

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 986 316**

51 Int. Cl.:

G05B 23/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.09.2019 E 19425063 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2024 EP 3789838**

54 Título: **Sistemas y métodos para el mantenimiento basado en inteligencia artificial de un sistema de aire acondicionado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.11.2024

73 Titular/es:

**ALISEA S.R.L. (100.0%)
Frazione Tornello 120
27040 Mezzanino (PV), IT**

72 Inventor/es:

CASA, ANDREA

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 986 316 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

Sistemas y métodos para el mantenimiento basado en inteligencia artificial de un sistema de aire acondicionado

Campo técnico

5 La tecnología descrita en la presente memoria se refiere al mantenimiento automatizado de un sistema de aire acondicionado y más particularmente al uso de inteligencia artificial para proporcionar mantenimiento predictivo de un sistema de aire acondicionado.

Antecedentes

10 Los sistemas de aire acondicionado generalmente se inspeccionan periódicamente (*p. ej.*, anualmente) para determinar su estado operativo. Durante esas visitas periódicas, se puede observar el estado de los componentes y las impresiones generales con respecto a la presencia de problemas operativos, tales como el deterioro de las piezas, la acumulación excesiva de polvo. Algún remedio (*p. ej.*, sustitución de piezas, limpieza de conductos) puede realizarse en el momento de la inspección. Pero por lo demás, el sistema de aire acondicionado (*p. ej.*, un sistema de calentamiento, un sistema de aire acondicionado, un sistema de calentamiento, ventilación y aire acondicionado (HVAC)) normalmente opera con su estado actual desconocido entre inspecciones. Cuando se produce un problema, 15 tal como una anomalía que da como resultado una interrupción del sistema de aire acondicionado, puede llevar tiempo realizar el mantenimiento. Las interrupciones del sistema de aire acondicionado pueden ser costosas tanto en términos de pérdida de disfrute del espacio con aire acondicionado durante la interrupción como de daños a los productos y ocupantes que podrían estropearse, lesionarse o dañarse de otra manera durante la interrupción del aire acondicionado. Los sistemas y métodos como se describe en la presente memoria pueden proporcionar una supervisión continua en tiempo real de un sistema de aire acondicionado, así como un análisis predictivo alimentado por IA del estado futuro del sistema de aire acondicionado para proporcionar un mantenimiento proactivo para limitar o eliminar las interrupciones causadas por las interrupciones del sistema de aire acondicionado.

25 El documento WO 2019/097613 A1 describe un acondicionador de aire equipado con una cámara para formar imágenes de una bandeja de drenaje dentro del acondicionador de aire. Un dispositivo de gestión de aire acondicionado adquiere del acondicionador de aire imágenes fotográficas de la bandeja de drenaje, compara las imágenes con la imagen de referencia de una bandeja de drenaje de referencia y calcula un grado de contaminación basándose en el recuento de píxeles de las diferencias de imagen. El dispositivo de gestión de aire acondicionado transmite a un terminal de supervisión la información fotográfica del grado de contaminación.

30 El documento CN 107 679 649 A describe un método y dispositivo de predicción de fallos para un aparato eléctrico, en donde en una red neuronal la relación entre un estado de operación histórico del aparato eléctrico y una condición de fallo histórica se entrena basándose en datos históricos. Usando un estado de operación real del aparato y la red neuronal entrenada se realiza una predicción de condición de fallo.

Compendio

35 De acuerdo con la invención, se proporciona un método implementado por ordenador para mantener un sistema de aire acondicionado según la reivindicación 1.

De acuerdo con la invención, se proporciona un sistema implementado por ordenador para mantener un sistema de aire acondicionado según la reivindicación 13.

De acuerdo con la invención, se proporciona un medio legible por ordenador no transitorio según la reivindicación 14.

Breve descripción de las figuras

40 La figura 1 es un diagrama de bloques que representa un sistema implementado por procesador para proporcionar mantenimiento basado en inteligencia artificial de un sistema de aire acondicionado.

La figura 2 es un diagrama de bloques que representa componentes de ejemplo de un sistema de servidor de análisis de AC.

45 La figura 3 representa una interfaz de usuario para navegar a datos asociados con un sistema de interfaz de AC particular.

La figura 4 representa una interfaz de usuario de datos de compendio de ejemplo asociada con una planta de aire.

La figura 5 representa dos diagramas de flujo para determinar la limpieza del sistema de AC.

La figura 6 representa ubicaciones de captura de imagen de ejemplo y un objeto de referencia.

50 La figura 7 es un diagrama de flujo que representa un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial que entrena un modelo de nivel de contaminante.

- La figura 8 es un diagrama que representa un estado de limpieza de ejemplo e información predictiva visualizada en una interfaz de usuario.
- 5 La figura 9 es un diagrama que representa imágenes capturadas de ejemplo, valores de contaminación de polvo estimados basándose en esas imágenes capturadas y gráficos que representan niveles de contaminación durante un período de tiempo.
- La figura 10 es un diagrama de flujo que representa un proceso de ejemplo para evaluar el riesgo de contaminación del sistema.
- La figura 11 identifica un ejemplo en el que se usan mediciones de temperatura y humedad relativa para proporcionar una evaluación de contaminación microbiológica.
- 10 La figura 12 es un diagrama de flujo que representa un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial que entrena un modelo de contaminación microbiológica.
- La figura 13 representa evaluaciones de contaminación microbiológica en diferentes puntos en un sistema de AC.
- Las figuras 14 y 15 representan otro ejemplo, donde la temperatura y la humedad se usan como datos de entrada para determinar un riesgo de contaminación microbiológica.
- 15 La figura 16 es un diagrama de flujo que representa un proceso de ejemplo para medir el estado de un filtro en un sistema de AC.
- La figura 17 es un diagrama de flujo que representa un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial que entrena un modelo de estado de filtro.
- 20 La figura 18 representa interfaces de usuario de rendimiento de filtro y predicción de ejemplo. La figura 19 representa un diagrama de flujo que representa un proceso para supervisar el rendimiento de un serpentín de sistema de AC.
- La figura 20 es un diagrama de flujo que representa un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial que entrena un modelo de estado de serpentín.
- 25 La figura 21 representa una interfaz de usuario de ejemplo para proporcionar datos y predicciones con respecto al estado y rendimiento del serpentín.
- La figura 22 representa datos de intercambio de calor de ejemplo capturados y almacenados para un serpentín a lo largo del tiempo.
- La figura 23 es un diagrama de flujo que representa un método para medir la calidad del aire y hacer las predicciones correspondientes dentro de un sistema de AC.
- 30 La figura 24 es un diagrama de flujo que representa un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial que entrena un modelo de calidad del aire.
- La figura 25 representa una interfaz de usuario que proporciona indicaciones de la calidad del aire en diversos puntos dentro de un sistema de AC.
- 35 La figura 26 representa datos de dióxido de carbono de ejemplo capturados y almacenados a lo largo del tiempo. La figura 27 representa datos de peso y recuento de partículas de ejemplo capturados y almacenados durante un período de tiempo.
- La figura 28 es un diagrama de flujo que representa un método para medir la función del equipo de saneamiento y hacer las predicciones correspondientes.
- La figura 29 representa interfaces gráficas de usuario asociadas con un equipo de saneamiento por luz ultravioleta.
- 40 La figura 30 es un diagrama de flujo que representa un método de ejemplo de detección de acceso a un sistema de AC.
- La figura 31 representa interfaces de usuario de ejemplo mediante las que se realiza un seguimiento de la detección de mantenimiento automatizado frente a un programa de mantenimiento.
- 45 La figura 32 es un diagrama de flujo que representa un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial que entrena un modelo de estado de mantenimiento.
- La figura 33 es un diagrama de flujo que representa un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial que entrena un modelo de estado de sistema HVAC.

La figura 34 es un diagrama de flujo que representa un método implementado por procesador para mantener un sistema de aire acondicionado.

La figura 35 es un diagrama de flujo que representa un método para mantener un sistema de aire acondicionado.

5 Las figuras 36A, 36B y 36C representan sistemas de ejemplo para implementar los enfoques descritos en la presente memoria para mantener un sistema de aire acondicionado.

Descripción detallada

10 Los sistemas y métodos como se describe en la presente memoria proporcionan supervisión continua y recopilación de datos asociados con un aparato, tal como un sistema de aire acondicionado. Esos datos pueden usarse para proporcionar interfaces de usuario (*p. ej.*, a través de un sistema informático conectado a una red informática) que identifican el estado actual del sistema de aire acondicionado. La inteligencia artificial puede configurarse, en ciertas realizaciones, para analizar los datos de sistema capturados para proporcionar predicciones sobre el comportamiento futuro del sistema de aire acondicionado. Por ejemplo, la inteligencia artificial, entrenada basándose en métricas y ocurrencias históricas del sistema de aire acondicionado, puede predecir cuándo se predice que ciertos componentes del sistema de aire acondicionado (*p. ej.*, un filtro, un serpentín) fallarán o experimentarán una degradación del rendimiento. La inteligencia artificial puede configurarse además para predecir la aparición de un evento adverso, tal como un evento de contaminación microbiológica (*p. ej.*, moho) que se produce en función de los parámetros o tendencias actuales del sistema. Al proporcionar el estado del sistema de aire acondicionado en tiempo real y las predicciones con respecto al comportamiento futuro del sistema, los problemas de mantenimiento se identifican de manera proactiva, reduciendo o eliminando las costosas interrupciones.

20 La figura 1 es un diagrama de bloques que representa un sistema implementado por procesador para proporcionar mantenimiento basado en inteligencia artificial de un sistema de aire acondicionado. Un sistema de aire acondicionado 102 que contiene uno o más sensores (*p. ej.*, una cámara, un sensor de humedad, un sensor de temperatura, un sensor de entalpía, un sensor magnético, un sensor de concentración de sustancia) captura datos de sensor 104 y transmite esos datos de sensor 104 a un servidor de análisis de aire acondicionado 106. En una realización, cada uno de los sensores en el sistema de aire acondicionado 102 incluye un transmisor inalámbrico mediante el cual puede transmitir datos de sensor 104 directamente al servidor de análisis 106 o a un dispositivo intermedio (*p. ej.*, un concentrador de datos) que puede reenviar datos de sensor 104 al servidor de análisis 106 de una manera alámbrica o inalámbrica. El servidor de análisis de aire acondicionado 106 almacena los datos de sensor 104 en un repositorio de datos de sistema de AC histórico 108.

30 El servidor proporciona un análisis del sistema de aire acondicionado actual 102 basándose en los datos de sensor 104, donde en ciertas realizaciones, ese análisis se proporciona con referencia a datos de sistema de AC históricos 108 para el sistema de aire acondicionado 102 particular que se está evaluando, y en ciertos casos datos asociados con otros sistemas de aire acondicionado. Por ejemplo, la inteligencia artificial, tal como en forma de una red neuronal, se entrena basándose en datos históricos del sistema de AC 108 (*p. ej.*, datos de imagen, datos de temperatura, datos de humedad, niveles de polvo) y correspondientes estados del sistema observados (o determinados) (*p. ej.*, nivel de polvo correspondiente a datos de imagen, contaminación microbiológica determinada correspondiente a datos de temperatura y humedad, tiempo hasta que el filtro necesita cambiarse basándose en datos de presión diferencial en ese filtro). El servidor de análisis 106 puede proporcionar análisis sobre el estado actual del sistema de aire acondicionado 102 y el estado futuro previsto (*p. ej.*, tiempo hasta que sea necesaria la limpieza, tiempo hasta que sea probable la contaminación microbiológica en las condiciones actuales, tiempo hasta que sea necesario reemplazar los filtros) en forma de alertas de sistema de AC 110 e informes sobre las interfaces de usuario de estado de AC 112 disponibles localmente en el servidor de análisis 106 o remotamente (*p. ej.*, a través de una red informática o Internet a través de un servidor web, a través de mensaje de texto, mensaje de buscapersonas, llamadas telefónicas automáticas, correo electrónico, facsímil, mensaje impreso o similares).

