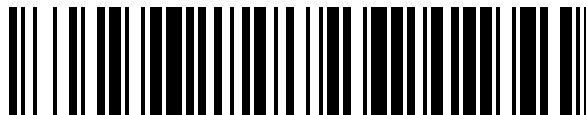


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 307 453**

21 Número de solicitud: 202331944

51 Int. Cl.:

G01N 35/00

(2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

10.12.2021

43 Fecha de publicación de la solicitud:

13.05.2024

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A
DISTANCIA (100.0%)
C/ Bravo Murillo 38 3º Planta
28015 Madrid (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**PASTOR VARGAS, Rafael;
HERNÁNDEZ BERLINCHES, Roberto;
GÓMEZ TOMÉ, Carlos y
HORCAS CALVO, Ignacio**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

54 Título: **DISPOSITIVO PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE GASES CONTAMINANTES**

ES 1 307 453 U

DESCRIPCIÓN**DISPOSITIVO PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE GASES CONTAMINANTES****5 Campo de la invención**

La presente invención se engloba en el campo de los dispositivos utilizados para la medición de gases contaminantes, como ozono y dióxido de nitrógeno y, más en particular, en los dispositivos portátiles de reducido tamaño y peso que pueden operar en cualquier lugar.

10

Antecedentes de la invención

Actualmente las grandes y medianas ciudades disponen de estaciones de medición de la calidad de aire, ubicadas en determinadas localizaciones, que emplean sensores de gas de gran precisión (hasta 0.1ppb, partes por mil millones) y elevado coste para medir la concentración de gases perjudiciales para la salud (e.g. O₃, NO₂, CO, CO₂, NH₃, H₂S, SO₂) y emitir alertas cuando se alcanzan elevadas concentraciones, para poder adoptar medidas como la restricción del tráfico. Las estaciones de medición de gases contaminantes publican normalmente los resultados de las mediciones en tiempo real, siendo estos datos accesibles a través de Internet.

20

Sin embargo, la concentración de dichos gases contaminantes en una ciudad tiene niveles muy variables en función de la ubicación dentro de la ciudad, y las estaciones de medición sólo miden en determinadas posiciones fijas. De esta forma, con las actuales estaciones de medición no es posible componer un mapa de concentraciones que ayude a conocer de una forma precisa la distribución de gases contaminantes en la ciudad, detectar las zonas con mayor nivel de contaminación y poder adoptar medidas locales en caso necesario, además de poder ser utilizado como herramienta poder realizar un análisis detallado de la relación entre los distintos gases contaminantes (e.g. la relación entre las concentraciones de O₃ y de NO₂).

30

Existen proyectos que utilizan dispositivos de pequeño tamaño equipados con sensores de gas para la medición de gases contaminantes, los cuales pueden ser embarcados en un dron. Se pueden utilizar diferentes tipos de sensores de gas: sensores electroquímicos, sensores catalíticos, semiconductores óxido-metal, detectores de

fotoionización o espectroscópicos, entre los que destacan los sensores de infrarrojo no dispersivo.

5 En los sensores de gas electroquímicos el gas a medir reacciona con un electrodo, generando una corriente eléctrica que se utiliza, junto con un valor de sensibilidad del sensor calculado por el fabricante, para estimar la concentración del gas en partes por mil millones (ppb).

10 Los sensores catalíticos están formados por dos espirales de platino cubiertas con un material inerte (alúmina), llamados pellistores. Uno de los pellistores (sensor) está recubierto por un metal inerte que actúa de catalizador, aumentando la velocidad de la reacción, mientras que el otro no lo está, y se usa para compensar la medida (referencia). El principio de funcionamiento en el que se basan es en la oxidación de un gas inflamable en la superficie del elemento catalítico mediante calentamiento eléctrico.

15 Se calientan las espirales hasta alcanzar los 450°C, lo que provoca la oxidación del gas en el elemento sensor, pero no en el de referencia. Esta combustión provoca un aumento de temperatura en el sensor, que ve modificada su resistencia.

20 Los semiconductores óxido-metal constan de una película de un óxido metálico, sensible al gas que se quiere detectar. Los óxidos más empleados son dióxido de estaño (SnO_2), óxido de indio (In_2O_3) y óxido de wolframio (WO_3), aunque también se pueden usar óxido de zinc (ZnO_2) o dióxido de titanio (TiO_2), entre otros. La resistencia de este material varía con la concentración del gas, debido a la que la absorción de oxígeno en la superficie del óxido aumenta o disminuye la concentración de electrones. La

25 sensibilidad para diferentes gases depende de la temperatura, por lo que suelen incluir un filamento que calienta la superficie reactiva, típicamente hasta 300°C o 500°C. Esta corriente puede ser demasiado alta para sensores de equipos portátiles, por ejemplo, el sensor MG811, que detecta CO_2 , necesita una tensión de calentamiento de 6V con una intensidad de 200mA. Los sensores de óxido-metal se emplean con mucha frecuencia

30 en sistemas cableados de bajo coste para detección de gases.

Los detectores de fotoionización se usan para la detección de compuestos orgánicos volátiles (COV), permitiendo detectar concentraciones en el rango desde menos de 1ppb (partes por mil millones) hasta 10.000ppm (partes por millón). Constan de una lámpara

35 ultravioleta que rompe las moléculas del gas, produciendo iones y liberando electrones,

que generan una corriente eléctrica a la salida del sensor. Son sencillos, baratos y precisos, por lo que suele ser el tipo de sensor utilizado para medir COV, muchas veces en sus versiones portátiles.

- 5 Los sensores de infrarrojo no dispersivo o NDIR (“Non Dispersive Infrared Detector”), son espectroscópicos simples usados para la detección de gases. Basan su principio de funcionamiento en que los gases que poseen más de un tipo de átomo a menudo absorben radiación en la franja de los infrarrojos, de ahí su nombre y que se les conozca comúnmente como sensores infrarrojos. Se usan ampliamente para la detección y
- 10 monitorización de hidrocarburos y otros compuestos como el dióxido de carbono. Estos sensores se diseñan específicamente para emplear frecuencias de absorción donde no haya solapamiento con otras especies, pero con la presente invención se podría eliminar esta restricción.
- 15 Todos estos sensores basan su funcionamiento en procesos físicos o químicos, para determinar las concentraciones. A la reacción a distintos componentes se le llama sensibilidad cruzada y, aunque los sensores son normalmente diseñados para reaccionar a unos gases contaminantes objetivo (normalmente solo uno o dos gases), lo normal es que reaccionen, aunque sea en menor medida, con otros gases. Los
- 20 sensores de gas incluyen en su hoja de especificaciones los valores de la sensibilidad para otros gases en ciertas condiciones, siendo estos valores algunas veces insignificantes comparados con los gases contaminantes objetivo.

