiente de posiciones en el entorno médico 202. Cada uno de la pluralidad de sensores 208 está acoplado a una red de comunicaciones 218. El sistema de monitorización de la calidad del aire 200 comprende además un dispositivo de procesamiento de la calidad del aire 216 acoplado a cada uno de la pluralidad de sensores de PM mediante la red de comunicaciones 218. El dispositivo de procesamiento de la calidad del aire 218 puede comprender uno o más procesadores ubicados en un servidor de soporte. El servidor de soporte puede estar situado en otra parte del entorno médico o de forma remota al entorno médico 102, como en la nube. El dispositivo de procesamiento de la calidad del aire 218 puede estar configurado para recibir una señal de nivel de partículas procedente de al menos dos de la pluralidad de sensores de PM 208. El dispositivo de procesamiento de la calidad del aire 218 puede procesar las señales de nivel de partículas y determinar el flujo de materia en partículas entre los al menos dos de los sensores de PM 208 basándose en las señales de nivel de partículas correspondientes.

El sistema de monitorización de la calidad del aire 200 puede rastrear ventajosamente el flujo de aerosoles en un área de monitorización. Determinar y comprender dicho flujo de aerosoles en un entorno médico puede proporcionar una serie de ventajas, entre ellas: comprender los factores de riesgo asociados a la generación de aerosoles; permitir el diseño de medidas de mitigación para reducir la generación de aerosoles y reducir el flujo de aerosoles; y permitir la

activación de medidas de intervención para reducir la materia en partículas y el flujo de aerosoles.

Se apreciará, que cualquiera de las características del sistema 100 (tales como los sensores adicionales y el ajuste de la velocidad del ventilador) y cualquiera de las características de los sensores de PM 108 (tales como los rangos de tamaño de partícula, las ventajas de monitorizar rangos de tamaño de partícula particulares, y el posicionamiento de los sensores de PM) descritos anteriormente en relación con la figura 1, pueden aplicarse igualmente al sistema 200 y a los sensores de PM 208 de la figura 2, y viceversa.

La red de comunicaciones 218 puede comprender una red de área local y/o una red de área amplia tal como Internet. La red de comunicaciones 218 puede incluir vías de comunicación cableadas y/o inalámbricas. La red de comunicaciones 218 también puede incluir una pasarela local 220 (o concentrador) para comunicarse: (i) localmente con la pluralidad de sensores de PM 208, opcionalmente a través de una red inalámbrica como WiFi; y (ii) a través de una red de área amplia con el dispositivo de procesamiento de la calidad del aire 218. En otros ejemplos, los sensores de PM 208 pueden comunicarse directamente con el dispositivo de procesamiento de aire 216 a través de una red cableada o a través de una red inalámbrica, como una red de comunicaciones móviles o una red WiFi.

El sistema de monitorización de la calidad del aire 200 puede determinar el flujo de materia en partículas entre dos o más sensores de PM 208 basándose en un retardo y/o diferencia de amplitud entre picos correspondientes en las señales de nivel de partículas. En algunos ejemplos, el dispositivo de procesamiento de la calidad del aire 216 puede determinar el flujo de materia en partículas entre dos sensores de PM mediante: (i) detectar un evento de aerosol en un primer sensor de PM basándose en que la señal de nivel de partículas para el primer sensor de PM supera un primer umbral de evento; y (ii) detectar el mismo evento de aerosol en un segundo sensor de PM basándose en que la señal de nivel de partículas para el segundo sensor de PM supera un segundo umbral de evento. El segundo umbral de evento puede ser menor o igual que el primer umbral de evento.

A modo de ejemplo, si se produce un evento generador de aerosol (materia en partículas) (denominado evento de aerosol) tal como un estornudo de un paciente o un aleteo de su ropa de cama en una cama 210 adyacente a los sensores de PM 208h, 208k, el dispositivo de procesamiento de la calidad del aire 216 puede detectar un pico en un primer sensor de PM 208h adyacente a la cama 210 basándose en que la señal de nivel de partículas excede un primer umbral de evento. En un momento posterior, el dispositivo de procesamiento de la calidad del aire 216 puede detectar un pico correspondiente al mismo evento de aerosol en uno o más de los sensores restantes 208a..208g, 208i..208l del pabellón 206 basándose en una señal de nivel de partículas correspondiente que supere el segundo umbral de evento. En un momento posterior, el dispositivo de procesamiento de la calidad del aire 216 puede detectar un pico correspondiente al mismo evento de aerosol en otro sensor de PM 208m situado en el pasillo 204, basándose en una señal de nivel de partículas correspondiente que supere el segundo umbral de evento. De este modo, el sistema de monitorización de la calidad del aire 200 puede rastrear el flujo de aerosol del evento de aerosol en el entorno médico 202. A continuación, en relación con las figuras 3 a 10, se describen con más detalle los datos de ejemplo que ilustran el seguimiento de un evento de generación de aerosol.

El primer y segundo umbrales de evento permiten al sistema de monitorización 200 detectar eventos de aerosol como picos en la señal de nivel de partículas por encima del nivel de fondo esperado. El primer y/o segundo umbral de eventos puede comprender un umbral de nivel de evento adaptativo con un valor que se adapta en función de un nivel de fondo cambiante de materia en partículas. Por ejemplo, en un hospital, se esperaría un nivel de fondo más alto durante el día en comparación con la noche y un nivel de fondo aún más alto durante las horas de visita o las rondas, etc. El primer y/o segundo umbral de evento puede incluir un umbral adaptable en función del tiempo que cambie según la hora del día y/o el día concreto (fin de semana frente a día laborable). Los niveles umbral pueden determinarse tras un periodo de calibración inicial posterior a la instalación del sistema 200.

El dispositivo de procesamiento de aire 216 puede identificar uno o más parámetros asociados con el flujo de materia en partículas entre los dos o más sensores de PM 208. El uno o más parámetros pueden incluir cualquiera de: (i) un origen del flujo de aerosoles basado en una posición del primer sensor de PM 208 que detecta el evento de aerosol; (ii) una trayectoria, o dirección de desplazamiento, del flujo de materia en partículas basado en vectores que conectan los dos o más sensores de PM 208 que detectan el evento de aerosol y, opcionalmente, la atenuación entre el nivel de señal de partículas del primer sensor de PM que detecta el evento de aerosol y cada sensor subsiguiente que detecta el evento de aerosol (iii) una velocidad del flujo de aerosol basada en un tiempo de retardo entre los picos correspondientes de los dos o más sensores de PM 208 para detectar el evento de aerosol; iv) una atenuación del flujo de aerosol basada en la reducción del nivel de señal de partículas del primer sensor de PM para detectar el evento de aerosol y de cada sensor subsiguiente para detectar el evento de aerosol y (v) uno o más destinos potenciales del flujo de aerosoles basados en la trayectoria del flujo de aerosoles, la atenuación del flujo de aerosoles y/o la velocidad del flujo de aerosoles.

En algunos ejemplos, el sistema de monitorización de la calidad del aire 200 puede comprender uno o más sensores adicionales. El uno o más sensores adicionales pueden comprender una pluralidad de sensores adicionales situados en una pluralidad de posiciones en el área de monitorización 202. En algunos ejemplos, uno o más sensores adicionales pueden estar situados junto a cada uno de los sensores de PM 208. Por ejemplo, cada uno de los sensores de PM 208 puede formar parte de una unidad de sensores que comprenda uno o más sensores adicionales. El uno o más sensores adicionales pueden comprender uno o más de los siguientes: un sensor de dióxido de carbono (CO₂),

un sensor de humedad, un sensor de temperatura y un sensor de presión. Como se ha comentado anteriormente en relación con la primera realización y más adelante, puede ser útil controlar la temperatura, la humedad y/o la presión: (i) identificar los factores que contribuyen a un evento y flujo de aerosol detectado; e (ii) identificar medidas de intervención para mitigar el flujo de aerosol. La monitorización del CO₂ puede ayudar a identificar: (i) regiones de aire estancado / ventilación deficiente; y (ii) una fuente de un evento de aerosol como derivado de la actividad respiratoria humana frente a la actividad mecánica (apertura de cortinas, aleteo de sábanas, etc.).