45 La figura 2 es un diagrama de bloques que representa componentes de ejemplo de un sistema de servidor de análisis de AC. Un sistema de AC habilitado por sensor 102 incluye sensores que capturan datos tales como datos de imagen 104 (*p. ej.*, imágenes internas o externas al sistema de AC) y datos de sensor 106 y transmitir esos datos 104, 106 a un servidor de análisis de AC 108. El servidor de análisis de AC 108 recibe los datos y puede proporcionar uno o más de un número de diferentes tipos de análisis del estado actual del sistema de AC 102 y el estado futuro previsto de ese sistema 102. Los resultados de uno o más análisis se emiten desde el servidor de análisis de AC 108 a través de un módulo de alerta e interfaz 110 que puede tomar la forma de interfaces de usuario (*p. ej.*, al que se accede a través de un navegador web y se muestra en un dispositivo informático) u otros tipos de mensajes electrónicos.

55 Los datos recibidos en el servidor de análisis de AC pueden almacenarse en un repositorio de datos de sistema de AC históricos 114 para análisis futuro. Los datos de sistema históricos almacenados en el repositorio 114 para el presente sistema de AC y/u otros sistemas de AC también pueden usarse para entrenar y refinar la lógica de análisis del servidor de análisis de AC 108. Por ejemplo, cada uno de los análisis que el servidor de análisis de AC 108 está configurado para realizar puede utilizar inteligencia artificial (*p. ej.*, redes neuronales tales como redes neuronales de alimentación hacia adelante, redes neuronales recurrentes, redes neuronales convolucionales, entrenadas usando técnicas tales como aprendizaje supervisado, aprendizaje no supervisado, aprendizaje por refuerzo). Dicha

inteligencia artificial puede entrenarse utilizando datos históricos del sistema de AC del repositorio 114 que abarca muchos sistemas de aire acondicionado presentes en una variedad de entornos diferentes durante largos períodos de tiempo (*p. ej.*, años). A través del análisis de esos datos históricos y las condiciones del sistema correspondientes (*p. ej.*, datos de sensor asociados con una instancia de contaminación microbiológica, datos de sensor asociados con un filtro limpio, datos de sensor asociados con un filtro que necesitaba cambiarse 3 semanas después), la inteligencia artificial puede realizar determinaciones de estado del sistema de AC actual 102, así como predicciones con respecto al estado futuro del sistema de AC 102. Durante el entrenamiento, la inteligencia artificial puede aprender qué tipos de entradas de sensor son útiles para identificar condiciones de sistema de AC (y condiciones de sistema futuras predichas) de tal manera que esas entradas de sensor particulares se usan para proporcionar análisis en vivo del sistema de AC actual 102. Un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial 116 accede a los datos históricos del sistema de AC 114 y entrena una o más instancias de inteligencia artificial (*p. ej.*, redes neuronales) para proporcionar análisis actual y predictivo como se describe adicionalmente en la presente memoria.

Un servidor de análisis de AC puede configurarse para realizar análisis con respecto a un número de diferentes aspectos de un sistema de AC. Por ejemplo, un análisis de nivel de contaminante puede considerar datos tales como datos de imagen 104 y datos de sensor 106 para determinar un nivel de limpieza en el sistema de aire acondicionado, tal como una determinación de limpieza de unidad de tratamiento de aire (AHU) 120 o una determinación de limpieza de conducto 122. Esas determinaciones pueden incluir una evaluación de un estado de contaminación actual (*p. ej.*, nivel de polvo en peso (masa) por área) y/o una predicción de un estado de contaminación futuro, tal como una predicción de cuándo una parte relevante del sistema de AC 102 estará suficientemente contaminada para justificar la limpieza. Dichos estados predictivos pueden usarse para alertar de manera preventiva o programar el mantenimiento de modo que la limpieza pueda realizarse antes de que se produzca una interrupción del servicio más significativa (*p. ej.*, una avería del sistema de AC 102 provocada por la acumulación de contaminación).

Las inspecciones de contaminantes tradicionales requieren apagados del sistema de AC 102 realizados a largo plazo (*p. ej.*, una vez al año) usando una prueba de vacío o una inspección visual. Tales operaciones manuales proporcionan datos muy escasos y ningún conocimiento sobre el estado de contaminación entre inspecciones. Por lo tanto, los eventos del sistema de AC (*p. ej.*, una introducción de polvo en una entrada de sistema de aire basada en condiciones cambiantes (*p. ej.*, inicio de un proyecto de construcción) una fractura en una pared de conducto que permite una introducción significativa de polvo en el sistema de AC 102 que provoca riesgos ambientales (*p. ej.*, riesgos para la salud, daños al equipo en la región de aire controlado) y riesgos para el funcionamiento saludable del sistema de AC) pueden pasar desapercibidos durante períodos de tiempo significativos. La captura de datos automatizada (*p. ej.*, varias veces al día, hora, minuto) y análisis (*p. ej.*, varias veces por año, mes, día, hora, minuto) proporcionan una visión continua de la operación del sistema de AC y alertas rápidas de cambios en las condiciones del sistema que justifican la intervención. Los datos capturados automáticamente pueden complementarse con datos capturados (*p. ej.*, pruebas de vacío) durante el mantenimiento, rutina o de otro tipo, para proporcionar un conjunto de datos aún más robusto para el análisis (*p. ej.*, para el entrenamiento de inteligencia artificial).

Los sistemas de AC también son susceptibles a la contaminación microbiológica. Los microbios, como el moho, pueden crecer y florecer en un sistema de AC bajo ciertas condiciones (*p. ej.*, alta humedad, temperatura cálida). El servidor de análisis de AC 108 puede configurarse en 124 para analizar datos del sistema de AC para indicar en 126 si actualmente existe una presencia probable de contaminación microbiológica en el sistema de AC y/o si y cuándo puede producirse contaminación microbiológica en el futuro basándose en condiciones observadas en el sistema de AC.

En otro ejemplo, un servidor de análisis de AC 108 puede analizar rendimiento y métricas asociadas con filtros en el sistema de AC 102. A través de la consideración de los datos del sensor, tales como las presiones diferenciales medidas antes y después de un filtro, un análisis de filtro 128 puede indicar un estado de filtro actual y una predicción sobre cuándo se debe realizar una acción en relación con uno o más filtros particulares en 130 en el sistema de AC 128.

En algunas realizaciones, el análisis actual y predictivo se puede realizar con respecto a un serpentín de calentamiento o enfriamiento en el sistema de AC 102. Un análisis de serpentín 132 considera datos de sensor (*p. ej.*, datos de presión diferencial, datos de sensor de entalpía) para identificar el estado actual/previsto 134 de los serpentines en el sistema para permitir llamadas de mantenimiento que incluyen llamadas de mantenimiento proactivas para evitar fallos de funcionamiento del sistema.

La calidad del aire es importante en todo un sistema de AC, no solo en el entorno controlado (*p. ej.*, a la salida del sistema de AC). La calidad de la entrada de aire en el sistema (*p. ej.*, desde un entorno exterior) o dentro del sistema de AC 102 (*p. ej.*, en un conducto) puede ser indicativa de problemas actuales o futuros que pueden requerir remedios. Un análisis de la calidad del aire 136 del aire en una entrada del sistema de AC o dentro del sistema de AC puede proporcionar actualizaciones actuales o predictivas sobre la calidad del aire en 138.

Ciertos sistemas de AC 102 utilizan equipos de saneamiento que pueden utilizar técnicas tales como la exposición a la luz ultravioleta (*p. ej.*, en un conducto) o la introducción de una sustancia química (*p. ej.*, un agente desinfectante, una fragancia) en el aire. Un servidor de análisis de AC 108 puede recibir datos que son directamente indicativos (*p. ej.*, desde el equipo de saneamiento) o indirectamente indicativos (*p. ej.*, datos de imagen a partir de los cuales se

puede detectar la luz del equipo de saneamiento ultravioleta) del funcionamiento del equipo de saneamiento. El estado actual y las predicciones del estado futuro del equipo de saneamiento pueden realizarse en 140 y emitirse en 142 al módulo de alerta e interfaz 110.

5 Un servidor de análisis de AC 108 también puede configurarse para rastrear el mantenimiento del sistema de AC 102. Por ejemplo, los datos de sensor 106 pueden incluir sensores de acceso al sistema de AC (*p. ej.*, sensores magnéticos asociados con escotillas de acceso de AC) que pueden detectar cuándo se accede a los elementos internos del sistema de AC 102. Basándose en esos datos de sensor de acceso solos, o en combinación con otros datos de sensor, tales como una disminución en Delta P observada por un sensor de presión diferencial después de un acceso detectado, el servidor de análisis de AC 108 puede determinar que el mantenimiento se realizó en 144 y rastrear esos datos de estado de mantenimiento 146. Por ejemplo, el servidor de análisis de AC 108 puede correlacionar la actividad de mantenimiento detectada con un programa de mantenimiento (*p. ej.*, mantenimiento de rutina, mantenimiento solicitado basándose en una alerta del servidor de análisis de AG 108) y rastrear el rendimiento del mantenimiento del sistema de AC 102. El análisis de mantenimiento 144 también se puede configurar para detectar un acceso anómalo al sistema de AC (*p. ej.*, acceso que no se corresponde con el acceso esperado de un programa de mantenimiento, acceso durante un período de tiempo que probablemente no esté asociado con un mantenimiento legítimo, acceso que no está correlacionado con un beneficio de rendimiento del sistema (*p. ej.*, rendimiento de filtro mejorado)) y emitir alertas correspondientes que indican una posible intrusión maliciosa en el sistema de AC 102 (*p. ej.*, para introducir una sustancia extraña dañina tal como un agente biológico en el volumen controlado).

20 Un servidor de análisis de AC puede proporcionar valores de datos de sensor actuales, estado de sistema de AC determinado y predicciones de sistema de AC a través de una o más interfaces de usuario proporcionadas a un dispositivo de usuario (*p. ej.*, un sistema informático, un sistema de teléfono inteligente, un informe de correo electrónico, un facsímil). Las interfaces de usuario pueden habilitar el seguimiento de datos y estados del sistema de AC a través de múltiples ubicaciones y subporciones de ubicaciones particulares. La figura 3 representa una interfaz de usuario para navegar a datos asociados con un sistema de interfaz de AC particular. Una pantalla superior proporciona un mapa con indicadores seleccionables para seleccionar un sitio de interés particular. Una pantalla inferior proporciona una imagen de una ubicación particular (*p. ej.*, seleccionada del mapa superior), que permite la selección de un sistema de AC que da servicio a toda o una porción de esa ubicación, tal como a través de un clic del ratón en una ubicación en la imagen o un nombre de una sección de la ubicación. El texto incluido con la imagen de ubicación inferior puede indicar un nombre de una porción de una ubicación y estadísticas de compendio tales como un número de parámetros de estado evaluados, un número de parámetros que indican operación dentro de la especificación, un número de parámetros de interés que operan fuera de la especificación, y un número de parámetros para los que no se están recibiendo datos apropiados.