- Puede ocurrir que otras sustancias, diferentes a las sustancias cuya concentración se quiere medir, también reaccionen con el electrodo. Esto ocurre con el ozono (O_3) y el dióxido de nitrógeno (NO_2), ya que ambos contaminantes reaccionan con el mismo electrodo, con lo que el sensor de gas electroquímico proporciona medidas de la concentración conjunta de ozono y dióxido de nitrógeno, no siendo posible determinar de una manera precisa la concentración individual de cada uno de los contaminantes
- 25 sin una adecuada calibración. Lo mismo ocurre con otras combinaciones de gases contaminantes, como SO_2 y H_2S o CO y H_2S , los cuales pueden reaccionar con un mismo electrodo, de forma que el sensor de gas mide la combinación conjunta de ambos gases.
- 30

Los dispositivos de medición de gases contaminantes de tipo catalítico incluyen normalmente una resistencia variable y la calibración de los resultados suele estar basada en tablas de conversión, entregadas por el fabricante, haciendo el proceso complejo. Los que utilizan sensores de tipo electroquímico suelen incorporar un circuito (potenciostato) encargado de acondicionar la corriente eléctrica de salida del sensor (la concentración del gas existente) dependiendo de los factores medioambientales. En ambos casos los dispositivos de medición tienen la desventaja de que el proceso de calibración de los sensores es muy sensible, complejo y muy susceptible a las condiciones de las medidas realizadas.

Otros dispositivos de medición de gases contaminantes emplean, para la medición de la concentración de O_3 , una combinación de dos sensores de gases electroquímicos: un sensor de gas que incluye filtros de O_3 para que el electrodo solo reaccione al NO_2 , y un sensor de gas sin filtros para que reaccione a ambos contaminantes. De esta forma para calcular el O_3 existente se restan los resultados de ambos sensores. Estos dispositivos tienen la desventaja de necesitar usar dos sensores de gas diferentes para medir la concentración de O_3 o de NO_2 . Lo mismo puede suceder con otros sensores de gases electroquímicos (o de otro tipo) que miden combinaciones combinadas de varios gases (e.g. SO_2 y H_2S), al reaccionar estos a un mismo electrodo.

Es por tanto necesario disponer de dispositivos portátiles que empleen un único sensor de gas, que sean de reducido tamaño y peso para que puedan embarcarse en vehículos móviles (como drones) para medir el nivel de contaminación atmosférica de forma precisa en cualquier localización y a diferentes alturas en entornos urbanos (y no urbanos), realizando mediciones en zonas donde no hay estaciones fijas de medición y realizando estos controles de medición de forma autónoma sin contar con la interacción humana para obtener mapas de concentraciones donde se representen las regiones destacadas según el nivel de contaminación. Es también necesario que las mediciones realizadas sean lo más precisas posibles y que el dispositivo tenga una óptima calibración para que haya una similitud en el nivel de precisión de las medidas obtenidas por el dispositivo portátil en comparación con las medidas obtenidas por las fuentes oficiales (i.e. las estaciones de medición fijas).

Descripción de la invención

La invención se refiere a un dispositivo portátil para la medición de gases contaminantes.

El dispositivo comprende un sensor de gas configurado para medir concentraciones conjuntas de una pluralidad de gases contaminantes, un módulo de geolocalización para obtener una localización del sensor de gas, un módulo de comunicación inalámbrica para acceder a unas mediciones de concentración individual de cada uno de la pluralidad de gases contaminantes realizadas por al menos una estación de medición más próxima a la localización del sensor de gas, y una unidad de procesamiento de datos configurada para obtener, a partir de las mediciones de concentración individual, una concentración individual de al menos uno de la pluralidad de gases contaminantes correspondiente a la localización del sensor de gas.

El sensor de gas puede ser de tipo electroquímico, catalítico, semiconductor óxido-metal, detector de fotoionización, espectroscópico o de cualquier otro tipo que sea capaz de medir concentración conjunta de la pluralidad de gases contaminantes. El sensor de gas puede estar configurado para medir concentraciones conjuntas de diferentes combinaciones de gases, como por ejemplo ozono (O_3) y dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2) y ácido sulfhídrico (H_2S), dióxido de carbono (CO_2) y ácido sulfhídrico (H_2S), entre otros.

El módulo de comunicación inalámbrica y la unidad de procesamiento de datos pueden estar integrados en un mismo módulo. El dispositivo portátil permite caracterizar las concentraciones de contaminantes (e.g. O_3 y NO_2) en distintos entornos (distintas localizaciones y alturas) mediante el uso de sensores de gas montados en vehículos móviles, ya sean terrestres (e.g. autobuses urbanos, coches), marítimos (e.g. vehículo de superficie no tripulado -USV-) o aéreos (e.g. vehículo aéreo no tripulado -UAS-, drones). El dispositivo de la presente invención permite, además de hacer un estudio medioambiental del nivel de concentración de partículas, observar la correlación existente en ambientes no experimentales entre distintos contaminantes (e.g. entre O_3 y NO_2 , al emplearse el mismo sensor de gas para su medición).

El dispositivo elimina las barreras creadas por las estaciones fijas de medición, pudiendo analizar la concentración en cualquier localización y en distintas alturas. De esta forma se pueden identificar fuentes de contaminantes de forma más efectiva, así como poder realizar mapas de concentraciones de contaminantes sobre ciudades, pudiendo analizar qué zonas se ven más y menos afectadas, y estudiar el motivo de estas diferencias. El

dispositivo incluye un número muy reducido de componentes básicos, contribuyendo a su reducido tamaño y peso (y, por tanto, a su portabilidad), de forma que se puede embarcar fácilmente en un amplio número de vehículos para elaborar detallados mapas de concentraciones en entornos urbanos. El dispositivo se puede utilizar en los llamados enjambres de drones para analizar cómo los contaminantes se concentran en la atmósfera en tiempo real y para desarrollar mapas en 3D de las mediciones realizadas.

El dispositivo puede almacenar las concentraciones de los gases contaminantes medidas, de forma que dicha información se puede descargar a diferentes sistemas de almacenamiento (en la nube, discos locales, etc.) para su posterior análisis. El dispositivo puede almacenar los datos muestreados (e.g. concentraciones de gases contaminantes, temperatura, presión, latitud, longitud, velocidad de desplazamiento, hora) en una memoria interna o externa montada en el dispositivo (e.g. en una tarjeta SD, una tarjeta micro-SD, un pendrive USB), y estos datos pueden enviarse a través de Internet para ser utilizados en tiempo real.

A diferencia de las estaciones de medición fijas, el dispositivo no requiere un gran consumo de energía (en las estaciones de medición se necesita una correcta ventilación a través de ventiladores, aire acondicionado y otros que añaden un consumo de energía adicional a la propia medición), y se puede alimentar utilizando por ejemplo una batería externa portátil.