En algunos ejemplos, el sistema 200 puede comprender uno o más sensores exteriores, por ejemplo sensores colocados fuera del edificio de un hospital. El uno o más sensores exteriores pueden incluir uno o más de los sensores de PM y/o uno o más de los sensores adicionales. Los sensores exteriores pueden controlar la humedad, las corrientes de viento, las temperaturas, el recuento de partículas, la presión, etc. Los sensores exteriores permiten al sistema 200 tener en cuenta la variación estacional de los niveles de partículas. Por ejemplo, un gradiente de temperatura entre el exterior y el interior del edificio puede crear corrientes de aire que arrastren materia en partículas. Otro ejemplo: los niveles de partículas de fondo pueden variar estacionalmente debido a la variación del polen en el aire.

En algunos ejemplos, el dispositivo de procesamiento de la calidad del aire 216 puede emitir una señal de intervención en respuesta a la determinación de un flujo de materia en partículas entre dos o más sensores de PM 208. El dispositivo de procesamiento de la calidad del aire 216 puede emitir la señal de intervención a través de la red de comunicaciones 218 a uno o más mecanismos de intervención de la calidad del aire 222 (conectados a la red). En algunos ejemplos, el sistema de monitorización de la calidad del aire 200 puede incluir uno o más mecanismos de intervención de la calidad del aire 222. En el ejemplo de la figura 2, uno o más mecanismos de intervención en la calidad del aire incluyen puertas automáticas 222 en el pabellón 206.

Los uno o más mecanismos de intervención en la calidad del aire pueden incluir uno o más de: una puerta automática o un actuador de esta; parámetros de funcionamiento de un dispositivo de filtrado de aire; parámetros de funcionamiento de un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado, HVAC; y una señal de alerta. El sistema de calidad del aire puede emitir la señal de intervención para activar (u operar) uno o más mecanismos de intervención de calidad del aire en: una ubicación asociada con la fuente del flujo de materia en partículas (evento de aerosol); una ubicación asociada con la trayectoria del flujo de materia en partículas; y/o una ubicación asociada con uno o más destinos potenciales del flujo de materia en partículas.

En algunos ejemplos, el sistema de calidad del aire 200 puede emitir la señal de intervención para activar una o más puertas automáticas u otros medios de aislamiento para aislar un área particular asociada con el flujo de materia en partículas. De este modo, el sistema de monitorización de la calidad del aire 200 puede aislar un flujo de materia en partículas a una zona restringida y reducir el riesgo de transmisión aérea de partículas infecciosas.

En algunos ejemplos, el sistema de calidad del aire 200 puede emitir la señal de intervención para activar, o ajustar los parámetros de funcionamiento (por ejemplo, la velocidad del ventilador) de, un dispositivo de filtrado de aire 212 para aumentar el filtrado del aire y reducir el contenido de materia en partículas. El sistema 200 puede emitir la señal de intervención a uno o más dispositivos de filtrado de aire 212 en una fuente o a lo largo de una trayectoria del flujo de materia en partículas. De este modo, las materia en partículas detectadas pueden reducirse, reduciendo así su propagación. El sistema 200 puede enviar la señal de intervención a uno o más dispositivos de filtrado de aire 212 en uno o más destinos previstos del flujo de materia en partículas. De este modo, el sistema 200 puede tomar medidas preventivas para maximizar el filtrado de aire en una zona antes de que llegue el flujo de materia en partículas. El dispositivo de filtrado de aire 212 puede comprender cualquiera de los siguientes: un sistema de ventilación; un sistema HVAC; y un purificador de aire. El purificador de aire puede incluir uno o más de los siguientes elementos: un filtro HEPA, un filtro de carbono y una lámpara UVC.

En algunos ejemplos, el sistema de calidad del aire 200 puede emitir la señal de intervención para activar, o ajustar los parámetros de funcionamiento de, un sistema HVAC. Por ejemplo, el sistema 200 puede emitir la señal de intervención para ajustar una temperatura, ventilación o humedad de un área asociada con uno o más de los sensores de PM. En algunos ejemplos, el sistema 200 puede incluir un sensor de temperatura, humedad, presión y/o CO₂ situado junto a cada sensor de PM 208. De este modo, el sistema 200 puede determinar regiones asociadas con el flujo de PM que tengan un nivel de temperatura, humedad, presión y/o CO₂, o gradientes de estos, por encima de un nivel umbral correspondiente. La señal de intervención puede ajustar un sistema HVAC para reducir regiones de alta temperatura, humedad, presión o nivel de CO₂ (o gradientes de estos) en consecuencia.

En algunos ejemplos, el sistema de calidad del aire 200 puede emitir la señal de intervención para activar una alerta. La alerta puede incluir una señal de alarma audible y/o visible, como una sirena o una luz intermitente. La alerta puede consistir en una señal de información, como un mensaje o gráfico de advertencia en un sistema informático o un correo electrónico, mensaje de texto, notificación emergente u otro mecanismo de alerta conocido en la técnica. La señal de información puede comprender una representación gráfica de la configuración interior para indicar el origen, la ruta y/o los destinos potenciales del flujo de PM. La representación gráfica puede estar codificada por colores para indicar una magnitud (y un nivel de riesgo) del flujo de PM. La señal de alerta puede alertar a uno o más usuarios (como el personal del hospital) de un evento de aerosol y el usuario puede investigar la fuente de la alerta y/o tomar medidas correctivas.

En algunos ejemplos, el sistema de monitorización de la calidad del aire 200 puede comprender una memoria para almacenar la señal de nivel de partículas de cada uno de los uno o más sensores de PM 208. La memoria también puede almacenar datos recibidos de uno o más sensores adicionales.

El dispositivo de procesamiento de aire 216 puede analizar la señal de nivel de partículas para uno o más sensores de PM 208 durante un periodo de tiempo (por ejemplo, una hora, un día, una semana o un mes) para determinar una prevalencia de materia en partículas en un área asociada con el uno o más sensores de PM 208. La prevalencia de materia en partículas puede referirse a un número, o frecuencia, de flujos de materia en partículas o eventos de aerosol asociados con uno o más sensores de PM 208. La prevalencia de materia en partículas puede referirse a una señal de nivel medio de partículas, un período total de tiempo transcurrido por encima de un umbral de evento o cualquier otra métrica de señal de nivel de partículas adecuada para el uno o más sensores de PM 208.

Al determinar la prevalencia de materia en partículas para uno o más sensores de PM 208, el sistema de monitorización de la calidad del aire 200 puede determinar áreas de alto riesgo y áreas de bajo riesgo del entorno médico 202 asociadas con niveles respectivamente relativamente altos o bajos de eventos de aerosol y/o flujos de materia en partículas. Por ejemplo, el dispositivo de procesamiento de aire 212 puede determinar las zonas de alto riesgo del entorno médico 202 como zonas con una prevalencia de materia en partículas superior a un primer umbral de prevalencia y determinar de forma similar las zonas de bajo riesgo del entorno médico como zonas con una prevalencia de materia en partículas inferior a un segundo umbral de prevalencia. El dispositivo de tratamiento del aire 216 puede emitir datos, como informes, gráficos, etc., que indiquen las zonas de alto riesgo y las zonas de bajo riesgo. Como resultado, un usuario puede rediseñar un ambiente interior en consecuencia. Por ejemplo, se pueden designar zonas de bajo riesgo (por ejemplo, una cama en una alcoba o junto a un dispositivo de filtrado de aire 212) para colocar a pacientes infecciosos de alto riesgo de forma que haya un flujo mínimo de materia en partículas que transmitan su infección. En consecuencia, las zonas de alto riesgo asociadas a eventos de generación de aerosoles pueden designarse como sólo aptas para pacientes no infecciosos de bajo riesgo. Como ejemplo adicional, podrían identificarse mecanismos de intervención adicionales para reducir el flujo de materia en partículas en zonas de alto riesgo.

En algunos ejemplos, el dispositivo de procesamiento de aire 212 puede analizar la señal de nivel de partículas para uno o más sensores de PM 208 durante un periodo de tiempo para determinar eventos de aerosol periódicos asociados con el uno o más sensores de PM 208. Por ejemplo, el dispositivo de tratamiento del aire 212 puede determinar una ocurrencia regular (diaria, semanal, etc.) del mismo flujo de materia en partículas y/o evento de aerosol. Estos eventos periódicos pueden ser generados por actividades rutinarias, que en un entorno hospitalario pueden ser la ronda de visitas, la hora de las visitas, la hora de la comida, la apertura de las cortinas u otros eventos regulares.