35 Tras la selección de una ubicación, tal como a través de las interfaces de la figura 3, se puede proporcionar a un usuario información de compendio acerca de una diversidad de estados de sistema de AC que se están analizando. La figura 4 representa una interfaz de usuario de datos de compendio de ejemplo asociada con una planta de aire. La interfaz de usuario identifica cada uno de una pluralidad de estados que se rastrean junto con una evaluación cualitativa actual del sistema de AC en relación con ese estado. La interfaz de usuario incluye dos estados de limpieza, uno para la unidad de tratamiento de aire (actualmente en estado Bueno) y el otro para un conducto (actualmente en estado Excelente) en el sistema de AC. Los estados de limpieza proporcionan una imagen más reciente tomada junto con un nivel de polvo estimado (*es decir*, 0,06 g/m² para AHU, 0,073 g/m² para conducto) para proporcionar más datos de compendio sobre la limpieza. Los estados generales para los factores microbiológicos y el estado del serpentín se indican como Bueno. Se indica que el equipo de saneamiento funciona actualmente en un nivel excelente. El estado del filtro se indica como actualmente Pobre, mientras que la calidad del aire dentro del sistema de AC se informa actualmente como que está en un nivel Medio. El control de mantenimiento se indica en un nivel Malo.

45 En las realizaciones, la limpieza del sistema de AC se estima basándose en datos de imagen recibidos del sistema de AC. La figura 5 representa dos diagramas de flujo para determinar la limpieza del sistema de AC. En un primer proceso de ejemplo, se capturan imágenes (*p. ej.*, usando una cámara digital) periódicamente en 502 y se envían a un servidor para su almacenamiento y análisis en 504. Las imágenes se convierten a blanco y negro en 506 y se recortan en 508. Se realiza un análisis de píxeles en 510 para indicar un número asociado con los valores de píxeles de la imagen. Y en 512 se realiza una operación matemática en el número de valor de píxel para determinar un peso de polvo asociado con esa imagen. El peso de polvo se proporciona a un usuario para su visualización en una interfaz de usuario tras el acceso de la interfaz de usuario por el usuario. Se puede enviar proactivamente una alerta al usuario (*p. ej.*, a través de mensaje de texto, correo electrónico, mensaje de buscaperonas, en la interfaz de usuario) si el valor de peso de polvo supera un umbral que podría establecerse automáticamente basándose en valores históricos o análisis de inteligencia artificial, o mediante operación manual por parte del usuario.

60 De acuerdo con la invención, se determina un valor de píxel para una imagen basándose en un valor de píxel promedio asociado con una región de interés de una imagen, tal como una porción recortada de la imagen asociada con un objeto de referencia (*p. ej.*, una pegatina o calcomanía) dentro de la región de interés del sistema de AC (véanse las imágenes de limpieza de AHU y limpieza de conductos de la figura 4). El valor de píxel promedio para la imagen se calcula y, en un ejemplo, se convierte a un peso de contaminación basándose en una fórmula. En una implementación, el peso de contaminación se calcula de acuerdo con:

$$\text{Peso} = m * \text{valor_promedio} + q$$

5 donde Peso es el peso de contaminación, m es un valor constante, valor_promedio es el valor de píxel para la imagen (p. ej., calculado sumando todos los valores de píxel y dividiendo por el número de píxeles), y q es un valor de normalización. En una realización, el valor de normalización q se establece basándose en una imagen inicial o una imagen en una serie de imágenes que tienen un nivel más bajo de contaminación (p. ej., una primera imagen después de la limpieza). En esa realización:

$$q = - m * \text{valor_promedio_mín}$$

donde valor_promedio_mín es el valor de píxel promedio para la imagen asociada con una cantidad más baja de contaminación.

10 El peso de contaminación de peso calculado (p. ej., en g/m²) puede compararse con un valor umbral para determinar si debe ser expedida una alerta que indique que el sistema de AC debe limpiarse. Una tasa de cambio del peso de contaminación (p. ej., en el transcurso de dos o más imágenes) puede usarse para estimar cuándo el sistema de AC estará listo para limpiarse, tal como a través de técnicas de interpolación lineal u otras. También se puede usar una red neuronal en combinación con uno o más valores de peso de contaminación para determinar estados de limpieza
15 actuales y predictivos.

En un segundo ejemplo 550, los datos de imagen se capturan de nuevo en 552 y se envían a un servidor de análisis de AC en 554. En 556 se usa inteligencia artificial para clasificar el estado actual del sistema de AC basándose en los datos de imagen. Por ejemplo, una red neuronal puede entrenarse usando un gran número de imágenes capturadas de sistemas de AC junto con sus correspondientes estados de limpieza cualitativos (p. ej., Muy Limpio, Limpio, Aceptable, Sucio, Muy Sucio). La imagen actual recibida en 554 se proporciona a la red neuronal entrenada para clasificar el estado actual del sistema de AC. La imagen actual puede guardarse, junto con su estado de limpieza asociado, para entrenar adicionalmente la red neuronal en 558. En una realización, el entrenamiento de red neuronal adicional puede estar en un estado supervisado o semisupervisado, donde la clasificación del sistema de un estado de sistema de AC por la inteligencia artificial puede aumentarse o rechazarse por un operador humano. Basándose en el estado del sistema de AC, pueden enviarse alertas y las interfaces de usuario pueden actualizarse en 560. La figura 6 es un diagrama que representa ubicaciones de ejemplo para dispositivos de captura de imágenes (p. ej., una AHU y un sistema de conductos), una imagen de ejemplo de un sistema de conductos y una imagen de referencia de ejemplo que puede colocarse en el volumen de obtención de imágenes como un objeto de referencia para normalizar imágenes capturadas a través de sistemas de AC, como por ejemplo con diferentes niveles de iluminación en el área de obtención de imágenes (p. ej., un conducto, una AHU). El objeto de referencia puede incluir uno o más identificadores tales como números, códigos de barras, códigos QR, de modo que una imagen capturada puede asociarse con su ubicación correspondiente cuando se analizan y almacenan datos de imagen.

La figura 7 es un diagrama de flujo que representa un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial que entrena un modelo de nivel de contaminante. Un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial 702 recibe datos de AC históricos 704 del sistema de AC actual y/u otros sistemas de AC que se han capturado a lo largo del tiempo. Basándose en esos datos y métricas estimadas o predichas asociadas (p. ej., pesos de contaminación estimados, evaluaciones de limpieza cualitativas, un tiempo hasta que se debe realizar la limpieza), un modelo de nivel de contaminante 706 (p. ej., una red neuronal) se entrena para proporcionar esas métricas estimadas o predichas basándose en la imagen actual, sensor u otros datos 708 a través de un módulo de análisis de nivel de contaminante 710. El valor de contaminante 712 determinado usando el modelo de nivel de contaminante 706 se emite desde el análisis para su visualización en una interfaz de usuario o emisión de una alerta. El nivel de contaminante determinado 712 junto con los datos de imagen/sensor 708 que dieron como resultado ese nivel determinado 712 pueden almacenarse en 704 y realimentarse al módulo de entrenamiento 702 de una manera no supervisada o supervisada 714 para entrenar adicionalmente el modelo de nivel de contaminante 706. La figura 8 es un diagrama que representa un estado de limpieza de ejemplo e información predictiva visualizada en una interfaz de usuario. Para cada una de las tres cámaras en el sistema de AC, se calcula y visualiza un nivel de contaminación de polvo actual basándose en valores de píxel de una o más imágenes de esas ubicaciones. Basándose en el estado actual, se presenta una acción requerida actual (p. ej., continuar vigilancia, realizar mantenimiento, programar mantenimiento). También se proporciona un análisis predictivo (p. ej., usando un modelo de inteligencia artificial) que predice cuándo el sistema entrará en un nivel de limpieza de estado Malo. Esta predicción puede usarse para programar proactivamente el mantenimiento de modo que el sistema de AC se limpie antes de la expiración de ese período de tiempo previsto. La figura 9 es un diagrama que representa imágenes capturadas de ejemplo, valores de contaminación de polvo estimados basándose en esas imágenes capturadas y gráficos que representan niveles de contaminación durante un período de tiempo. Pueden utilizarse estimaciones a lo largo del tiempo para identificar tendencias y para informar el análisis predictivo.
55

Un sistema de análisis de AC también puede realizar determinaciones relativas a la contaminación microbiológica actual en el sistema de AC y predicciones sobre las probabilidades asociadas con la contaminación microbiológica basándose en los parámetros del sistema actual (p. ej., temperatura, humedad, niveles de contaminación por polvo medidos o determinados). La figura 10 es un diagrama de flujo que representa un proceso de ejemplo para evaluar el riesgo de contaminación del sistema. Los datos de sensor se capturan en una o más ubicaciones del sistema de AC
60

en 1002 y se transmiten al servidor de análisis de AC en 1004 para su almacenamiento y análisis. Los umbrales de punto de ajuste pueden utilizarse en 1006 para emitir alertas cuando uno o más niveles de datos de sensor solos (*p. ej.*, humedad, temperatura) o una combinación de múltiples factores (*p. ej.*, una relación basada en los umbrales de temperatura, humedad y contaminación por polvo) supera un umbral.

5 Los parámetros relevantes pueden usarse también, solos o en combinación, para proporcionar una evaluación actual y futura del riesgo de contaminación. Por ejemplo, la figura 11 identifica un ejemplo en el que se usan mediciones de temperatura y humedad relativa para proporcionar una evaluación de contaminación microbiológica. La figura 11 representa el seguimiento de datos de temperatura y humedad a lo largo del tiempo, donde las concentraciones de dióxido de carbono y volátiles pueden rastrearse y visualizarse de manera similar. Basándose en un valor ponderado asociado con esos parámetros, se puede hacer un riesgo actual de contaminación microbiológica. También se puede usar inteligencia artificial, fórmula o análisis basado en reglas para indicar cuándo es probable que un sistema esté en riesgo de contaminación microbiológica basándose en las condiciones actuales dentro del sistema de AC o las tendencias en los parámetros del sistema de AC. En una realización, se determinan los niveles promedio de humedad, temperatura y polvo durante un día anterior. La lógica difusa se usa para recuperar una valoración asociada con aquellos factores que predisponen el sistema de AC a la contaminación microbiológica, y se identifica un estado de riesgo actual basándose en esos valores.

La figura 12 es un diagrama de flujo que representa un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial que entrena un modelo de contaminación microbiológica. Un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial 1202 recibe datos históricos relevantes de contaminación microbiológica 1204 del sistema de AC actual y/u otros sistemas de AC que se han capturado a lo largo del tiempo. Basándose en esos datos y métricas estimadas o predichas asociadas (*p. ej.*, contaminación actual estimada, tiempo estimado hasta la contaminación, tiempo actual después de la captura de datos cuando se observó contaminación), un modelo de análisis de contaminación microbiológica 1206 (*p. ej.*, una red neuronal) se entrena para proporcionar esas métricas estimadas o predichas basándose en la imagen actual, sensor y/u otros datos 1208 y tendencias a través de un módulo de análisis de contaminación microbiológica 1210. La evaluación de contaminación 1212 determinada usando el modelo de contaminación microbiológica 1206 se emite desde el análisis para su visualización en una interfaz de usuario o emisión de una alerta. La evaluación de contaminación determinada 1212 junto con los datos de imagen/sensor 1208 que dieron como resultado esa evaluación de contaminación determinada 1212 puede almacenarse en 1204 y realimentarse al módulo de entrenamiento 1202 de una manera no supervisada o supervisada 1214 para entrenar adicionalmente el modelo 1206.