El dispositivo permite la geolocalización y su conexión a Internet, por ejemplo, mediante Wi-Fi cuando se instala en un autobús de la red de autobuses de una ciudad, lo que permite realizar un mapa medioambiental en tiempo real del estado de la ciudad, accesible a través de Internet. Gracias a esta recolección de datos, a través del desarrollo de “Big Data” se pueden realizar modelos predictivos que permitan definir políticas medioambientales y planificar actuaciones de episodios de contaminación. El mapa de contaminación generado sobre la ciudad en tiempo real utilizando la información generada por el dispositivo puede ser accesible a través de una página web, suponiendo un apoyo a las redes existentes de monitorización.

El dispositivo emplea una calibración muy eficiente del sensor de gas durante la toma de medidas utilizando el porcentaje de concentración individual de cada gas contaminante en la suma de ambas concentraciones obtenida a partir de las mediciones

oficiales de las estaciones de medición (los organismos públicos comparten los resultados de las mediciones a través de Internet en tiempo real, de forma que con el dispositivo, al disponer de una conexión a Internet, por ejemplo mediante Wi-Fi, se puede acceder a los porcentajes de concentración individual de cada gas contaminante y aplicarlos a la medición obtenida por el dispositivo). Esta calibración se basa en datos validados, mejorando los resultados de las concentraciones medidas de forma significativa. El uso de esta calibración permite que a través de unas pocas estaciones de medición públicas (y de coste muy elevado en comparación con el dispositivo utilizado) se puedan estimar las concentraciones ambientales de contaminantes en cualquier localización de la ciudad en la que se ubique el dispositivo.

Además, el dispositivo incorpora un módulo de geolocalización (e.g. un GPS) a través del cual se puede determinar la lejanía o cercanía de las estaciones de medición y, en base a eso, considerar más los resultados de una estación de medición que los de otra. En el caso de que el dispositivo esté realizando medidas justo al lado de una estación de medición (determinado por las coordenadas GPS) el dispositivo accede en ese momento a los datos publicados por la estación de medición a través de Internet, realiza el cálculo de los porcentajes de concentración individual y los aplica al sensor de gas que mide la concentración conjunta. A través de este dispositivo, los resultados obtenidos son casi idénticos, a nivel de precisión, a los calculados por las estaciones de medición. Además, si el dispositivo se encuentra situado entre varias estaciones de medición, se determina un rango de acción para cada una de ellas, y se puede promediar los porcentajes de concentración individual a aplicar dependiendo de la cercanía o lejanía de las estaciones.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

La Figura 1 representa los componentes del dispositivo portátil de medición de gases contaminantes de acuerdo a una realización de la presente invención.

La Figura 2 ilustra un ejemplo en el que el dispositivo realiza mediciones estando ubicado entre dos estaciones de medición de gases contaminantes.

La Figura 3A muestra un ejemplo de la localización del dispositivo en un mapa de una ciudad provista de seis estaciones de medición dispuestas en diferentes localizaciones. La Figura 3B muestra, usando el mapa del ejemplo anterior, una ruta circular seguida por un vehículo que incorpora el dispositivo para obtener un mapa de las concentraciones de gases contaminantes en diferentes puntos de la ciudad.

Descripción detallada de la invención

La presente invención se refiere a un dispositivo (1) portátil de medición de gases contaminantes, tales como ozono (O_3) y dióxido de nitrógeno (NO_2). El dispositivo (1) comprende, tal y como se representa de manera esquemática en la **Figura 1**, un sensor de gas (2), un módulo de geolocalización (3), un módulo de comunicación inalámbrica (4) y una unidad de procesamiento de datos (5). Opcionalmente, el dispositivo (1) puede comprender además un sensor de presión (6), un sensor de temperatura (7) y/o un sensor de humedad (17); por ejemplo, puede comprender dos de estos sensores (de temperatura y presión) o los tres sensores. Estos sensores de presión (6), temperatura (7) y humedad (17) se pueden emplear para ajustar los valores de las mediciones de concentración a las condiciones de temperatura, presión y/o humedad.

El dispositivo puede ser alimentado mediante una batería (8) (o un conjunto de baterías), la cual puede estar integrada en el interior de la carcasa del propio dispositivo (1), tal y como se representa en la Figura 1. Alternativamente, el dispositivo (1) puede estar alimentado externamente a través de un conector de alimentación (e.g. un conector micro USB) al que pueden conectarse diferentes fuentes de alimentación, como una batería externa portátil (la cual no forma parte del dispositivo (1)), o conectado directamente a la red eléctrica a través de un adaptador.

El sensor de gas (2) está configurado para medir concentraciones conjuntas (C_{Ti}) de una pluralidad de gases contaminantes presentes en el aire. En una realización, la pluralidad de gases contaminantes comprende ozono (O_3) y dióxido de nitrógeno (NO_2), y el sensor de gas (2) proporciona mediciones de concentraciones conjuntas (C_{Ti}) de ozono (O_3) y dióxido de nitrógeno (NO_2), normalmente de manera continua (e.g. proporcionando una tensión o una corriente que es proporcional a la concentración conjunta). En otra realización la pluralidad de gases contaminantes comprende otra combinación de gases, como dióxido de azufre (SO_2) y ácido sulfhídrico (H_2S), o dióxido de carbono (CO_2).

y ácido sulfhídrico (H_2S).

El sensor de gas (2) es preferentemente de tipo electroquímico, aunque también puede ser de otro tipo, como por ejemplo catalítico. Los sensores de gas de tipo electroquímico utilizan reacciones químicas para determinar las concentraciones. Como el funcionamiento de los sensores de gas electroquímicos se basa en reacciones químicas de componentes existentes en el aire a un determinado electrodo, pueden existir sustancias que, sin ser el contaminante a medir, también reaccionen con el electrodo. Esto es lo que ocurre al querer medir ozono (O_3) o dióxido de nitrógeno (NO_2). Ambos contaminantes, NO_2 y O_3 , reaccionan al mismo electrodo, con lo que el sensor de gas (2) electroquímico proporciona medidas de la concentración conjunta (C_{Ti}) de ozono (O_3) y dióxido de nitrógeno (NO_2), donde no es posible separar la concentración individual de cada uno de los contaminantes (O_3 , NO_2).

La unidad de procesamiento de datos (5) se puede implementar mediante cualquier dispositivo con capacidad computacional, pudiendo estar basada por ejemplo en microprocesador, microcontrolador o FPGA, entre otros. En una realización se emplea el protocolo de comunicación I2C para transmitir datos desde unos amplificadores de señal, conectados al sensor de gas (2), a un microcontrolador que actúa como unidad de procesamiento de datos (5). La unidad de procesamiento de datos (5) está configurada para obtener, a partir de la información proporcionada por el sensor de gas (2), una concentración conjunta de la pluralidad de gases contaminantes (e.g. O_3 y NO_2). Para ello la unidad de procesamiento de datos (5) puede, por ejemplo, obtener un promedio durante un determinado tiempo de las mediciones de concentraciones conjuntas (C_{Ti}) realizadas por el sensor de gas (2) de manera continua.