En algunos ejemplos, el dispositivo de procesamiento de aire 212 puede emitir datos que indican el evento de aerosol periódico, los tiempos de ocurrencia del evento de aerosol periódico y/o la posición de uno o más sensores de PM asociados con el evento de aerosol periódico. De este modo, un usuario puede correlacionar el evento periódico de aerosol con una actividad o evento periódico y tomar las medidas correctivas adecuadas, como rediseñar el área, evitar la actividad periódica o ajustar el proceso de la actividad periódica para minimizar los eventos de aerosol (por ejemplo, reducir el número de personal en una ronda de guardia).

En algunos ejemplos, el dispositivo de procesamiento de aire 212 puede emitir una señal de intervención para operar uno o más mecanismos de intervención, en la proximidad de uno o más sensores de PM 208 asociados con el evento de aerosol periódico, en momentos correspondientes al evento de aerosol periódico. El dispositivo de procesamiento de aire 212 puede emitir la señal de intervención a uno o más mecanismos de intervención poco antes de que se produzca el evento de aerosol periódico. Por ejemplo, el dispositivo de tratamiento de aire puede aumentar la velocidad del ventilador de un dispositivo de filtrado de aire y/o activar una puerta automática para aislar la zona.

En algunos ejemplos, el dispositivo de procesamiento de aire 212 puede recibir datos operativos asociados con el área de monitorización 202. El dispositivo de procesamiento de aire 212 puede recibir los datos operativos de un sistema informático asociado a la zona de monitorización, de la entrada manual del usuario y/o de la entrada del sensor. Los datos operativos pueden incluir detalles de eventos operativos o clínicos, como rondas, horarios de comidas, horarios de visitas, ingresos y altas de pacientes, enfermedades de pacientes y personal, etc. El dispositivo de tratamiento del aire 212 puede correlacionar los datos operativos con un evento de aerosol, un evento de aerosol periódico o un flujo de materia en partículas para identificar los desencadenantes del evento de aerosol de forma que pueda identificarse la causa raíz del evento. Un usuario y/o el sistema de monitorización de la calidad del aire 200 pueden entonces tomar medidas correctivas y/o aplicar intervenciones de mitigación como se ha descrito anteriormente. En algunos ejemplos, el dispositivo de procesamiento de aire 212 puede implementar un algoritmo para correlacionar los detalles operativos con los eventos de aerosol. El algoritmo puede ser un algoritmo de inteligencia artificial (IA).

El dispositivo de procesamiento de aire 212 / algoritmo puede realizar algún preprocesamiento en las señales de nivel de partículas antes de identificar eventos de aerosol, eventos periódicos de aerosol o flujos de materia en partículas. El dispositivo de procesamiento de aire 212 / algoritmo puede realizar una o más de las siguientes funciones:

- Eliminación del ruido
- Escala

- Normalización - Durante un período de calibración, el dispositivo de tratamiento del aire puede definir valores normales para las señales de nivel de partículas en función del día, la semana, etc. De este modo, el algoritmo puede determinar el primer y/o segundo umbral de evento en función de los valores normales.
- 5 • Vectorización - El dispositivo de tratamiento del aire 212 puede determinar un flujo de materia en partículas basándose en un pico de una primera señal de nivel de partículas que supere un primer umbral de evento en un primer sensor de PM en un primer momento y un pico correspondiente de una segunda señal de nivel de partículas que supere un segundo umbral de evento en un segundo sensor de PM en un segundo momento (poco) después del primer momento. El dispositivo de tratamiento del aire 212 puede definir un "vector" de flujo de materia en partículas desde el primer sensor de PM hasta el segundo sensor de PM.
- 10 • Normalización periódica - El dispositivo de procesamiento de aire 212 puede identificar anomalías / picos periódicos que superen el primer umbral de evento para determinar un evento de aerosol periódico.
- Árbol de decisión/búsqueda heurística/algoritmo específico - el dispositivo de procesamiento de aire 212 puede realizar una o más acciones para mitigar eventos de aerosol, eventos periódicos de aerosol y/o flujo de materia en partículas, incluyendo:
 - 15 ◦ Emisión de una señal de intervención para controlar a distancia uno o más mecanismos de intervención, como la activación de puertas automáticas o el aumento de la velocidad del ventilador en un purificador de aire tras un evento de aerosol detectado o en momentos correspondientes al evento de aerosol periódico;
 - Emitir información a un usuario para que tome medidas correctoras. El usuario puede ser un operario que puede ajustar la configuración de un mecanismo de intervención de forma que se active o aumente su eficacia en los momentos correspondientes al evento periódico de aerosol.
- 20

Aunque la realización de la figura 2 se describe en relación con la determinación del flujo de materia en partículas entre dos sensores, se apreciará que la determinación del flujo de materia en partículas es opcional. En algunos ejemplos, el sistema 200 puede implementar cualquiera de las intervenciones o análisis y salida de datos descritos anteriormente, basándose en la detección de un evento de aerosol como una señal de nivel de partículas de uno o más sensores de PM 208 que excede el primer umbral de evento.

25

La figura 3 ilustra otro sistema de monitorización de la calidad del aire 300 de acuerdo con una realización de la presente divulgación y las figuras 4 a 10d ilustran datos y análisis del sensor de PM para un evento de aerosol capturado por el sistema de monitorización de la calidad del aire 300. Las características de la figura 3 que también están presentes en la figura 1 o en la figura 2 han recibido los números de referencia correspondientes en la serie 300 y no se describirán necesariamente de nuevo en el presente documento.

30

El sistema de monitorización de la calidad del aire 300 incluye una pluralidad de sensores de PM 308-a, 308-b, 308-c y 308-d situados en un entorno médico 302. Un primer sensor de PM 308-a está situado en un pabellón 306. Un segundo sensor de PM 308-b está situado en un pasillo 304 y adyacente al pabellón 306. Un tercer sensor de PM 308-c está situado en el pasillo 304 en una alcoba a lo largo del pabellón 304. Un cuarto sensor de PM 308-d está situado en el pasillo 304 al otro lado de las puertas del pasillo 322 desde el segundo sensor de PM 308-b. Por lo demás, el sistema 300 tiene las mismas características estructurales y funcionales que el sistema de la figura 2, incluido un dispositivo de procesamiento de aire (no ilustrado) y su funcionalidad asociada.

35

Se produjo un evento de aerosol en la cama 310 cuando un paciente se cayó de la cama 310 por la noche mientras dormía.

La figura 4 muestra las señales de nivel de partículas 430-a, 430-b, 430-c, 430-d correspondientes a la concentración de PM1 (tamaños de partículas entre el límite inferior de detección y 1 μm) en cada uno de los sensores de PM 308 en el periodo de tiempo que rodea al evento de aerosol. El eje horizontal corresponde al tiempo en épocas, donde cada época equivale a 5 segundos.

Una primera señal de nivel de partículas 430-a corresponde al primer sensor de PM 308-a en el pabellón 306 y muestra un pico grande (fuera de la escala vertical) correspondiente al evento de aerosol. La segunda señal de nivel de partículas 430-b corresponde al segundo sensor de PM 308-b en el pasillo 304 y muestra un pico retrasado respecto al pico de la primera señal de nivel de partículas 430-a en unos 5 minutos. El retardo corresponde al tiempo que el flujo de materia en partículas tardó en viajar desde el lecho 310 hasta el segundo sensor de PM 308-b. La tercera señal de nivel de partículas 430-c corresponde al tercer sensor de PM 308-c de la alcoba. Alrededor del mismo tiempo que el pico de la segunda señal de nivel de partículas 430-b, se aprecia un pico poco profundo. La cuarta señal de nivel de partículas 430-d corresponde al cuarto sensor de PM 308-d de la alcoba. Justo al mismo tiempo que el pico de la segunda señal de nivel de partículas 430-b se aprecia un pico poco profundo.