30 La figura 13 representa evaluaciones de contaminación microbiológica en diferentes puntos en un sistema de AC. En cada ubicación, se visualiza una contaminación por polvo (medida, estimada, derivada), un nivel de humedad medido y una temperatura medida. Se muestra un riesgo de contaminación microbiológica en cada ubicación, que indica una probabilidad actual de contaminación basándose en las métricas mostradas. También se visualiza un curso de acción sugerido para cada ubicación. Las figuras 14 y 15 representan otro ejemplo, donde la temperatura y la humedad se usan como datos de entrada para determinar un riesgo de contaminación microbiológica.

Un sistema de análisis de AC también puede configurarse para identificar y hacer predicciones con respecto al estado de los filtros en el sistema. La figura 16 es un diagrama de flujo que representa un proceso de ejemplo para medir el estado de un filtro en un sistema de AC. Los datos de sensor se capturan en 1602 usando uno o más sensores que están instalados en o cerca de un filtro (*p. ej.*, un sensor con sondas colocadas antes y después del filtro que calcula una lectura antes y después y transmite un único cambio en la métrica de presión observada entre las sondas). Los datos de sensor se transmiten a un servidor de análisis de AC para su almacenamiento y análisis en 1604. Se realizan evaluaciones de los estados de filtro actual y previsto, con alertas y actualizaciones de interfaz gráfica de usuario que se proporcionan basándose en esos análisis en 1606.

45 Pueden utilizarse sensores de presión diferencial para medir aspectos del estado del filtro. Un filtro no obstruido permite que el aire pase a través con poca resistencia, de modo que una presión medida antes del filtro es sustancialmente igual a una presión medida después del filtro. Un filtro obstruido puede dar como resultado una acumulación de aire antes del filtro, de modo que un sensor de presión de prefiltro registra una lectura de presión más alta que un sensor de presión de posfiltro. Una gran diferencia en las presiones desde antes de un filtro hasta después de un filtro puede indicar un impedimento para el flujo libre de aire a través del filtro (*p. ej.*, que el filtro está obstruido).

50 Un servidor de análisis de AC puede configurarse para determinar un estado actual de un filtro basándose en una lectura de sensor de presión diferencial actual. Un servidor de análisis también puede proporcionar predicciones con respecto al estado de filtro futuro (*p. ej.*, una cantidad de tiempo antes de que un filtro entre en un estado insatisfactorio y deba cambiarse) basándose en tendencias o inteligencia artificial. En un ejemplo, la inteligencia artificial reconoce patrones en datos de presión diferencial para proporcionar una estimación de cuándo debería reemplazarse un filtro basándose en patrones de presión diferencial en sistemas históricos.

La figura 17 es un diagrama de flujo que representa un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial que entrena un modelo de filtro. Un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial 1702 recibe datos relevantes de rendimiento de filtro históricos 1704 del sistema de AC actual y/u otros sistemas de AC que se han capturado a lo largo del tiempo. Basándose en esos datos y métricas estimadas o predichas asociadas (*p. ej.*, estado actual de filtro obstruido, tiempo estimado para rendimiento de filtro insatisfactorio, tiempo actual para rendimiento de filtro insatisfactorio después de la captura de datos), un modelo de análisis de filtro 1706 (*p. ej.*, una red neuronal) se entrena para proporcionar esas

métricas estimadas o predichas basándose en la imagen actual, sensor y/u otros datos 1708 y tendencias a través de un módulo de análisis de filtro 1710. La evaluación de filtro 1712 determinada usando el modelo de filtro 1706 se emite a partir del análisis para su visualización en una interfaz de usuario o emisión de una alerta. La evaluación de filtro determinada 1712 junto con los datos de imagen/sensor 1708 que dieron como resultado esa evaluación de filtro determinada 1712 puede almacenarse en 1704 y realimentarse al módulo de entrenamiento 1702 de una manera no supervisada o supervisada 1714 para entrenar adicionalmente el modelo 1706.

La figura 18 representa interfaces de usuario de rendimiento de filtro y predicción de ejemplo. Para cada uno de una pluralidad de sensores de presión diferencial colocados en diferentes filtros, un valor de presión diferencial actual y la correspondiente caracterización del rendimiento del filtro (*p. ej.*, Excelente, Bueno, Medio, Malo, Pobre). Se visualiza una acción requerida basada en el rendimiento actual. Además, se visualiza una predicción sobre cuándo debería cambiarse el filtro correspondiente para evitar problemas de rendimiento de AC. El análisis predictivo puede generarse en una variedad de formas basándose en un estado de filtro actual y tendencias de rendimiento históricas para ese filtro u otros filtros, basándose en una tendencia de rendimiento actual asociada con ese filtro, tipo de filtro u otros filtros, basados en inteligencia artificial entrenada en datos históricos asociados con otros filtros, etc. La parte inferior de la figura 18 representa datos de presión diferencial asociados con un filtro a lo largo del tiempo.

El rendimiento y las predicciones con respecto a otros componentes del sistema de AC también se pueden analizar usando un servidor de análisis de AC. La figura 19 representa un diagrama de flujo que representa un proceso para supervisar el rendimiento de un serpentín de sistema de AC. Los datos de sensor se capturan en 1902 usando uno o más sensores que están instalados en o cerca de un serpentín. Los datos de sensor se transmiten a un servidor de análisis de AC para su almacenamiento y análisis en 1904. Se realizan evaluaciones de los estados de serpentín actual y previsto, con alertas y actualizaciones de interfaz gráfica de usuario que se proporcionan basándose en esos análisis en 1906. Por ejemplo, un servidor de análisis de AC puede configurarse para proporcionar alertas a un usuario si el serpentín se considera sucio basándose en un valor de presión diferencial o si una eficiencia de intercambio de calor del serpentín cae por debajo de un valor umbral de entalpía. En un ejemplo, la inteligencia artificial reconoce patrones en datos de sensor relevantes para el serpentín antes de que se distribuya una alerta para la limpieza del serpentín, proporcionando una estimación de tiempo sobre cuándo será necesario limpiar los serpentines.

La figura 20 es un diagrama de flujo que representa un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial que entrena un modelo de serpentín. Un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial 2002 recibe datos relevantes de rendimiento de serpentín históricos 2004 del sistema de AC actual y/u otros sistemas de AC que se han capturado a lo largo del tiempo. Basándose en esos datos y métricas estimadas o predichas asociadas (*p. ej.*, estado actual del serpentín, tiempo estimado hasta el rendimiento insatisfactorio del serpentín, tiempo actual hasta el rendimiento insatisfactorio del serpentín después de la captura de datos), un modelo de análisis de serpentín 2006 (*p. ej.*, una red neuronal) se entrena para proporcionar esas métricas estimadas o predichas basándose en la imagen actual, sensor u otros datos 2008 y tendencias a través de un módulo de análisis de serpentín 2010. La evaluación de serpentín 2012 determinada usando el modelo de serpentín 2006 se emite a partir del análisis para su visualización en una interfaz de usuario o emisión de una alerta. La evaluación de serpentín determinada 2012 junto con los datos de imagen/sensor 2008 que dieron como resultado esa evaluación de serpentín determinada 2012 puede almacenarse en 2004 y realimentarse al módulo de entrenamiento 2002 de una manera no supervisada o supervisada 2014 para entrenar adicionalmente el modelo 2006.

La figura 21 representa una interfaz de usuario de ejemplo para proporcionar datos y predicciones con respecto al estado y rendimiento del serpentín. Para un serpentín particular, se proporciona un valor de presión diferencial y una evaluación cualitativa del rendimiento de ese serpentín (*es decir*, Bueno). Se muestra un elemento de acción actual junto con una predicción de cuándo se debe limpiar el serpentín (*p. ej.*, usando una red neuronal que considera la presión diferencial como una entrada). Para ese mismo serpentín, se proporcionan datos adicionales basándose en datos de sensor de entalpía que proporcionan una métrica de intercambio de calor. Se proporciona el valor métrico de intercambio de calor actual junto con una evaluación cualitativa y una acción actual sugerida. También se proporciona una predicción de cuándo se debe limpiar el serpentín (*p. ej.*, usando una red neuronal que considera los datos del sensor de entalpía (*p. ej.*, actual, tendencias) como entrada). La sección de interfaz de usuario de intercambio de calor representa además una mejora de rendimiento (*es decir*, +23 %) observada después de una limpieza detectada. En un ejemplo, esa mejora de rendimiento se calcula basándose en un mantenimiento de serpentín detectado (*p. ej.*, basándose en una detección de (1) un acceso a un portal de acceso de serpentín del sistema de AC usando un sensor de puerta magnético de portal de AC; (2) estando el acceso al portal de acceso al serpentín en un intervalo de tiempo apropiado para que se haya realizado el mantenimiento del serpentín; y (3) una mejora detectada en el rendimiento del serpentín (*p. ej.*, mayor que un umbral o porcentaje de mejora). La figura 22 representa datos de intercambio de calor de ejemplo capturados y almacenados para un serpentín a lo largo del tiempo.

Un objetivo de un sistema de AC es proporcionar aire de calidad a un volumen cuyo aire se está controlando. Pero para solucionar problemas de AC, es importante supervisar la calidad del aire en una entrada o dentro del sistema de AC para identificar una ubicación de fallos o áreas para la mejora del rendimiento. La figura 23 es un diagrama de flujo que representa un método para medir la calidad del aire y hacer las predicciones correspondientes dentro de un sistema de AC. Los datos de sensor se capturan en 2302 usando uno o más sensores que están instalados en una entrada de aire de AC o dentro de un sistema de AC. Los datos de sensor se transmiten a un servidor de análisis de AC para su almacenamiento y análisis en 2304. Se realizan evaluaciones de los estados de calidad del aire actual y

previsto, con alertas y actualizaciones de interfaz gráfica de usuario que se proporcionan basándose en esos análisis en 2306. Por ejemplo, un servidor de análisis de AC puede configurarse para proporcionar alertas a un usuario si la calidad del aire se considera sucia basándose en materia particulada, dióxido de carbono, monóxido de carbono, concentraciones volátiles, tendencias, etc. En un ejemplo, la inteligencia artificial reconoce patrones en datos de sensores relevantes para la calidad del aire (*p. ej.*, qué tipos de datos son predictivos, importancia relativa de los tipos de datos de sensor) antes de que se distribuya una alerta por problemas de calidad del aire, proporcionando una estimación de tiempo sobre cuándo se debe tomar una acción de calidad del aire. El material particulado se puede medir usando una variedad de métricas que incluyen recuentos de material particulado de diferentes tamaños por volumen.