La unidad de procesamiento de datos (5) está configurada para obtener, a partir de la información proporcionada por el módulo de geolocalización (3), una localización del sensor de gas (2) o del dispositivo (1). El módulo de geolocalización (3) puede ser cualquier hardware y/o software que permita obtener la posición actual del dispositivo (1) con una determinada precisión, ya sea en interiores y/o en exteriores, como por ejemplo cualquier tecnología de localización de teléfonos móviles (localización GSM), un sistema de posicionamiento satelital GNSS (tal como GPS, GLONASS, Galileo), etc.

La unidad de procesamiento de datos (5) también está configurada para determinar al

menos una estación de medición de gases contaminantes más próxima a la localización del sensor de gas (2). Las estaciones de medición de gases contaminantes suelen ser estaciones públicas que periódicamente, o de manera continua, publican en Internet (o almacenan en una base de datos accesible a través de Internet) las mediciones realizadas. En la **Figura 2** se representa, a modo de ejemplo, el dispositivo (1) ubicado en una localización (L) y dos estaciones de medición (10) de gases contaminantes, “Estación 1” y “Estación 2”, ubicadas en respectivas localizaciones (L_E^1 , L_E^2) y separadas por unas determinadas distancias (D^1 , D^2) del dispositivo (1).

La unidad de procesamiento de datos (5) obtiene, utilizando el módulo de comunicación inalámbrica (4), unas mediciones de concentración individual (C_i) de cada uno de la pluralidad de gases contaminantes realizadas por la al menos una estación de medición (10). En el ejemplo de la Figura 2 la unidad de procesamiento de datos (5) obtiene mediciones de concentración individual (C_i^1 , C_i^2) de cada una de las estaciones de medición (10), que incluyen las concentraciones individuales de O_3 (% O_3) y NO_2 (% NO_2) medidas en cada estación de medición (10). En la base de datos (13) pueden estar almacenadas múltiples mediciones de concentración individual (C_i) para cada una de las estaciones de medición (10), donde cada medición lleva asociada una fecha y/o una hora de medición. En ese caso, la unidad de procesamiento de datos (5) seleccionaría la medición más próxima en el tiempo al momento correspondiente a la obtención de la concentración conjunta, que correspondería normalmente, en el caso de que no haya retraso significativo en la consulta en la base de datos (13), a la última medición almacenada por la estación de medición (10) correspondiente.

El módulo de comunicación inalámbrica (4) puede ser cualquier hardware de comunicación que permita enviar y recibir información de manera inalámbrica, como por ejemplo cualquier sistema de comunicación celular (e.g. módulo GSM, módulo 4G/5G). Preferentemente, la obtención de las mediciones de concentración individual (C_i) se realiza a través de Internet (11), accediendo por ejemplo a una base de datos (13) de un servidor (12), o varias bases de datos (13) de diferentes servidores (12), en las cuales las estaciones de medición (10) almacenan la información requerida, pudiendo los servidores (12) estar ubicados en la propia instalación de la estación de medición (10). Para acceder a la información requerida a través de Internet 11, el dispositivo (1) podría utilizar un módulo de comunicación inalámbrica de corto alcance, tal como Wi-Fi o Bluetooth, para conectarse a otro dispositivo próximo (e.g. un router Wi-Fi, un teléfono

móvil inteligente), el cual permite el intercambio de información con Internet 11.

La unidad de procesamiento de datos (5) puede determinar la estación (o estaciones) de medición (10) más próxima a la localización (L) del sensor de gas (2) de diferentes formas. Por ejemplo, tal y como se muestra en la Figura 1, las diferentes estaciones de medición (10) y sus respectivas localizaciones (L_E^i) pueden estar almacenadas en una memoria (9), interna o externa a la unidad de procesamiento de datos (5). La unidad de procesamiento de datos (5) puede utilizar esta información almacenada en memoria (9) para determinar, de entre todas las estaciones de medición (10), cuál es la estación de medición (10), o estaciones de medición (en el caso de que tenga por ejemplo configurado comprobar varias estaciones de medida o todas aquellas estaciones de medida que estén a menos de una determinada distancia), más próxima en base a sus localizaciones (L_E^i).

Alternativamente, la unidad de procesamiento de datos (5) puede determinar cuál es la estación de medición (10), o estaciones de medida, más próxima usando el módulo de comunicación inalámbrica (4); por ejemplo, según se ilustra en la Figura 2, esto lo puede realizar simultáneamente cuando se accede a las mediciones de concentración individual (C_i^1 , C_i^2) de las estaciones de medición (10), en el caso de que la base de datos (13) contenga información sobre la localización (L_E^1 , L_E^2) de las estaciones de medición (10).

En otra realización, el propio servidor (12) puede estar configurado para, cuando recibe una petición del dispositivo (1) que incluye su localización (L), determinar cuál es la estación de medición (10), o estaciones de medición, más próxima y enviar de vuelta al dispositivo (1) las mediciones de concentración individual (C_i) realizadas por dicha estación de medición (10).

A partir de las mediciones de concentración individual (C_i) recibidas, la unidad de procesamiento de datos (5) calcula un porcentaje de concentración individual ($\%C_i$) de al menos uno de la pluralidad de gases contaminantes. En una realización, el porcentaje de concentración individual ($\%C_i$) se calcula mediante la obtención de una suma total de las concentraciones individuales (C_i) de la pluralidad de gases contaminantes y el cálculo del porcentaje de concentración individual ($\%C_i$) de al menos uno de la pluralidad

de gases contaminantes con respecto a la suma total de las concentraciones individuales (C_i).

Finalmente, la unidad de procesamiento de datos (5) aplica el porcentaje de concentración individual ($\%C_i$) a la concentración conjunta para obtener una concentración individual (C_i^L) de al menos uno de la pluralidad de gases contaminantes correspondiente a la localización (L) del sensor de gas (2).

A continuación, se expone el siguiente ejemplo ilustrativo en el que el dispositivo (1) está configurado para obtener la concentración individual de ozono (O_3) en la localización (L) en la que se ubique:

- La unidad de procesamiento de datos (5) obtiene, a partir del sensor de gas (2), una concentración conjunta = 20 ppb de NO_2 y O_3 (esto es, ambos gases suman entre ellos una concentración de 20 ppb).
- Una estación de medición (10) publica los siguientes datos para una determinada hora: concentración de NO_2 =40 ppb y concentración de O_3 =10 ppb. La suma total de las concentraciones individuales sería 50 ppb y los porcentajes de concentración individual serían 80% NO_2 y 20% O_3 .
- La unidad de procesamiento de datos (5) calcula y aplica el porcentaje de concentración individual de ozono (20%) a la concentración conjunta (20 ppb), obteniendo una concentración individual de ozono de 4 ppb (i.e. 20% de 20 ppb) correspondiente a la localización (L).