45

50

La figura 5 muestra señales de nivel de CO2 532-a, 532-b, 532-c, 532-d correspondientes a la concentración de CO2 en cada uno de los sensores de PM 308 (el sistema 300 también incluye sensores de CO2 colocados con los sensores de PM 308) en el periodo de tiempo que rodea al evento de aerosol. Puede observarse un pico en el nivel de CO2 en una primera señal de nivel de CO2 532-a correspondiente a un sensor de CO2 situado junto con el primer sensor de PM 308-a. El aumento de CO2 puede estar asociado con el evento de aerosol. No se aprecia ningún pico correspondiente en las señales de nivel de CO2 532-b, 532-c, 532-d correspondientes a los sensores de CO2 situados

55

junto a los sensores de PM 308-b, 308-c, 308-d en el pasillo 304. Los datos demuestran que el flujo de aerosoles no puede determinarse ni seguirse únicamente con sensores de CO₂.

Como se ha descrito anteriormente, el dispositivo de procesamiento de aire del sistema 312 puede determinar un flujo de materia en partículas entre al menos dos sensores 308 de PM. Un método consiste en aplicar una correlación cruzada entre las señales de nivel de partículas correspondientes. Esto puede ayudar a identificar picos en diferentes señales de nivel de partículas que pueden no ser visibles a simple vista (por ejemplo, los picos en las señales de nivel de partículas tercera y cuarta de la figura 4 son difíciles de discernir). Las figuras 6a a 9b muestran diversas correlaciones cruzadas entre las señales de nivel de partículas 430a-430d procedentes de los sensores de PM 308a-308d en el periodo de tiempo que rodea al evento de aerosol.

La figura 6A muestra la correlación cruzada entre una primera señal de nivel de partículas PM1 procedente del primer sensor de PM 308-a y una segunda señal de nivel de partículas PM1 procedente del segundo sensor de PM 308-b. Se observa un pico de correlación (r máximo = 0,836) con un desfase temporal de 74 épocas (370 segundos). Esto indica que las partículas PM1 se desplazan desde el pabellón 306 hacia el pasillo 304.

La figura 6B muestra la correlación cruzada entre una primera señal de nivel de partículas PM10 procedente del primer sensor de PM 308-a y una segunda señal de nivel de partículas PM10 procedente del segundo sensor de PM 308-b. Se observa un pico de correlación (r máximo = 0,836) con un desfase temporal de 74 épocas (370 segundos). Esto indica que las partículas PM10 se desplazan desde el pabellón 306 hacia el pasillo 304.

La figura 7A muestra la correlación cruzada entre una primera señal de nivel de partículas PM1 procedente del primer sensor de PM 308-a y una cuarta señal de nivel de partículas PM1 procedente del cuarto sensor de PM 308-d. Se observa un pico de correlación (r máximo = 0,527) con un desfase temporal de 92 épocas (460 segundos). Esto indica que las partículas PM1 se desplazan desde el pabellón 306 hacia el pasillo 304 y, a continuación, se desplazan a lo largo del pasillo 304. La correlación no es tan fuerte como en la figura 6A, lo que indica una atenuación del flujo de materia en partículas a medida que avanza a lo largo del corredor 304. El desfase también es mayor, lo que refleja el tiempo adicional de viaje a lo largo del corredor 304.

La figura 7B muestra la correlación cruzada entre una primera señal de nivel de partículas PM10 procedente del primer sensor de PM 308-a y una cuarta señal de nivel de partículas PM10 procedente del cuarto sensor de PM 308-d. Se observa un pico de correlación (r máximo = 0,522) con un desfase temporal de 92 épocas (460 segundos). Esto indica que las partículas PM10 se desplazan desde el pabellón 306 hacia el pasillo 304 y, a continuación, se desplazan a lo largo del pasillo 304. La correlación no es tan fuerte como en la figura 6A, lo que indica una atenuación del nivel de materia en partículas a medida que se desplaza por el corredor 304. El desfase también es mayor, lo que refleja el tiempo adicional de viaje a lo largo del corredor 304.

La figura 8A muestra la correlación cruzada entre una primera señal de nivel de partículas PM1 procedente del primer sensor de PM 308-a y una tercera señal de nivel de partículas PM1 procedente del tercer sensor de PM 308-c. Se observa un pico de correlación (r máximo = 0,580) con un desfase temporal de 65 épocas (325 segundos). Esto indica que las partículas PM1 se desplazan desde el pabellón 306 hacia el pasillo 304.

La figura 8B muestra la correlación cruzada entre una primera señal de nivel de partículas PM10 procedente del primer sensor de PM 308-a y una tercera señal de nivel de partículas PM10 procedente del tercer sensor de PM 308-c. Se observa un pico de correlación (r máximo = 0,573) con un desfase temporal de 65 épocas (325 segundos). Esto indica que las partículas PM10 se desplazan desde el pabellón 306 hacia el pasillo 304.

La figura 9A muestra la correlación cruzada entre una segunda señal de nivel de partículas PM1 procedente del segundo sensor de PM 308-b y una tercera señal de nivel de partículas PM1 procedente del tercer sensor de PM 308-c. Se observa un pico de correlación (r máximo = 0,649) con un desfase temporal de 6 épocas (30 segundos). Esto indica que las partículas PM1 se desplazan a lo largo del pasillo 304 y suben y bajan casi simultáneamente en el segundo y tercer sensores de PM 308-b, 308-c.

La figura 9B muestra la correlación cruzada entre una segunda señal de nivel de partículas PM10 procedente del segundo sensor de PM 308-b y una tercera señal de nivel de partículas PM10 procedente del tercer sensor de PM 308-c. Se observa un pico de correlación (r máximo = 0,648) con un desfase temporal de 6 épocas (30 segundos). Esto indica que las partículas PM10 se desplazan a lo largo del pasillo 304 y suben y bajan casi simultáneamente en el segundo y tercer sensores de PM 308-b, 308-c.

Las figuras 10A a 10D muestran, respectivamente, la correlación cruzada entre una primera señal de nivel de CO₂ procedente de un sensor de CO₂ en el pabellón 306 y la primera, segunda, tercera y cuarta señales de nivel de partículas PM1 correspondientes al primer, segundo, tercer y cuarto sensores de PM 308-a, 308-b, 308-c, 308-d. Todas las figuras muestran un pico de correlación entre el nivel de CO₂ en el pabellón y la señal de nivel de partículas PM1 en cada sensor PM1. Se trata de una relación compleja y difícil de interpretar, pero sugiere que, en general, los niveles de CO₂ en la bahía de la sala 306 aumentan antes que los niveles de PM1 (incluso en la bahía de la sala 306).

No se observó ninguna correlación entre las señales de nivel de CO₂ 532-b, 532-c, 532-d en el pasillo 304 y cualquier otra señal reforzando que los flujos de partículas no pueden ser rastreados utilizando únicamente sensores de CO₂.

Esto ocurre sobre todo cuando hay sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, que pueden diluir rápidamente las zonas concentradas.

5 Los datos de las figuras 4 a 9d ilustran el seguimiento del flujo de partículas en un entorno interior tras un evento de aerosol. El sistema 300 puede responder aplicando una medida de intervención como la descrita anteriormente (por ejemplo, cerrando las puertas automáticas 322 antes de que el flujo de partículas pueda llegar tan lejos o aumentando la velocidad del ventilador de un purificador de aire). Los usuarios pueden evaluar la salida de datos del sistema 300 para determinar medidas de intervención adicionales u otras acciones correctivas.

10 Aunque la discusión anterior se dirige principalmente a sistemas en un entorno médico, la divulgación no se limita a ello y se apreciará que los sistemas divulgados pueden aplicarse a cualquier entorno interior, incluyendo edificios educativos y comerciales.

Se apreciará que cualquier referencia a "cerca de", "antes de", "poco antes de", "después de", "poco después de", "mayor que", o "menor que", etc., puede referirse a que el parámetro en cuestión es menor o mayor que un valor umbral, o entre dos valores umbral, dependiendo del contexto.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de monitorización de la calidad del aire (200) para monitorizar el flujo de aerosoles en un ambiente interior que comprende:

una pluralidad de sensores de materia en partículas, PM, (208), la pluralidad de sensores de PM posicionados en una pluralidad correspondiente de posiciones en un área de monitorización;
y
un dispositivo de procesamiento de la calidad del aire (216) acoplado a cada uno de la pluralidad de sensores de PM (208) a través de una red de comunicaciones (218), el dispositivo de procesamiento de la calidad del aire configurado para:

recibir una señal de nivel de partículas de al menos dos de la pluralidad de sensores de PM (208); y
determinar el flujo de materia en partículas entre los al menos dos sensores de PM (208) basándose en las señales de nivel de partículas correspondientes.