La figura 24 es un diagrama de flujo que representa un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial que entrena un modelo de calidad del aire. Un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial 2402 recibe datos históricos relevantes de calidad del aire 2404 del sistema de AC actual y/u otros sistemas de AC que se han capturado a lo largo del tiempo. Basándose en esos datos y métricas estimadas o predichas asociadas (*p. ej.*, estado de calidad del aire actual, tiempo estimado hasta calidad de aire insatisfactoria, tiempo actual hasta calidad de aire insatisfactoria después de la captura de datos), un modelo de análisis de calidad del aire 2406 (*p. ej.*, una red neuronal) se entrena para proporcionar esas métricas estimadas o predichas basándose en la imagen actual, sensor y/u otros datos 2408 y tendencias a través de un módulo de análisis de calidad del aire 2410. La evaluación de la calidad del aire 2412 determinada usando el modelo de calidad del aire 2406 se emite a partir del análisis para su visualización en una interfaz de usuario o emisión de una alerta. La evaluación de calidad del aire determinada 2412 junto con los datos de imagen/sensor 2408 que dieron como resultado esa evaluación de calidad del aire determinada 2412 puede almacenarse en 2404 y realimentarse al módulo de entrenamiento 2402 de una manera no supervisada o supervisada 2414 para entrenar adicionalmente el modelo 2406.

La figura 25 representa una interfaz de usuario que proporciona indicaciones de la calidad del aire en diversos puntos dentro de un sistema de AC. Las cuatro secciones superiores de la interfaz de usuario proporcionan diferentes mediciones de partículas detectadas en el aire en la entrada de aire de un sistema de AC. Evaluaciones cualitativas correspondientes y acciones correctivas sugeridas (*p. ej.*, cambiar un filtro para mejorar la calidad, supervisar las razones de retorno de aire). Dos secciones inferiores de la interfaz de usuario ilustran mediciones de dióxido de carbono en otros puntos dentro de los sistemas de aire acondicionado y evaluaciones cualitativas correspondientes y acciones sugeridas. La figura 26 representa datos de dióxido de carbono de ejemplo capturados y almacenados a lo largo del tiempo. La figura 27 representa datos de peso y recuento de partículas de ejemplo capturados y almacenados durante un período de tiempo.

Los sistemas de AC también pueden incorporar herramientas para el saneamiento o el tratamiento de aire de otra manera. Por ejemplo, puede introducirse luz ultravioleta (UV) en un sistema de AC con fines antimicrobianos. En otros casos, pueden introducirse nieblas y fragancias desinfectantes en el aire del sistema de AC para obtener los efectos deseados. La operación y el estado de tales sistemas de saneamiento pueden supervisarse. Por ejemplo, el equipo de saneamiento puede generar y enviar datos de operación que proporcionan información sobre el estado actual, cantidad de productos químicos introducidos, datos de suministro de energía directamente a un servidor de análisis de AC. En ciertas implementaciones, la operación del equipo de saneamiento puede medirse indirectamente usando otros sensores. Por ejemplo, pueden usarse sensores de detección de cámara o luz para observar cantidades de salida de luz UV por equipo de saneamiento. Dicha detección puede informar al sistema de análisis sobre si el equipo de saneamiento está funcionando (*es decir*, la luz UV está encendida o apagada) y su efectividad (*p. ej.*, si la luz UV necesita limpiarse basándose en una magnitud de nivel de luz detectada). Si y qué tan bien está funcionando el equipo de saneamiento de introducción de productos químicos se puede determinar de manera similar usando sensores químicos o cámaras que pueden detectar pulverizaciones de productos químicos.

La figura 28 es un diagrama de flujo que representa un método para medir la función del equipo de saneamiento y hacer las predicciones correspondientes. Los datos de sensor se capturan en 2802 usando uno o más sensores que están instalados en una entrada de aire de AC o dentro de un sistema de AC. Los datos de sensor se transmiten a un servidor de análisis de AC para su almacenamiento y análisis en 2804. Se realizan evaluaciones de los estados de equipo de saneamiento actual y previsto, con alertas y actualizaciones de interfaz gráfica de usuario que se proporcionan basándose en esos análisis en 2806. Por ejemplo, un servidor de análisis de AC puede configurarse para proporcionar alertas a un usuario si el equipo de saneamiento está operando incorrectamente o se prevé que opere incorrectamente, tal como basándose en problemas eléctricos, intervalo de humedad fuera del intervalo funcional del equipo de saneamiento, etc.

La figura 29 representa interfaces gráficas de usuario asociadas con un equipo de saneamiento por luz ultravioleta. Una primera porción de la interfaz de usuario indica una cantidad de tiempo que se ha detectado que la luz está en funcionamiento (*p. ej.*, basándose en datos de imagen capturados), si la humedad detectada en o cerca de la luz es adecuada, y si la luz se está controlando adecuadamente. Se proporciona una evaluación cualitativa del equipo de saneamiento junto con una acción sugerida y una predicción con respecto a cuándo se debe reparar el equipo de saneamiento (*p. ej.*, utilizando una red neuronal de inteligencia artificial). Una porción inferior de la interfaz de usuario representa imágenes capturadas del equipo de saneamiento de las que pueden derivarse datos de operación. Por ejemplo, el brillo de píxeles se puede usar para detectar si la luz UV está funcionando a una intensidad correcta, y un recuento de píxeles que indica la luz que emana (*p. ej.*, píxeles de color azul claro) se puede usar para detectar la

contaminación por polvo de la luz.

Como se ha indicado anteriormente, los sistemas y métodos como se describe en la presente memoria pueden describir detección automatizada de acceso a un sistema de AC y mantenimiento en el mismo. La figura 30 es un diagrama de flujo que representa un método de ejemplo de detección de acceso a un sistema de AC. Supervisando datos de sensor, tales como sensores de acceso de puerta/portal magnéticos que detectan cuándo se abre una puerta/portal, sensores de presión diferencial que indican una caída en la presión asociada con la apertura de una puerta/portal, temporizadores y otros sensores de AC que detectan un rendimiento mejorado del sistema después del mantenimiento, la aparición de accesos a un sistema de AC en general, un punto particular en un sistema de AC; y el rendimiento del mantenimiento se pueden detectar. Tal detección puede ser útil en el seguimiento de cuándo y si se realiza mantenimiento de rutina o solicitado por alerta y detección de cuándo y dónde se realizó mantenimiento no programado/no autorizado para detectar posible actividad nefasta e identificar una ubicación correspondiente para remedios.

La figura 30 es un diagrama de flujo que representa un método de detección de acceso y mantenimiento del sistema de AC. Los datos de sensor se capturan en 3002 usando uno o más sensores que están instalados en una entrada de aire de AC o dentro de un sistema de AC. Los datos de sensor se transmiten a un servidor de análisis de AC para su almacenamiento y análisis en 3004. Se realizan evaluaciones de accesos al sistema y si se realizó mantenimiento, con alertas y actualizaciones de interfaz gráfica de usuario que se proporcionan basándose en esos análisis en 3006. Por ejemplo, un servidor de análisis de AC puede configurarse para proporcionar alertas a un usuario si se produce un acceso inesperado al sistema, cuándo el mantenimiento esperado es más que un período umbral vencido, etc.

La figura 31 representa interfaces de usuario de ejemplo mediante las que se realiza un seguimiento de la detección de mantenimiento automatizado frente a un programa de mantenimiento. Tales interfaces de usuario pueden usarse para rastrear el cumplimiento de protocolos de mantenimiento. Cuando se detecta mantenimiento, un indicador (*p. ej.*, un círculo verde) se añade a la interfaz. En un ejemplo, el mantenimiento se considera detectado cuando uno o más de: (1) un sensor de acceso al sistema de AC (*p. ej.*, sensor de puerta magnético, sistema de presión diferencial) indica un cambio de sistema indicativo de acceso al sistema de AC, (2) el sensor indica un tiempo de acceso apropiado para el mantenimiento del área asociada del sistema de AC (*p. ej.*, no menos de una primera cantidad de tiempo umbral, no más de un segundo umbral de tiempo), y (3) se observa una mejora de rendimiento del sistema de AC correspondiente (*p. ej.*, una presión diferencial reducida en un filtro). El incumplimiento de uno o más de estos criterios podría ser indicativo de acceso no autorizado, falta de mantenimiento (*p. ej.*, abrir un portal pero sin realizar realmente el trabajo), u otra anomalía (*p. ej.*, un polizón en el sistema de AC).

La figura 32 es un diagrama de flujo que representa un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial que entrena un modelo de estado de mantenimiento. Un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial 3202 recibe datos relevantes de mantenimiento históricos 3204 del sistema de AC actual y/u otros sistemas de AC que se han capturado a lo largo del tiempo. Basándose en esos datos y métricas estimadas o predichas asociadas (*p. ej.*, si realmente se realizó el mantenimiento, si un acceso al sistema de AC correspondiente a los datos actuales se consideró anómalo o posiblemente nefasto), un modelo de análisis de mantenimiento 3206 (*p. ej.*, una red neuronal) se entrena para proporcionar esas métricas estimadas o predichas basándose en la imagen actual, sensor y/u otros datos 3208 y tendencias a través de un módulo de análisis de mantenimiento 3210. La evaluación de mantenimiento 3212 determinada usando el modelo de estado de mantenimiento 3206 se emite a partir del análisis para su visualización en una interfaz de usuario o emisión de una alerta. Por ejemplo, puede transmitirse una alerta y ubicación correspondiente basándose en la detección de un acceso al sistema de AC anómalo o posiblemente nefasto. La evaluación de mantenimiento determinada 3212 junto con los datos de imagen/sensor 3208 que dieron como resultado esa evaluación de mantenimiento determinada 3212 puede almacenarse en 3204 y realimentarse al módulo de entrenamiento 3202 de una manera no supervisada o supervisada 3214 para entrenar adicionalmente el modelo 3206.

Además de proporcionar datos con respecto a la funcionalidad de aspectos individuales del rendimiento de un sistema de AC, un servidor de análisis de AC puede configurarse para proporcionar evaluaciones actuales y predictivas con respecto al rendimiento general de un sistema de AC, tal como basándose en datos y alertas analizados en la presente memoria anteriormente. La figura 33 es un diagrama de flujo que representa un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial que entrena un modelo de estado de sistema HVAC. Un módulo de entrenamiento de inteligencia artificial 3302 recibe datos de sistema HVAC históricos 3304 desde el sistema de AC actual y/u otros sistemas de AC que se han capturado a lo largo del tiempo. Basándose en esos datos y métricas estimadas o predichas asociadas (*p. ej.*, si se consideró que un sistema necesitaba atención o mantenimiento), un modelo de estado del sistema HVAC 3306 (*p. ej.*, una red neuronal) se entrena para proporcionar esas métricas estimadas o predichas basándose en la imagen actual, sensor y u otros datos 3308 y tendencias a través de un módulo de análisis de sistema HVAC 3310. La evaluación de estado de HVAC 3312 determinada usando el modelo de estado de sistema HVAC 3306 se emite desde el análisis para su visualización en una interfaz de usuario o emisión de una alerta. La evaluación de estado de sistema HVAC determinada 3312 junto con los datos de imagen/sensor 3308 que dieron como resultado esa evaluación de estado de sistema HVAC determinada 3312 puede almacenarse en 3304 y realimentarse al módulo de entrenamiento 3302 de una manera no supervisada o supervisada 3314 para entrenar adicionalmente el modelo 3306.