En una realización, la unidad de procesamiento de datos (5) está configurada para acceder a unas mediciones de concentración individual (C_i^1 , C_i^2) de cada uno de la pluralidad de gases contaminantes realizadas por una pluralidad de estaciones de medición (10), "Estación 1" y "Estación 2" en el ejemplo de la Figura 2; obtener unas localizaciones (L_E^1 , L_E^2) de las estaciones de medición (10); calcular una pluralidad de distancias (D^1 , D^2) entre la localización (L) del sensor de gas (2) y las localizaciones (L_E^1 , L_E^2) de las estaciones de medición (10); y calcular, a partir de las mediciones de concentración individual (C_i^1 , C_i^2), el porcentaje de concentración individual ($\%C_i$) de al menos uno de la pluralidad de gases contaminantes como una media ponderada en función de las distancias (D^1 , D^2) calculadas (por ejemplo, una media ponderada en función de la inversa de las distancias, para así dar más peso a la estación más

cercana).

En el siguiente ejemplo ilustrativo se explica la forma de obtención de la concentración individual de dióxido de nitrógeno (NO₂) en la localización (L) del dispositivo (1) en el caso de que se utilicen mediciones procedentes de dos estaciones de medición (10):

- La unidad de procesamiento de datos (5) obtiene, a partir del sensor de gas (2), una concentración conjunta = 30 ppb de NO₂ y O₃.
- La distancia (D¹) entre la localización (L) del dispositivo (1) y la primera estación de medición, "Estación 1", es 2 Km.
- La distancia (D²) entre la localización (L) del dispositivo (1) y la segunda estación de medición, "Estación 2", es 3 Km.
- La primera estación de medición mide una concentración de NO₂=40 ppb y una concentración de O₃=10 ppb, siendo la suma total de las concentraciones individuales de 50 ppb y el porcentaje de concentración individual de NO₂ de 80%.
- La segunda estación de medición mide una concentración de NO₂=30 ppb y una concentración de O₃=10 ppb, siendo la suma total de las concentraciones individuales de 40 ppb y el porcentaje de concentración individual de NO₂ de 60%.
- La unidad de procesamiento de datos (5) calcula y aplica el porcentaje de concentración individual de NO₂ obtenido en la primera y segunda estación (i.e. 80% y 60%, respectivamente) a la concentración conjunta (30 ppb), aplicando los cálculos de manera individual para cada una de las dos estaciones, obteniendo una concentración individual de NO₂ correspondiente a la localización (L) de 24 ppb (i.e. 80% de 30 ppb) para la primera estación y de 18 ppb (i.e. 60% de 30 ppb) para la segunda estación.
- La unidad de procesamiento de datos (5) calcula la media ponderada de las dos concentraciones individuales de NO₂ previamente obtenidas en función de las distancias (D¹, D²), en este caso en función inversa a las distancias, dando más peso a la estación de medición más cercana:

$$\frac{24ppm \cdot 1/2Km + 18ppb \cdot 1/3Km}{1/2Km + 1/3Km} = 21.6ppb$$

En la **Figura 3A** se muestra a modo de ejemplo un mapa de una ciudad de tamaño mediano provista de seis estaciones de medición (10) en diferentes localizaciones (L_E^1 , L_E^2 , L_E^3 , L_E^4 , L_E^5 , L_E^6). El dispositivo (1) se representa ubicado en una localización (L) próxima a unas localizaciones (L_E^1 , L_E^2 y L_E^3) donde se ubican tres de las seis estaciones de medición (10), a unas distancias respectivas D^1 , D^2 y D^3 , donde se cumple que $D^1 < D^2 < D^3$. En función de la configuración del dispositivo, la unidad de procesamiento de datos (5) podría utilizar las mediciones de concentración individual (C_i) de la estación de medición (10) más próxima (a “Estación 1”, ubicada a una distancia D^1), de las dos estaciones de medición (10) más próximas (a una distancia D^1 y D^2), de las tres estaciones de medición (10) más próximas (a una distancia D^1 , D^2 y D^3), o incluso de un mayor número de estaciones de medición (10).

Alternativamente o adicionalmente a considerar un determinado número de estaciones de medición (10), el dispositivo (1) podría contemplar alguna condición, como por ejemplo únicamente considerar aquellas estaciones de medición (10) ubicadas a una distancia inferior a una distancia máxima D_{MAX} y, en el caso de que no haya ninguna, considerar la estación de medición (10) más próxima. En el ejemplo representado en la Figura 3A se considerarían las estaciones de medición situadas en las localizaciones L_E^1 y L_E^2 , al ubicarse a una distancia inferior a la distancia máxima D_{MAX} . De esta forma se puede garantizar una mayor precisión en el cálculo de la concentración individual (C_i^L) en la localización (L) del dispositivo (1), ya que cuanto más cercanas estén las estaciones de medición mejor será la calibración del dispositivo (1).

Como el dispositivo (1) es portátil (los componentes que incorpora permiten diseñarlo con un reducido peso y tamaño), se puede equipar en un vehículo (o en una persona) para realizar automáticamente, y de una manera sencilla, mapas de concentraciones de gases contaminantes en las ciudades. Conforme el vehículo/animal/persona que lleva equipado el dispositivo (1) se desplaza por la ciudad, la localización del dispositivo (1) cambia y se puede obtener una concentración individual (C_i^L) de uno o varios gases contaminantes en cada localización.

La **Figura 3B** muestra una posible ruta 15 circular seguida por un vehículo 14 (moviéndose en la dirección marcada por cada flecha) con el dispositivo (1) embarcado, y el cálculo de seis concentraciones individuales (C_i^{L1} , C_i^{L2} , C_i^{L3} , C_i^{L4} , C_i^{L5} , C_i^{L6}) de uno o varios gases contaminantes (e.g. O_3) para seis respectivas localizaciones (L_1 , L_2 , L_3 ,

L₄, L₅, L₆) diferentes, obteniendo de un mapa de concentraciones (16) de la ciudad representado por ejemplo en forma de tabla, incluyendo localización y concentraciones individuales. Por supuesto, el mapa de concentraciones puede incluir multitud de localizaciones y concentraciones individuales asociadas (e.g. decenas, cientos o miles), ya que el muestreo del sensor de gas (2) y los cálculos intermedios para llegar a obtener la concentración individual (C_i^L) en cada localización se puede realizar rápidamente (e.g. cada pocos segundos) por parte de la unidad de procesamiento de datos (5). De esta forma, cuando se obtiene un número considerable de mediciones y de localizaciones a lo largo de la ciudad (e.g. utilizando una ruta exhaustiva del vehículo), el resultado se puede representar propiamente como un mapa de concentraciones sobre la ciudad, con líneas que unen los puntos con la misma concentración individual (C_i^L) del gas contaminante.