2. El sistema de monitorización de la calidad del aire (200) de la reivindicación 1, en el que el dispositivo de procesamiento de la calidad del aire (216) está configurado para determinar el flujo de materia en partículas entre los al menos dos sensores de PM (208) mediante:

detectar un evento de aerosol en uno de los al menos dos sensores de PM basándose en que la señal de nivel de partículas supera un primer umbral de evento; y
detectar el evento de aerosol en un segundo de los al menos dos sensores de PM basándose en que la señal de nivel de partículas supera un segundo umbral de evento, en el que opcionalmente el primer umbral de evento comprende un umbral de evento adaptativo.

3. El sistema de monitorización de la calidad del aire (200) de la reivindicación 2, en el que el segundo umbral de evento comprende un valor escalado del primer umbral de evento.

4. El sistema de monitorización de la calidad del aire (200) de cualquier reivindicación anterior, en el que el dispositivo de procesamiento de la calidad del aire (216) está configurado para determinar el flujo de materia en partículas basándose en un retardo y/o diferencia de amplitud entre los picos correspondientes de las señales de nivel de partículas.

5. El sistema de monitorización de la calidad del aire (200) de cualquier reivindicación anterior, en el que el dispositivo de procesamiento de la calidad del aire (216) está configurado para determinar el flujo de materia en partículas aplicando una correlación cruzada a las señales de nivel de partículas asociadas con los al menos dos sensores de PM (208).

6. El sistema de monitorización de la calidad del aire (200) de cualquier reivindicación anterior, en el que el dispositivo de procesamiento de la calidad del aire (216) está configurado para identificar uno o más de:

una fuente del flujo de materia en partículas;
una trayectoria del flujo de materia en partículas;
una velocidad del flujo de materia en partículas;
una atenuación del flujo de materia en partículas; y/o
uno o varios destinos previstos del flujo de materia en partículas.

7. El sistema de monitorización de la calidad del aire (200) de cualquier reivindicación anterior, en el que el dispositivo de procesamiento de la calidad del aire (216) está configurado además para emitir una señal de intervención configurada para operar uno o más mecanismos de intervención de la calidad del aire (222), en el que opcionalmente los mecanismos de intervención de la calidad del aire comprenden uno o más de:

una puerta automática (222) o un actuador de esta;
parámetros de funcionamiento de un dispositivo de filtrado de aire (212);
parámetros de funcionamiento de un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC); y
una señal de alerta.

8. El sistema de monitorización de la calidad del aire (200) de la reivindicación 7, en el que el dispositivo de procesamiento de la calidad del aire (216) está configurado para emitir la señal de intervención para operar uno o más mecanismos de intervención de la calidad del aire (222) en:

un lugar asociado a la fuente del materia en partículas;
una ubicación asociada a la trayectoria del flujo de materia en partículas; y/o
una ubicación asociada a uno o varios destinos potenciales del flujo de materia en partículas.

9. El sistema de monitorización de la calidad del aire (200) de cualquier reivindicación anterior, en el que el dispositivo de procesamiento del aire (216) está configurado además para:

analizar la señal de nivel de partículas de uno o más sensores de PM (208) a lo largo de un período de tiempo para determinar una prevalencia de materia en partículas asociada a uno o más sensores de PM; y datos de prevalencia de salida que indican la prevalencia de materia en partículas, en los que opcionalmente los datos de prevalencia indican:

- 5 regiones de alto riesgo de la zona de monitorización correspondientes a uno o más sensores de PM con una prevalencia de materia en partículas superior a un primer umbral de prevalencia; y/o
 regiones de bajo riesgo de la zona de monitorización correspondientes a uno o más sensores de PM con una prevalencia de materia en partículas inferior a un segundo umbral de prevalencia.
10. El sistema de monitorización de la calidad del aire (200) de la reivindicación 9, en el que la prevalencia de materia en partículas incluye eventos periódicos de aerosol asociados con uno o más sensores de PM (208) y los datos de prevalencia indican:

 los eventos periódicos de aerosol;
 las horas en que se producen los eventos periódicos de aerosol; y/o
 la ubicación de uno o más sensores de PM asociados con el evento periódico de aerosol, en donde opcionalmente
15 el dispositivo de procesamiento de aire (216) está configurado para emitir una señal de intervención para operar uno o más mecanismos de intervención (222) en momentos correspondientes al evento periódico de aerosol.
11. El sistema de monitorización de la calidad del aire (200) de cualquier reivindicación anterior, en el que el dispositivo de procesamiento del aire (216) está configurado para:

20 recibir datos operativos relativos a la zona de monitorización;
 correlacionar uno o más eventos de aerosol con los datos operativos; y
 identificar los desencadenantes de eventos de aerosol basándose en la correlación.
12. El sistema de monitorización de la calidad del aire (200) de cualquier reivindicación anterior, en el que cada uno de los sensores de PM (208) está configurado para medir una concentración de materia en partículas en el aire con tamaños de partícula en un rango comprendido entre un límite inferior de detección y un índice de materia en partículas del sensor de PM.
25
13. El sistema de monitorización de la calidad del aire (200) de cualquier reivindicación anterior, en el que dos o más de los sensores de PM (208) están situados a diferentes alturas.
14. El sistema de monitorización de la calidad del aire (200) de cualquier reivindicación precedente, comprende además una pluralidad de sensores adicionales, en los que los sensores adicionales comprenden uno o más de:
30 un sensor de dióxido de carbono (CO₂);
 un sensor de humedad;
 un sensor de temperatura; y
 un sensor de presión.
15. Un método de monitorización del flujo de materia en partículas en un área de monitorización de un ambiente interior, comprendiendo el método:
35 recibir una pluralidad de señales de nivel de a partículas procedentes de al menos dos sensores de materia en partículas, PM, (208) posicionados en el área de monitorización;

 determinar el flujo de materia en partículas entre los al menos dos sensores de PM (208) basándose en las señales de nivel de partículas correspondientes.
40