La figura 34 es un diagrama de flujo que representa un método implementado por procesador para mantener un sistema de aire acondicionado. Un sistema puede incluir uno o más sensores colocados dentro del sistema de aire acondicionado configurados para transmitir inalámbricamente datos de sensor actuales a una ubicación remota que se recibe en 3402. Un repositorio de datos contiene datos de sensor históricos y datos de estado de sistema de aire acondicionado correspondientes. Se accede a esos datos en 3404. Se entrena una red neuronal en 3406 usando los datos de sensor históricos y los datos de estado de sistema de aire acondicionado correspondientes para predecir un estado de sistema de aire acondicionado futuro basándose en los datos de sensor actuales transmitidos inalámbricamente. Un sistema informático de servidor está configurado para predecir el estado futuro del sistema de aire acondicionado en 3408 basándose en los datos de sensor actuales usando la red neuronal, y una interfaz gráfica de usuario está configurada para mostrar el estado futuro previsto del sistema de aire acondicionado a un cliente remoto en 3410. Los datos de sensor actuales se almacenan en 3412 en el repositorio de datos y la red neuronal se entrena adicionalmente basándose en los datos de sensor actuales.

En las realizaciones, los datos se transmiten a través de conexiones inalámbricas, conexiones por cable o una combinación de ambas.

La figura 35 es un diagrama de flujo que representa un método para mantener un sistema de aire acondicionado que incluye capturar datos de imagen dentro del sistema de aire acondicionado y transmitir los datos de imagen a una ubicación remota fuera del sistema de aire acondicionado en 3502. Los datos de imagen se procesan en la ubicación remota para determinar un valor delta de imagen en 3504, en donde el valor delta de imagen representa un cambio en los datos de imagen durante un periodo de tiempo. El valor delta de imagen se compara con un valor umbral en 3506, en donde el valor umbral se establece basándose en una evaluación de valores delta de imagen históricos y valores de estado de sistema de aire acondicionado correspondientes. Se transmite una señal de alerta en 3508 a través de una red informática cuando el valor delta de imagen supera el valor umbral.

Las figuras 36A, 36B y 36C representan sistemas de ejemplo para implementar los enfoques descritos en la presente memoria para mantener un sistema de aire acondicionado. Por ejemplo, la figura 36A representa un sistema 3600 de ejemplo que incluye una arquitectura informática independiente donde un sistema de procesamiento 3602 (*p. ej.*, uno o más procesadores informáticos ubicados en un ordenador dado o en múltiples ordenadores que pueden estar separados y distintos entre sí) incluye un motor de análisis de AC implementado por ordenador 3604 que se ejecuta en el sistema de procesamiento 3602. El sistema de procesamiento 3602 tiene acceso a una memoria legible por ordenador 3607 además de uno o más almacenes de datos 3608. El uno o más almacenes de datos 3608 pueden incluir una base de datos de datos de AC 3610 así como una base de datos de métricas y predicciones de sistema de AC 3612. El sistema de procesamiento 3602 puede ser un entorno informático paralelo distribuido, que puede usarse para manejar conjuntos de datos a muy gran escala.

La figura 36B representa un sistema 3620 que incluye una arquitectura cliente-servidor. Uno o más PC de usuario 3622 acceden a uno o más servidores 3624 que ejecutan un motor de análisis de AC 3637 en un sistema de procesamiento 3627 a través de una o más redes 3628. El uno o más servidores 3624 pueden acceder a una memoria legible por ordenador 3630 así como a uno o más almacenes de datos 3632. El uno o más almacenes de datos 3632 pueden incluir una base de datos de datos de AC 3634 así como una base de datos de métricas y predicciones de sistema de AC 3638.

La figura 36C muestra un diagrama de bloques de hardware de ejemplo para una arquitectura informática independiente 3650, tal como la arquitectura representada en la figura 36A que pueden usarse para incluir y/o implementar las instrucciones de programa de las realizaciones de sistema de la presente descripción. Un bus 3652 puede servir como la autopista de información que interconecta los otros componentes ilustrados del hardware. Un sistema de procesamiento 3654 etiquetado como CPU (unidad central de procesamiento) (*p. ej.*, uno o más procesadores informáticos en un ordenador dado o en múltiples ordenadores), puede realizar cálculos y operaciones lógicas requeridas para ejecutar un programa. Un medio de almacenamiento legible por procesador no transitorio, tal como la memoria de solo lectura (ROM) 3658 y la memoria de acceso aleatorio (RAM) 36536, puede estar en comunicación con el sistema de procesamiento 3654 y puede incluir una o más instrucciones de programación para realizar el método de mantenimiento de un sistema de aire acondicionado. Opcionalmente, las instrucciones de programa pueden almacenarse en un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio tal como un disco magnético, disco óptico, dispositivo de memoria grabable, memoria flash u otro medio de almacenamiento físico.

En las figuras 36A, 36B y 36C, las memorias legibles por ordenador 3607, 3630, 3658, 3659 o los almacenes de datos 3608, 3632, 3683, 3684, 3688 pueden incluir una o más estructuras de datos para almacenar y asociar diversos datos usados en los sistemas de ejemplo para mantener un sistema de aire acondicionado. Por ejemplo, una estructura de datos almacenada en cualquiera de las ubicaciones anteriormente mencionadas puede usarse para almacenar datos de archivos XML, parámetros iniciales y/o datos para otras variables descritas en la presente memoria. Un controlador de disco 3690 interconecta una o más unidades de disco opcionales con el bus de sistema 3652. Estas unidades de disco pueden ser unidades de disquete externas o internas tales como 3683, unidades de CD-ROM, CD-R, CD-RW o DVD externas o internas tales como 3684, o unidades de disco duro externas o internas 3685. Como se ha indicado anteriormente, estas diversas unidades de disco y controladores de disco son dispositivos opcionales.

- 5 Cada uno de los gestores de elementos, memoria intermedia de datos en tiempo real, transportadores, procesador de entrada de archivos, cargador de memoria de acceso compartido de índice de base de datos, memoria intermedia de datos de referencia y gestores de datos puede incluir una aplicación de software almacenada en una o más de las unidades de disco conectadas al controlador de disco 3690, la ROM 3658 y/o la RAM 3659. El procesador 3654 puede acceder a uno o más componentes según se requiera.
- Una interfaz de visualización 3687 puede permitir que la información del bus 3652 se visualice en un visualizador 3680 en formato de audio, gráfico o alfanumérico. La comunicación con dispositivos externos puede producirse opcionalmente usando diversos puertos de comunicación 3682.
- 10 Además de estos componentes de tipo informático, el hardware también puede incluir dispositivos de entrada de datos, tal como un teclado 3679, u otro dispositivo de entrada 3681, tal como un micrófono, control remoto, puntero, ratón y/o palanca de mando.
- 15 Adicionalmente, los métodos y sistemas descritos en la presente memoria pueden implementarse en muchos tipos diferentes de dispositivos de procesamiento mediante código de programa que comprende instrucciones de programa que son ejecutables por el subsistema de procesamiento de dispositivo. Las instrucciones de programa de software pueden incluir código fuente, código objeto, código de máquina o cualquier otro dato almacenado que sea operable para hacer que un sistema de procesamiento realice los métodos y operaciones descritos en la presente memoria y pueden proporcionarse en cualquier lenguaje adecuado tal como C, C++, JAVA, por ejemplo, o cualquier otro lenguaje de programación adecuado. Sin embargo, también pueden usarse otras implementaciones, tales como firmware o incluso hardware diseñado apropiadamente configurado para llevar a cabo los métodos y sistemas descritos en la
- 20 presente memoria.
- Los datos de los sistemas y métodos (*p. ej.*, asociaciones, mapeos, entrada de datos, salida de datos, resultados de datos intermedios, resultados de datos finales, etc.) pueden almacenarse e implementarse en uno o más tipos diferentes de almacenes de datos implementados por ordenador, tales como diferentes tipos de dispositivos de almacenamiento y construcciones de programación (*p. ej.*, RAM, ROM, memoria Flash, archivos planos, bases de
- 25 datos, estructuras de datos de programación, variables de programación, construcciones de declaración IF-THEN (o tipo similar), etc.). Se observa que las estructuras de datos describen formatos para su uso en la organización y almacenamiento de datos en bases de datos, programas, memoria u otros medios legibles por ordenador para su uso por un programa informático. Los componentes informáticos, módulos de software, funciones, almacenes de datos y estructuras de datos descritos en la presente memoria pueden conectarse directa o indirectamente entre sí para permitir el flujo de datos necesarios para sus operaciones. También se observa que un módulo o procesador incluye, pero no se limita a, una unidad de código que realiza una operación de software, y puede implementarse, por ejemplo, como una unidad de código de subrutina, o como una unidad de código de función de software, o como un objeto (como en un paradigma orientado a objetos), o como un subprograma, o en un lenguaje de script informático, o como otro tipo de código informático. Los componentes y/o la funcionalidad de software pueden ubicarse en un único
- 30 ordenador o distribuirse a través de múltiples ordenadores dependiendo de la situación en cuestión.
- 35

REIVINDICACIONES

1. Un método implementado por ordenador para mantener un sistema de aire acondicionado (102), que comprende:

5 capturar (502, 552) datos de imagen (106) dentro del sistema de aire acondicionado (102), en donde las ubicaciones para los dispositivos de captura de imágenes son una unidad de tratamiento de aire, AHU y un sistema de conductos, y

transmitir (504, 554) los datos de imagen (106) a una ubicación remota fuera del sistema de aire acondicionado (102);

10 procesar (506, 508, 510, 556) los datos de imagen (106) en la ubicación remota para determinar un valor delta de imagen, en donde el valor delta de imagen representa un cambio en los datos de imagen (106) durante un período de tiempo;

comparar (512) el valor delta de imagen con un valor umbral,

en donde el valor umbral se establece basándose en una evaluación de valores delta de imagen históricos;

transmitir (514, 560) una señal de alerta a través de una red informática cuando el valor delta de imagen supera el valor umbral,

15 en donde

(i) el valor delta de imagen se determina comparando un valor de píxel de los datos de imagen (106) con un valor de píxel de una imagen de línea de base,

(a) en donde el valor delta de imagen representa una diferencia en el valor de píxel de la imagen de línea de base y

20 (b) en donde el valor de píxel para una imagen se determina basándose en un valor de píxel promedio asociado con una región de interés de la imagen, en donde la región de interés es una porción recortada de la imagen asociada con un objeto de referencia dentro de la región de interés del sistema de aire acondicionado, en donde el valor de píxel promedio se calcula sumando todos los valores de píxel de los píxeles en la imagen y dividiendo por el número de píxeles en la imagen;

25 y/o

(ii) el valor umbral se determina usando una red neuronal,

en donde la red neuronal (116) se entrena usando imágenes históricas y datos recopilados, y el método comprende además

30 proporcionar una interfaz de usuario (112) que identifica un estado actual del sistema de aire acondicionado basándose en el valor delta de imagen y un estado de análisis predictivo basándose en el valor delta de imagen,

en donde el estado de análisis predictivo identifica un tiempo anticipado hasta la degradación del sistema de aire acondicionado (102) que requerirá servicio usando la red neuronal.