Para tener en cuenta la temperatura, presión y/o humedad del lugar de medida del sensor de gas (2), el dispositivo (1) puede ir equipado con un sensor de presión (6), un sensor de temperatura (7) y/o un sensor de humedad (17), y la unidad de procesamiento de datos (5) puede estar adicionalmente configurada para adaptar las mediciones de concentración individual (C_i) de cada uno de la pluralidad de gases contaminantes realizadas por la al menos una estación de medición (10) utilizando unos valores de presión (P), de temperatura (T) y/o de humedad (H) obtenidos a partir de la información proporcionada por el sensor de presión (6), el sensor de temperatura (7) y/o el sensor de humedad (17). Dichos valores de presión (P), temperatura (T) y humedad (H) pueden ser respectivamente, por ejemplo, una media de un conjunto de mediciones de presión (P_i), de temperatura (T_i) y de humedad (H_i) adquiridas durante un tiempo predeterminado.

Los datos de las estaciones de medición (10) suelen estar expresados en microgramos por metro cúbico (μg/m³). La normativa europea indica que el volumen debe ser referido a una temperatura de 293 K y a una presión de 101,3 kPa. Para transformarlos a ppb (partes por mil millones), la unidad de procesamiento de datos (5) utiliza los valores de presión (P) y temperatura (T) obtenidos por el dispositivo en el momento de la medición, aplicando las siguientes ecuaciones, donde T y P son la temperatura y presión que indica la normativa:

$$\mu g / m^3 = ppb \times \frac{\text{peso molecular}}{\text{volumen molecular (l)}}$$

$$volumen\ molecular = 22.41 \times \frac{T}{273} \times \frac{1013}{P}$$

Cambios en las condiciones de humedad pueden también producir variaciones en las mediciones de los sensores de gas que conviene corregir, especialmente cuando se producen cambios bruscos en la humedad ambiental, los cuales pueden originar picos transitorios en la corriente de salida del sensor de gas que tarda un tiempo (alrededor de 10 minutos) en estabilizarse. Si el dispositivo (1) incorpora un sensor de humedad (17), este se puede emplear para corregir los valores de medición de los sensores de gas durante el tiempo de estabilización. Por ejemplo, la unidad de procesamiento de datos (5) puede estar configurada para recibir las mediciones de humedad del sensor de humedad (17) y, en caso de detectar una brusca variación de la humedad medida (e.g. cuando se supera un umbral de variación de humedad ΔH en un espacio de tiempo Δt determinado), ignorar las mediciones de concentración del sensor de gas (2) durante un tiempo determinado (e.g. 10 minutos) para asegurarse de que las mediciones de concentración se han estabilizado (esto es, con el objeto de ignorar el pico transitorio generado por el cambio brusco de humedad).

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo portátil de medición de gases contaminantes, caracterizado por que comprende:

- 5 un sensor de gas (2) configurado para medir concentraciones conjuntas (C_{Ti}) de una pluralidad de gases contaminantes;
- un módulo de geolocalización (3) para obtener una localización (L) del sensor de gas (2);
- un módulo de comunicación inalámbrica (4) para acceder a unas mediciones de
- 10 concentración individual (C_i) de cada uno de la pluralidad de gases contaminantes realizadas por al menos una estación de medición (10) más próxima a la localización (L) del sensor de gas (2); y
- una unidad de procesamiento de datos (5) configurada para obtener, a partir de las mediciones de concentración individual (C_i), una concentración individual (C_i^L) de al
- 15 menos uno de la pluralidad de gases contaminantes correspondiente a la localización (L) del sensor de gas (2).

2. El dispositivo según la reivindicación 1, que comprende un sensor de presión (6) para obtener unos valores de presión (P) y un sensor temperatura (7) para obtener unos

20 valores de temperatura (T).

3. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el sensor de gas (2) es electroquímico.

25 4. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, donde el sensor de gas (2) es de cualquiera de los siguientes tipos: catalítico, semiconductor óxido-metal, detector de fotoionización o espectroscópico.

5. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el sensor de

30 gas (2) está configurado para medir concentraciones conjuntas (C_{Ti}) de cualquiera de las siguientes combinaciones de gases contaminantes:

- ozono (O_3) y dióxido de nitrógeno (NO_2);
- dióxido de azufre (SO_2) y ácido sulfhídrico (H_2S); o
- dióxido de carbono (CO_2) y ácido sulfhídrico (H_2S).