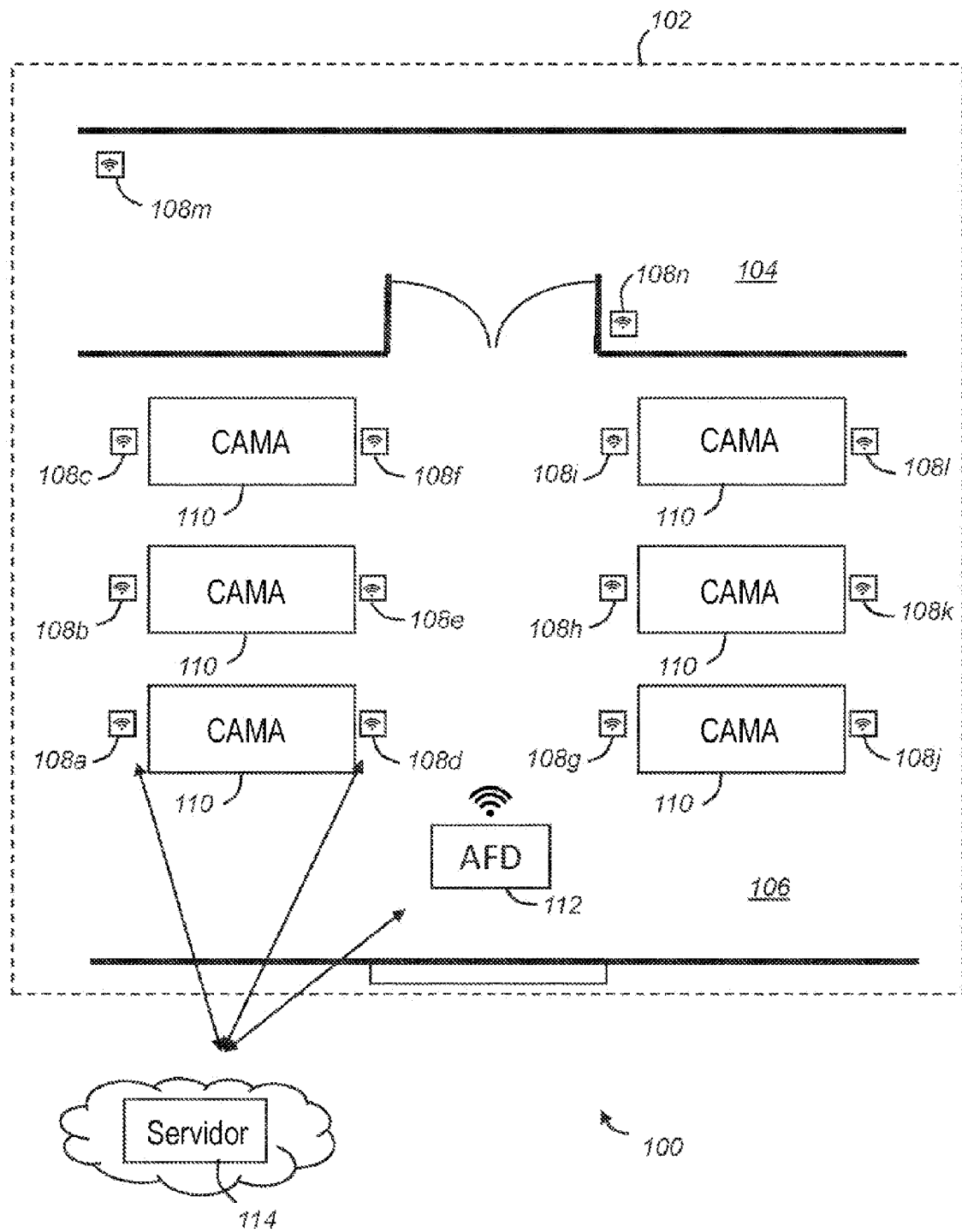
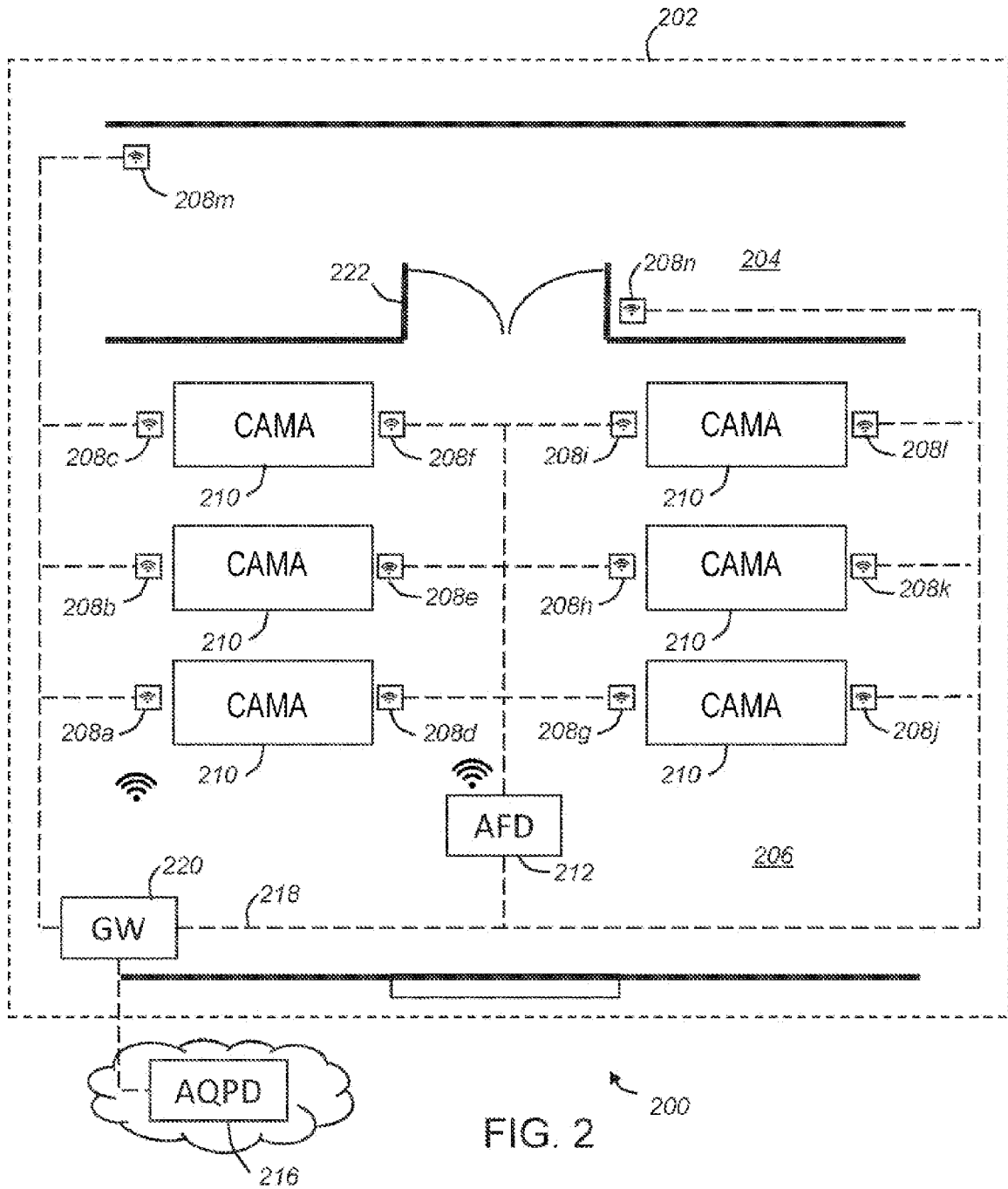