2. El método de la reivindicación 1, en donde

35 (i) la señal de alerta indica que se va a realizar mantenimiento en el sistema de aire acondicionado (102) basándose en una degradación de una condición en el sistema de aire acondicionado (102), en donde especialmente la alerta (104) se transmite a un sistema informático de personal de mantenimiento,

y/o

40 (ii) comparar el valor delta de imagen con un valor umbral comprende convertir el valor delta de imagen en un valor de nivel de polvo y comparar el valor de nivel de polvo con el valor umbral, en donde opcionalmente el valor de nivel de polvo se mide en masa o peso por unidad de área.

3. El método de la reivindicación 1, en donde en la alternativa (i)

a) los valores de píxel son valores de color de píxel

45 b) los datos de imagen (106) comprenden una imagen de un objeto de referencia en el sistema de aire acondicionado (102), en donde la imagen de línea de base se adquiere en la instalación del objeto de referencia o tras una limpieza del sistema de aire acondicionado (102) que incluye una limpieza del objeto de referencia, en donde especialmente el objeto de referencia es un objeto plano que comprende secciones de diferentes objetos, en donde opcionalmente el objeto de referencia es una pegatina o calcomanía, o

c) el valor delta de imagen se calcula como un peso de contaminación de acuerdo con:

$$\text{Peso} = m * \text{valor_promedio} + q$$

donde Peso es el peso de contaminación, m es un valor constante, el valor promedio es un valor de píxel asociado con los datos de imagen (106), y q es un valor de normalización, en donde el valor de normalización q se establece basándose en un valor de píxel asociado con una imagen inicial de acuerdo con:

$$q = - m * \text{valor_promedio_mín.}$$

4. El método de la reivindicación 1, en donde

(i) los datos de imagen (106) se capturan usando una cámara digital en o cerca de una unidad de tratamiento de aire o conducto del sistema de aire acondicionado (102), en donde los datos de imagen (106) se transmiten de forma inalámbrica a un servidor remoto (106, 108), o

(ii) el valor umbral se determina adicionalmente por la red neuronal usando evaluaciones cualitativas correspondientes de los sistemas de aire acondicionado (102).

5. El método de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:

capturar datos de temperatura y datos de humedad que se transmiten a la ubicación remota;

determinar un nivel de riesgo de contaminación microbiológica basándose en los datos de imagen (106), los datos de temperatura y los datos de humedad;

en donde se transmite una alerta microbiológica (104) cuando el nivel de riesgo de contaminación microbiológica supera un umbral microbiológico, en donde especialmente el umbral de nivel de riesgo microbiológico se establece usando datos históricos y una red neuronal o una característica de un sistema de aire acondicionado (102) que se está supervisando.

6. El método de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:

proporcionar un análisis predictivo para el nivel de riesgo de contaminación microbiológica usando una red neuronal entrenada usando datos históricos de temperatura, datos de humedad, datos de imagen (106) y correspondientes datos de nivel de riesgo de contaminación microbiológica;

en donde el análisis predictivo para el nivel de riesgo de contaminación microbiológica identifica si el sistema de aire acondicionado (102) está actualmente en riesgo de contaminación microbiológica y un tiempo hasta que es probable que aparezca contaminación microbiológica en las condiciones actuales.

7. El método de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:

capturar datos de presión de aire diferencial que indican una diferencia en la presión de aire antes y después de un componente en el sistema de aire acondicionado (102) que se transmite a la ubicación remota;

determinar un estado del componente basándose en los datos de presión de aire diferencial;

en donde se transmite una alerta de estado de componente (104) cuando la presión de aire diferencial supera un umbral de presión de aire diferencial.

8. El método de la reivindicación 7, en donde

(i) el método comprende además:

proporcionar un análisis predictivo para el estado del componente usando una red neuronal entrenada usando datos históricos de presión de aire diferencial y datos de estado de componente correspondientes;

en donde el análisis predictivo para el estado del componente identifica si el componente está actualmente comprometido y un tiempo hasta que es probable que el componente entre en un estado comprometido,

(ii) el umbral de presión de aire diferencial se establece utilizando datos históricos y una red neuronal,

(iii) el componente es un filtro en el sistema de aire acondicionado (102), o

(iv) el componente es un serpentín de sistema de aire acondicionado, en donde el método comprende además:

capturar datos de entalpía asociados con el componente que se transmiten a la ubicación remota;

en donde el estado del serpentín se determina basándose en la presión de aire diferencial y los datos de entalpía.

9. El método de la reivindicación 8, en donde la alternativa (iv) comprende adicionalmente:

proporcionar un análisis predictivo para el estado del serpentín usando una red neuronal entrenada usando datos históricos de presión de aire diferencial, datos históricos de entalpía y datos de estado de serpentín correspondientes;

5 en donde el análisis predictivo para el estado del serpentín identifica si el serpentín está actualmente comprometido y un tiempo hasta que es probable que el serpentín entre en un estado comprometido.

10. El método de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:

10 capturar datos de calidad del aire que indican un recuento o concentración de material particulado de una sustancia en una entrada del sistema de aire acondicionado o dentro del sistema de aire acondicionado (102) que se transmite a la ubicación remota;

determinar un estado de calidad del aire interno basándose en los datos de calidad del aire;

en donde se transmite una alerta de calidad del aire (104) cuando el estado de calidad del aire supera un umbral, en donde opcionalmente los datos de calidad del aire comprenden un recuento de materia particulada, una concentración de dióxido de carbono, una concentración de monóxido de carbono o un recuento de materia volátil.

15 11. El método de la reivindicación 1, en donde

a) el método comprende además:

proporcionar un análisis predictivo para el estado de calidad del aire dentro del sistema de aire acondicionado (102) usando una red neuronal entrenada usando datos históricos de calidad del aire y datos de estado de calidad del aire correspondientes;

20 en donde el análisis predictivo para el estado de la calidad del aire identifica si la calidad del aire está actualmente comprometida y un tiempo hasta que es probable que la calidad del aire entre en un estado comprometido,

b) el método comprende además supervisar el estado del equipo de saneamiento en el sistema de aire acondicionado (102), en donde el equipo de saneamiento introduce una sustancia en el sistema de aire acondicionado (102) o trata el aire en el sistema de aire acondicionado (102) usando luz ultravioleta;

25 en donde el estado del equipo de saneamiento se supervisa basándose en los datos de imagen (106);

30 en donde se transmite una alerta de equipo de saneamiento (104) cuando se determina que el equipo de saneamiento funciona mal o funciona de manera subóptima basándose en los datos de imagen (106), en donde especialmente el equipo de saneamiento es una luz ultravioleta, en donde el estado del equipo de saneamiento se determina basándose en un valor de intensidad de luz determinado basándose en los datos de imagen (106), o

c) el método comprende adicionalmente capturar datos de acceso al sistema de aire acondicionado que se transmiten a la ubicación remota;

35 determinar si se realizó mantenimiento en el sistema de aire acondicionado (102) basándose en los datos de acceso al sistema;

en donde se proporcionan datos de estado de mantenimiento en una interfaz de usuario (112) basándose en la determinación de si se realizó mantenimiento, en donde especialmente

40 (i) la determinación de si se realizó el mantenimiento se basa en una cantidad de tiempo en que se accedió al sistema de aire acondicionado (102) basándose en un sensor que responde a un portal de acceso del sistema de aire acondicionado (102), en donde opcionalmente la determinación de si se realizó el mantenimiento se basa adicionalmente en un cambio en un parámetro de estado del sistema que indica un rendimiento mejorado del sistema de aire acondicionado (102) después de que se accedió al sistema de aire acondicionado (102), o

(ii) el método comprende además determinar si el acceso al sistema de aire acondicionado (102) se corresponde con el mantenimiento programado o el mantenimiento iniciado por una señal de alerta;

45 en donde el acceso correspondiente con el mantenimiento programado o el mantenimiento iniciado por la señal de alerta se indica en la interfaz de usuario (112), o

(iii) el método comprende además:

determinar si un acceso al sistema de aire acondicionado (102) era un acceso anómalo basándose en uno o más de

estar el acceso fuera de un periodo de mantenimiento esperado;

5 ser el acceso por un período de tiempo menor o mayor que una cantidad de tiempo esperado para realizar el mantenimiento;

no tener el acceso una mejora correspondiente en una métrica de rendimiento del sistema de aire acondicionado (102); y

proporcionar una alerta (104) a la ubicación remota cuando se determina que el acceso es un acceso anómalo.

12. El método de la reivindicación 1, en donde

10 (i) el sistema de aire acondicionado (102) es un sistema de calentamiento, un sistema de refrigeración o un sistema de calentamiento, ventilación y aire acondicionado (HVAC), o

(ii) los datos de imagen (106) se capturan y transmiten a las ubicaciones remotas varias veces al día.

13. Un sistema implementado por ordenador para mantener un sistema de aire acondicionado (102), que comprende:

uno o más procesadores de datos;

15 un medio legible por ordenador no transitorio codificado con instrucciones para ordenar a un sistema que ejecute etapas que incluyen:

capturar (502, 552) datos de imagen (106) dentro del sistema de aire acondicionado (102), en donde las ubicaciones para los dispositivos de captura de imágenes son una unidad de tratamiento de aire, AHU y un sistema de conductos, y

20 transmitir (504, 554) los datos de imagen (106) a una ubicación remota fuera del sistema de aire acondicionado (102);

procesar (506, 508, 510, 556) los datos de imagen (106) en la ubicación remota para determinar un valor delta de imagen, en donde el valor delta de imagen representa un cambio en los datos de imagen (106) durante un período de tiempo;

25 comparar (512) el valor delta de imagen con un valor umbral, en donde el valor umbral se establece basándose en una evaluación de valores delta de imagen históricos;

transmitir (514, 560) una señal de alerta a través de una red informática cuando el valor delta de imagen supera el valor umbral

en donde

30 (i) el valor delta de imagen se determina comparando un valor de píxel de los datos de imagen (106) con un valor de píxel de una imagen de línea de base,

(a) en donde el valor delta de imagen representa una diferencia en el valor de píxel de la imagen de línea de base y

35 (b) en donde el valor de píxel para una imagen se determina basándose en un valor de píxel promedio asociado con una región de interés de la imagen, en donde la región de interés es una porción recortada de la imagen asociada con un objeto de referencia dentro de la región de interés del sistema de AC, en donde el valor de píxel promedio se calcula sumando todos los valores de píxel de los píxeles en la imagen y dividiendo por el número de píxeles en la imagen;

y/o

40 (ii) el valor umbral se determina usando una red neuronal,

en donde la red neuronal (116) se entrena usando imágenes históricas y datos recopilados, y el método comprende además

proporcionar una interfaz de usuario (112) que identifica un estado actual del sistema de aire acondicionado basándose en el valor delta de imagen y un estado de análisis predictivo basándose en el valor delta de imagen,

45 en donde el estado de análisis predictivo identifica un tiempo anticipado hasta la degradación del sistema de aire acondicionado (102) que requerirá servicio usando la red neuronal.