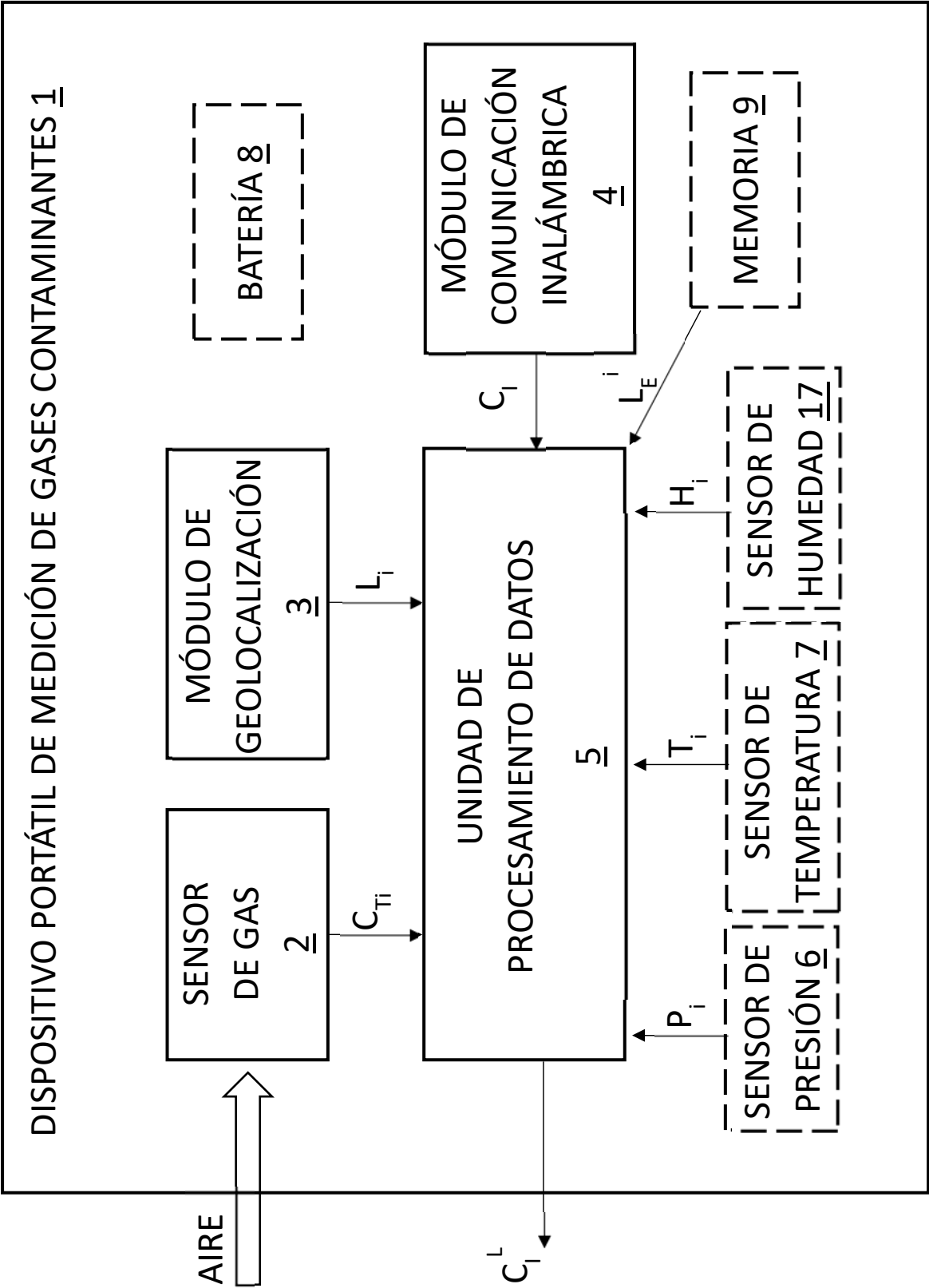


FIG. 1

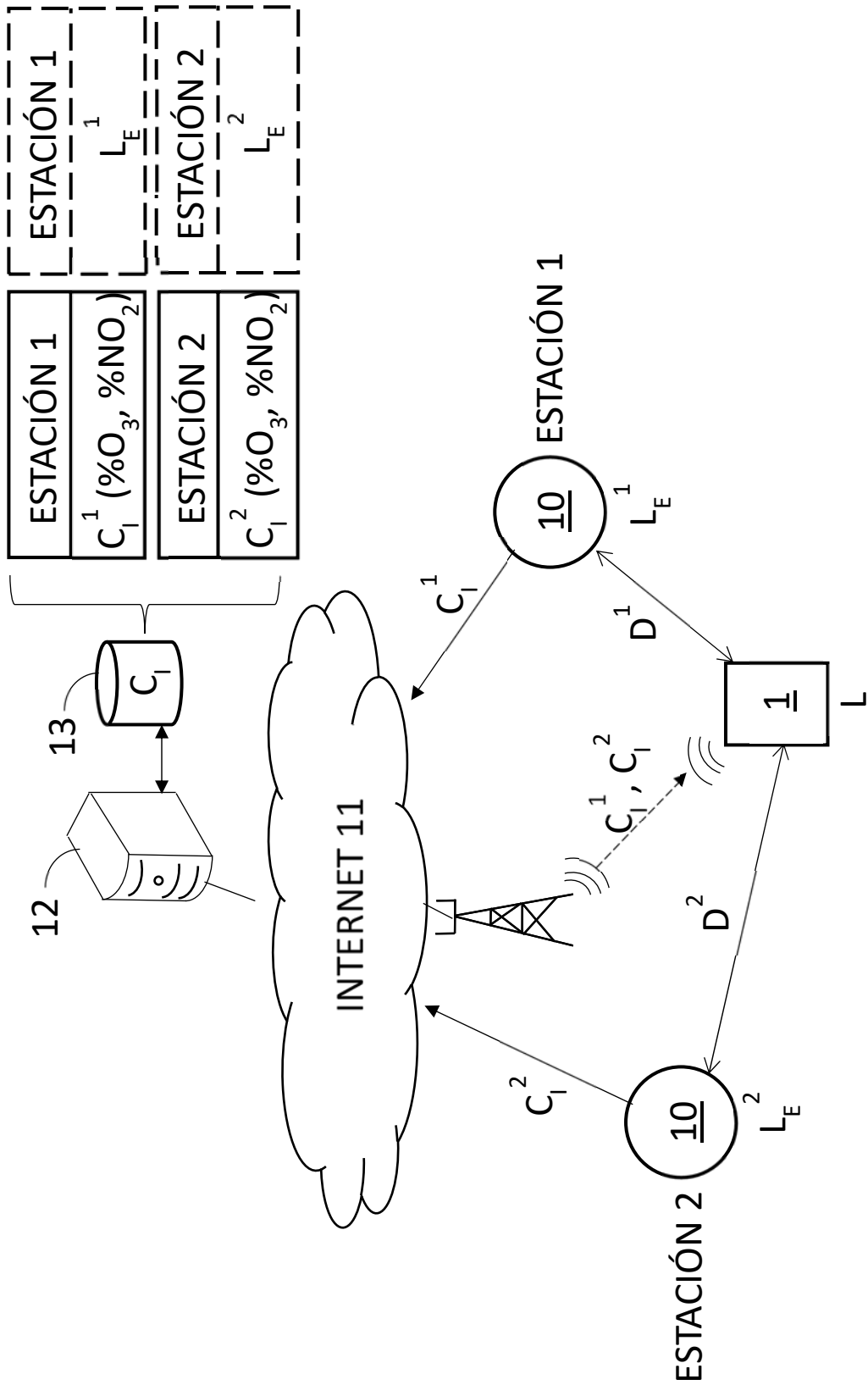


FIG. 2