FIG. 1



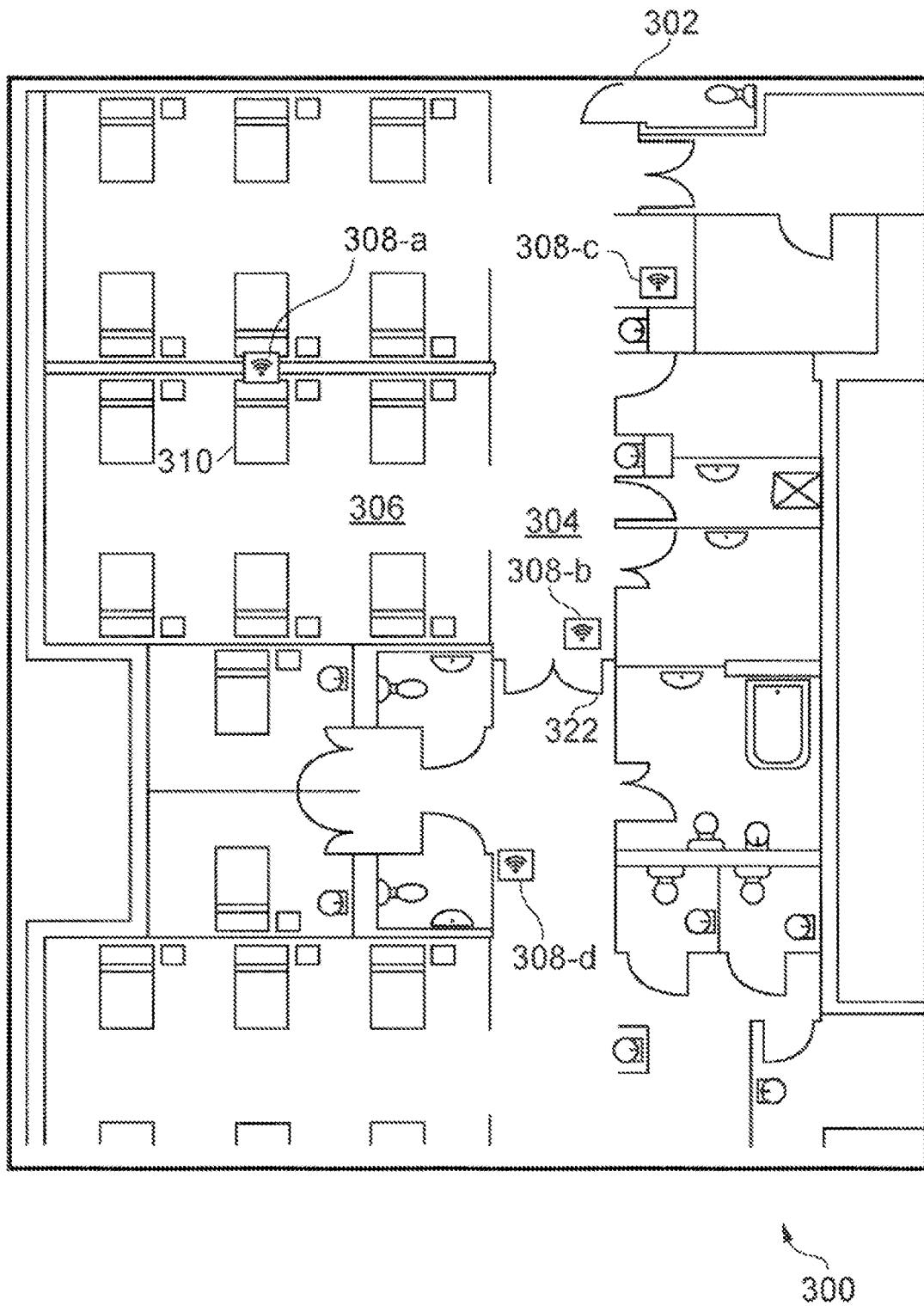


FIG. 3

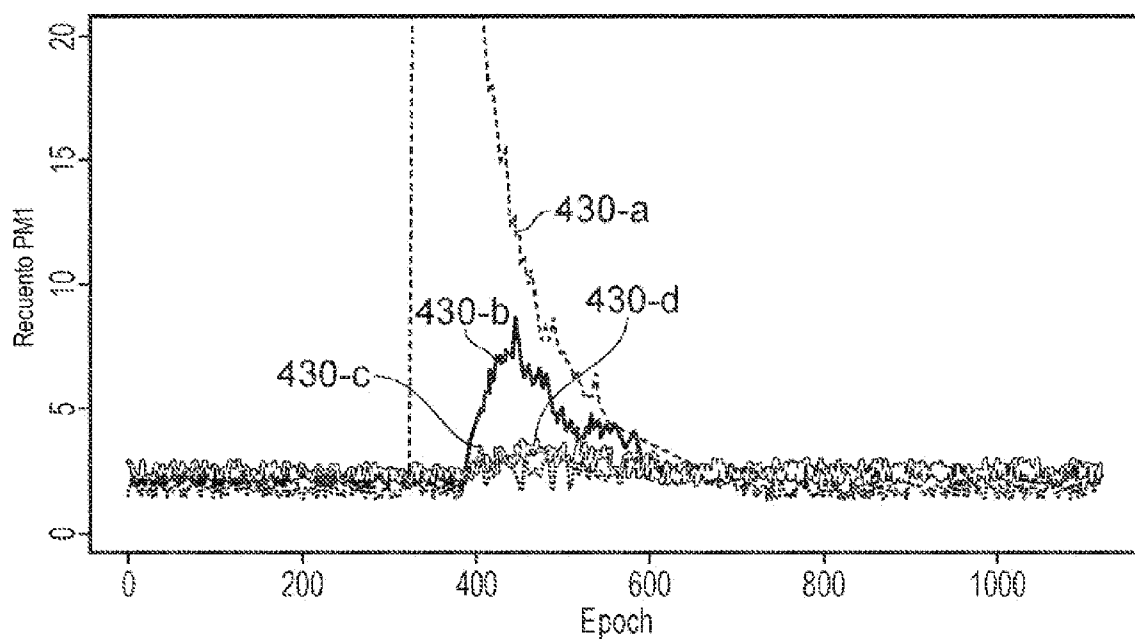


FIG. 4

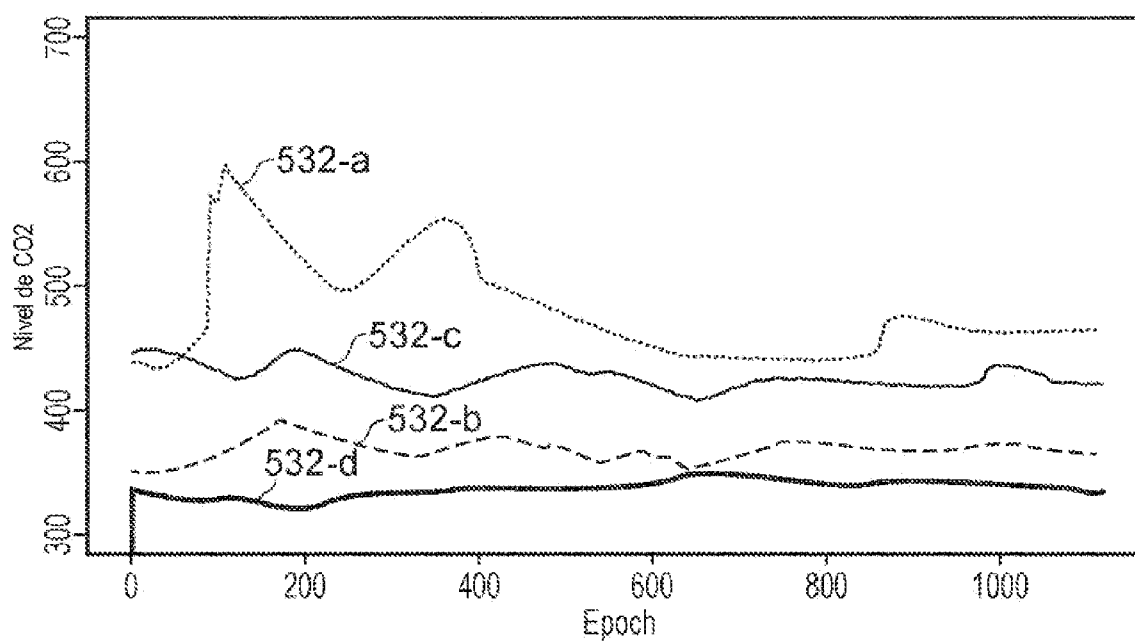


FIG. 5

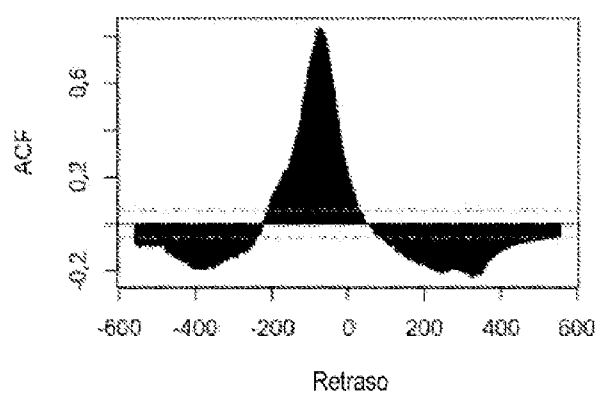


FIG. 6A

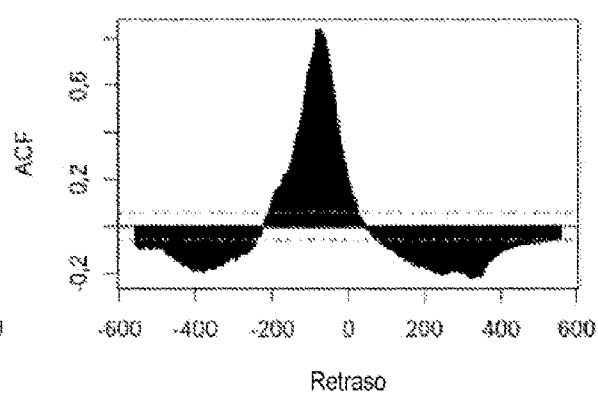


FIG. 6B

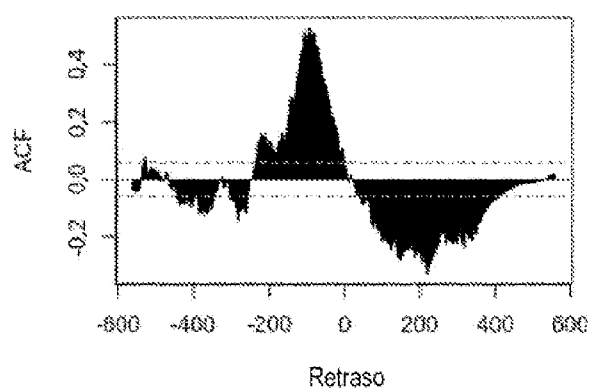


FIG. 7A

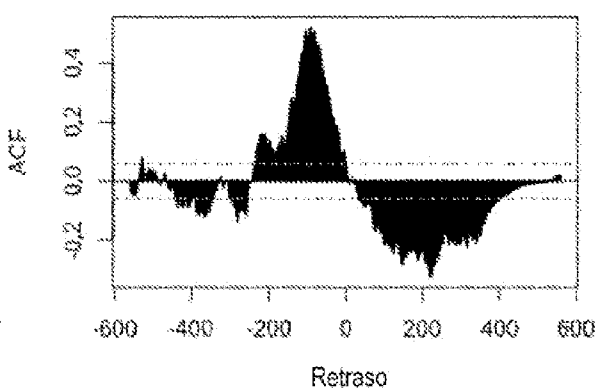


FIG. 7B

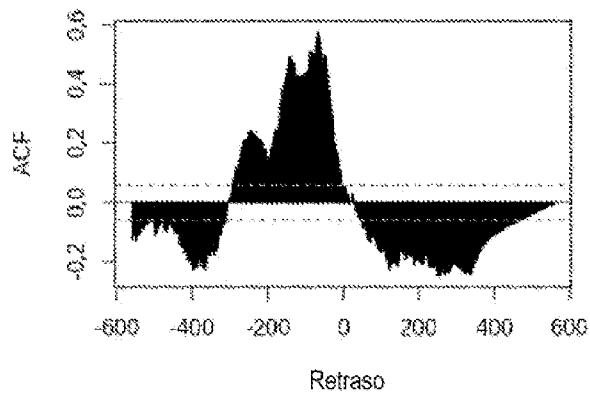