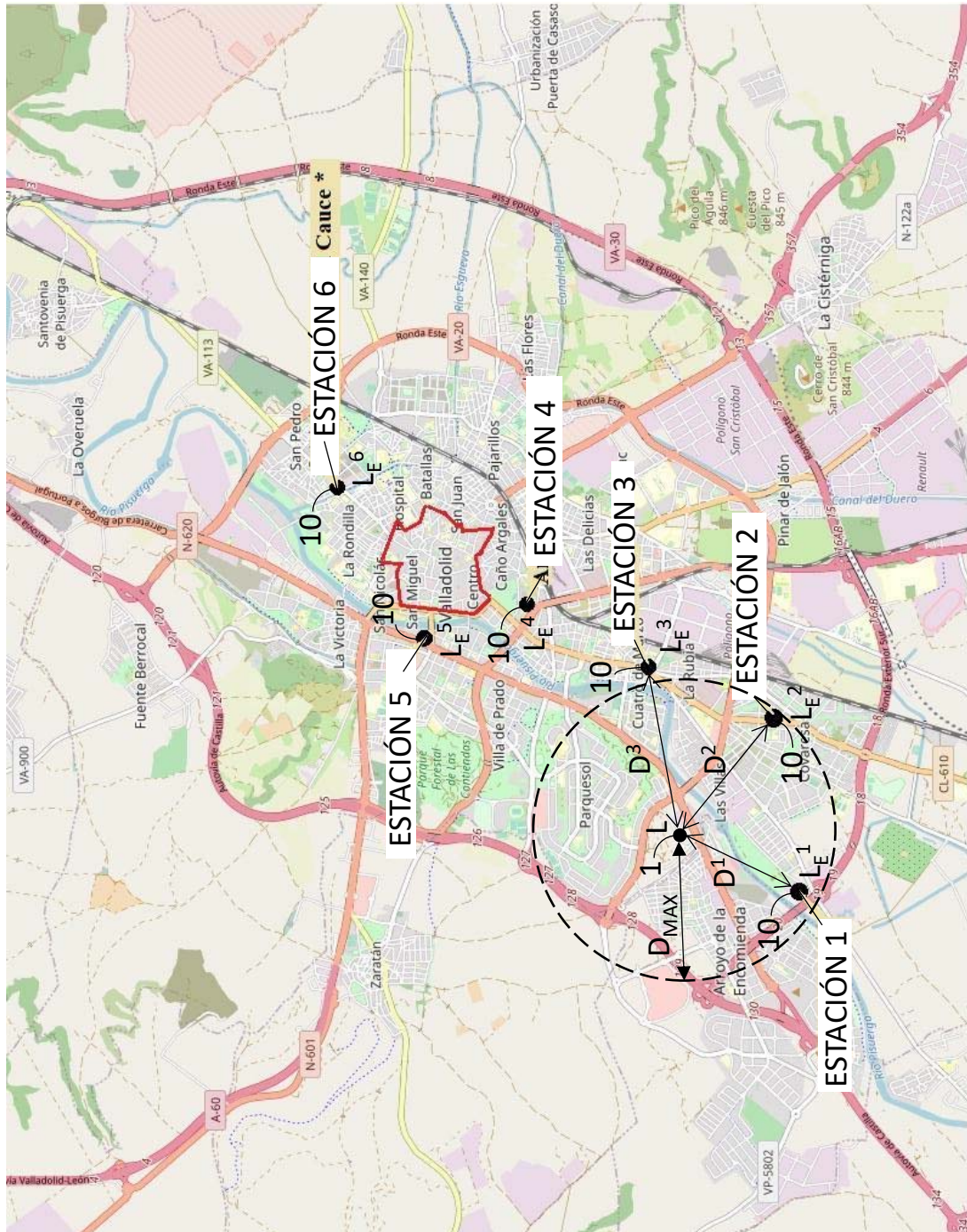


FIG. 3A

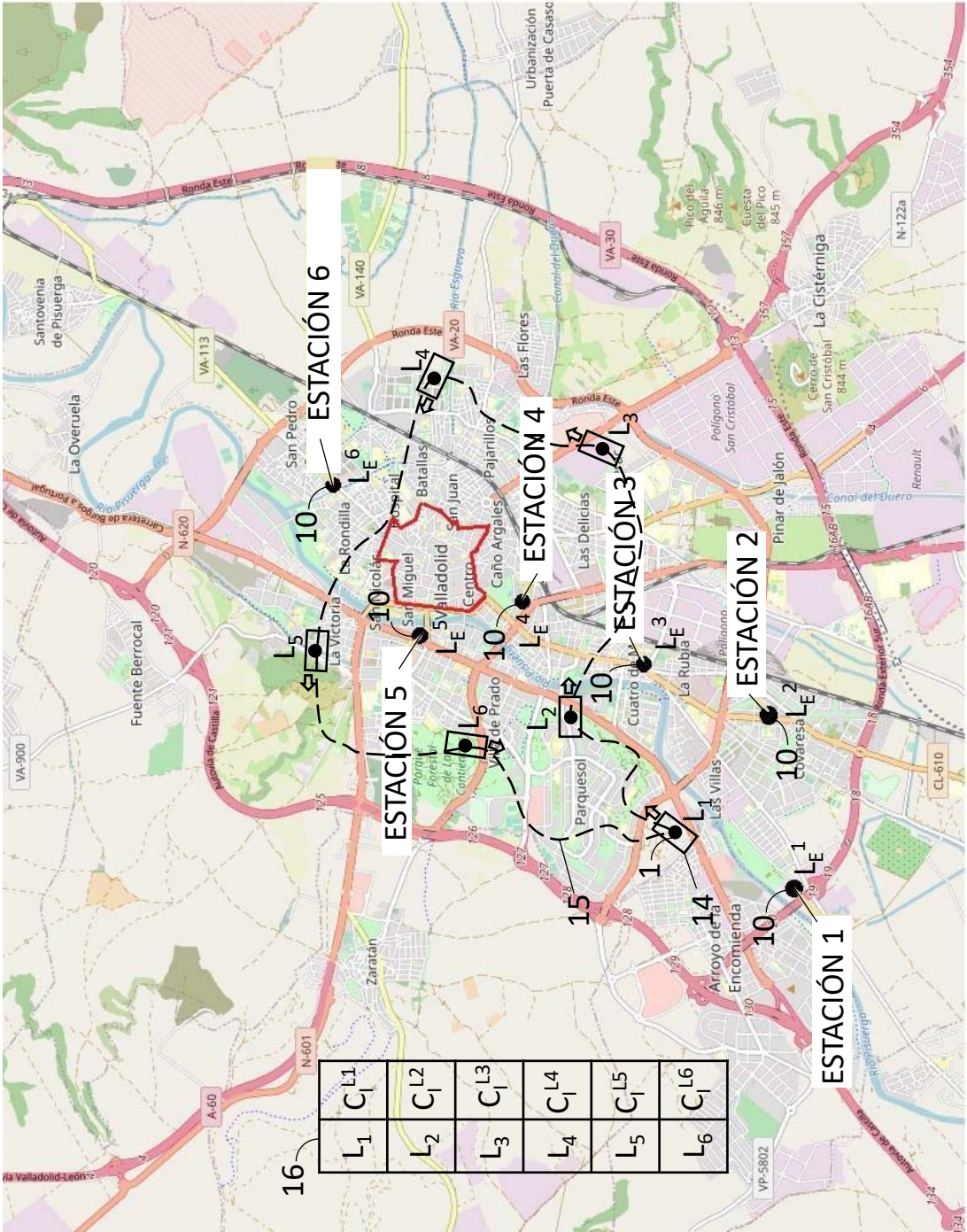


FIG. 3B