FIG. 8A

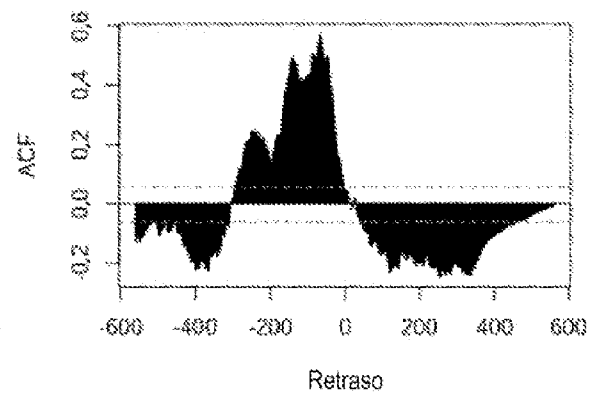


FIG. 8B

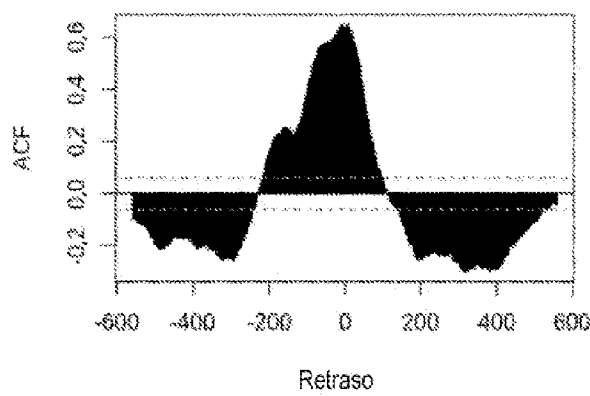


FIG. 9A

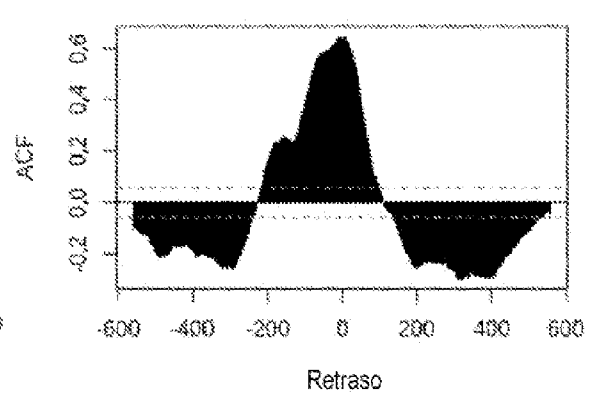


FIG. 9B

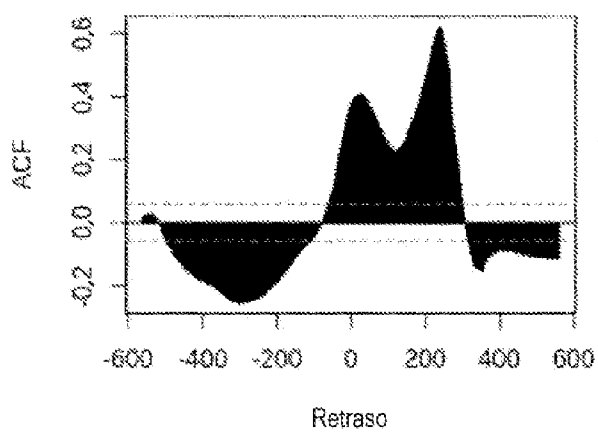


FIG. 10A

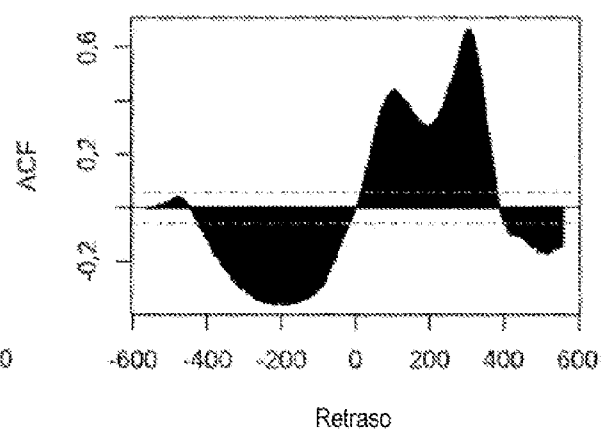


FIG. 10B

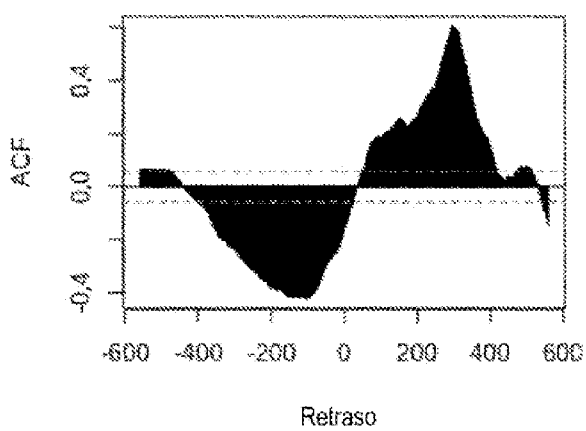


FIG. 10C

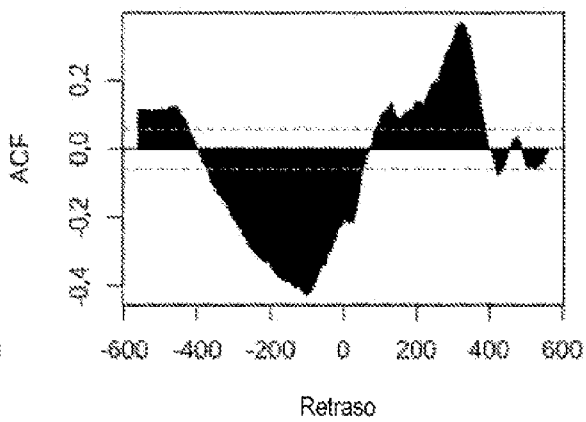


FIG. 10D