14. Un medio legible por ordenador no transitorio codificado con instrucciones para ordenar a un sistema que ejecute etapas que incluyen:

- 5 capturar (502, 552) datos de imagen (106) dentro del sistema de aire acondicionado, en donde las ubicaciones para los dispositivos de captura de imágenes son una unidad de tratamiento de aire, AHU y un sistema de conductos, y
- transmitir (504, 554) los datos de imagen (106) a una ubicación remota fuera del sistema de aire acondicionado;
- procesar (506, 508, 510, 556) los datos de imagen (106) en la ubicación remota para determinar un valor delta de imagen, en donde el valor delta de imagen representa un cambio en los datos de imagen (106) durante un período de tiempo;
- 10 comparar (512) el valor delta de imagen con un valor umbral, en donde el valor umbral se establece basándose en una evaluación de valores delta de imagen históricos;
- transmitir (514, 560) una señal de alerta a través de una red informática cuando el valor delta de imagen supera el valor umbral
- en donde
- 15 (i) el valor delta de imagen se determina comparando un valor de píxel de los datos de imagen (106) con un valor de píxel de una imagen de línea de base,
- (a) en donde el valor delta de imagen representa una diferencia en el valor de píxel de la imagen de línea de base y
- 20 (b) en donde el valor de píxel para una imagen se determina basándose en el valor de píxel promedio asociado con una región de interés de la imagen, en donde la región de interés es una porción recortada de la imagen asociada con un objeto de referencia dentro de la región de interés del sistema de AC, en donde el valor de píxel promedio se calcula sumando todos los valores de píxel de los píxeles en la imagen y dividiendo por el número de píxeles en la imagen;
- y/o
- 25 (ii) el valor umbral se determina usando una red neuronal,
- en donde la red neuronal (116) se entrena usando imágenes históricas y datos recopilados, y el método comprende además
- proporcionar una interfaz de usuario (112) que identifica un estado actual del sistema de aire acondicionado basándose en el valor delta de imagen y un estado de análisis predictivo basándose en el valor delta de imagen,
- 30 en donde el estado de análisis predictivo identifica un tiempo anticipado hasta la degradación del sistema de aire acondicionado (102) que requerirá servicio usando la red neuronal.

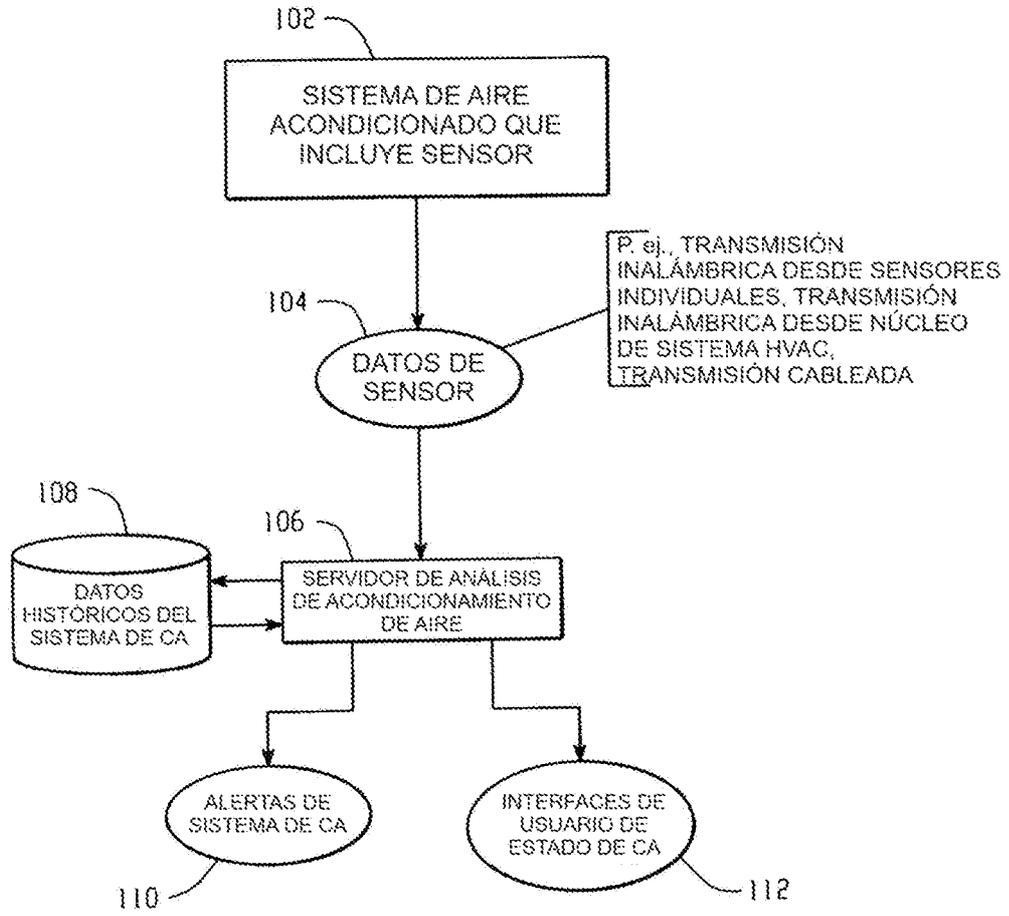


Fig. 1

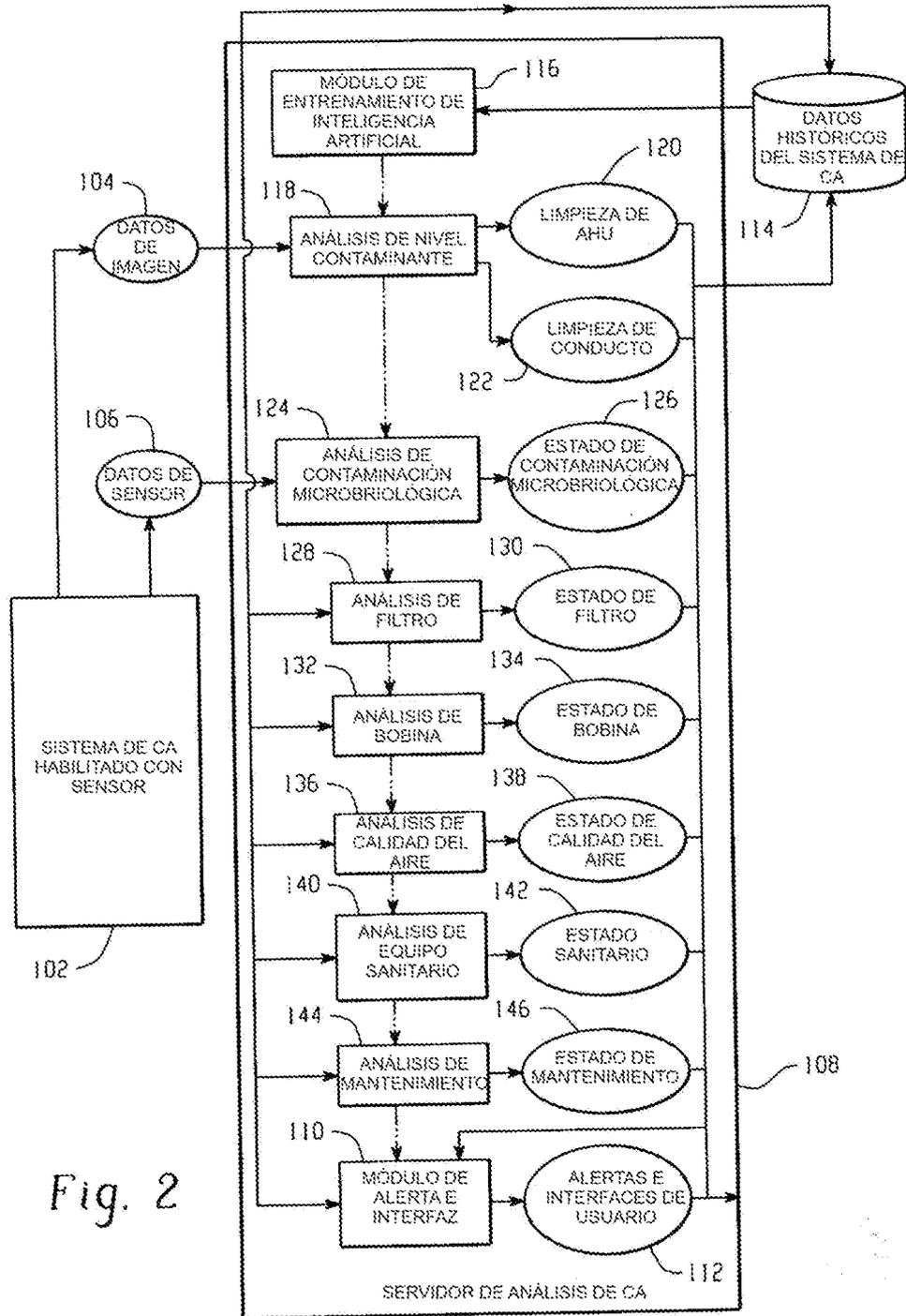
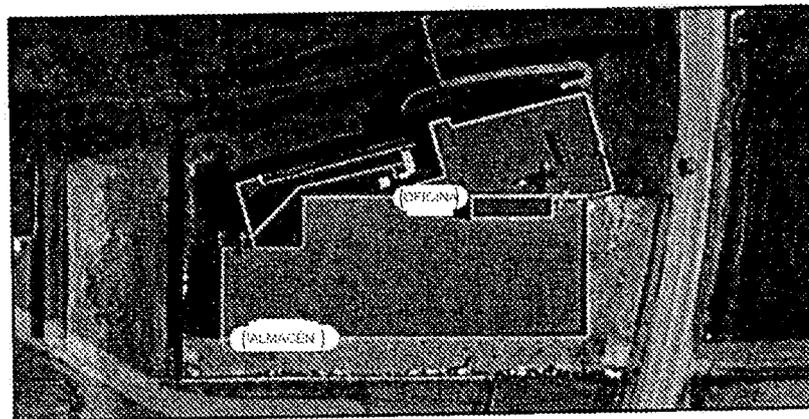
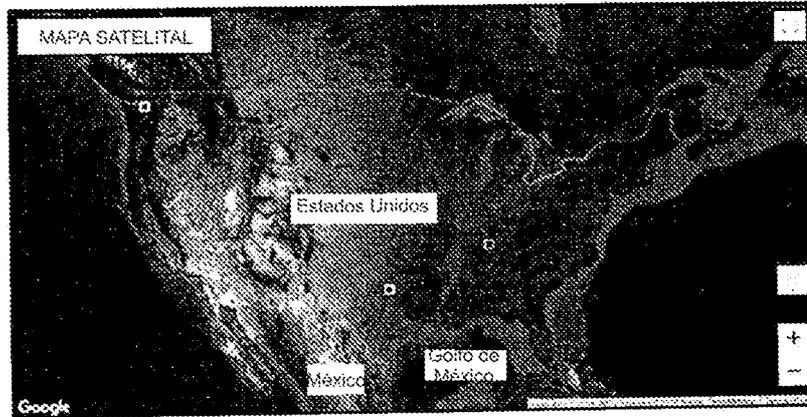


Fig. 2

REMOTAIR ~ MAPA DE UBICACIONES



SECTOR OFICINA					
PLANTA	DEPARTAMENTO	PARÁMETROS EVALUADOS	PARÁMETROS CONFORMES	PARÁMETROS NO CONFORMES	PARÁMETROS CON MAL FUNCIONAMIENTO
PLANTA DEMO	OFICINA PLANTA 1	8/8	5/8	3/8	0/8
MI PLATAFORMA	CENTRO DE MÚSICA	1/8	1/8	0/8	0/8
AREA DE PRUEBA DE OFICINA	OFICINA PLANTA 2	2/8	2/8	0/8	0/8

Fig. 3

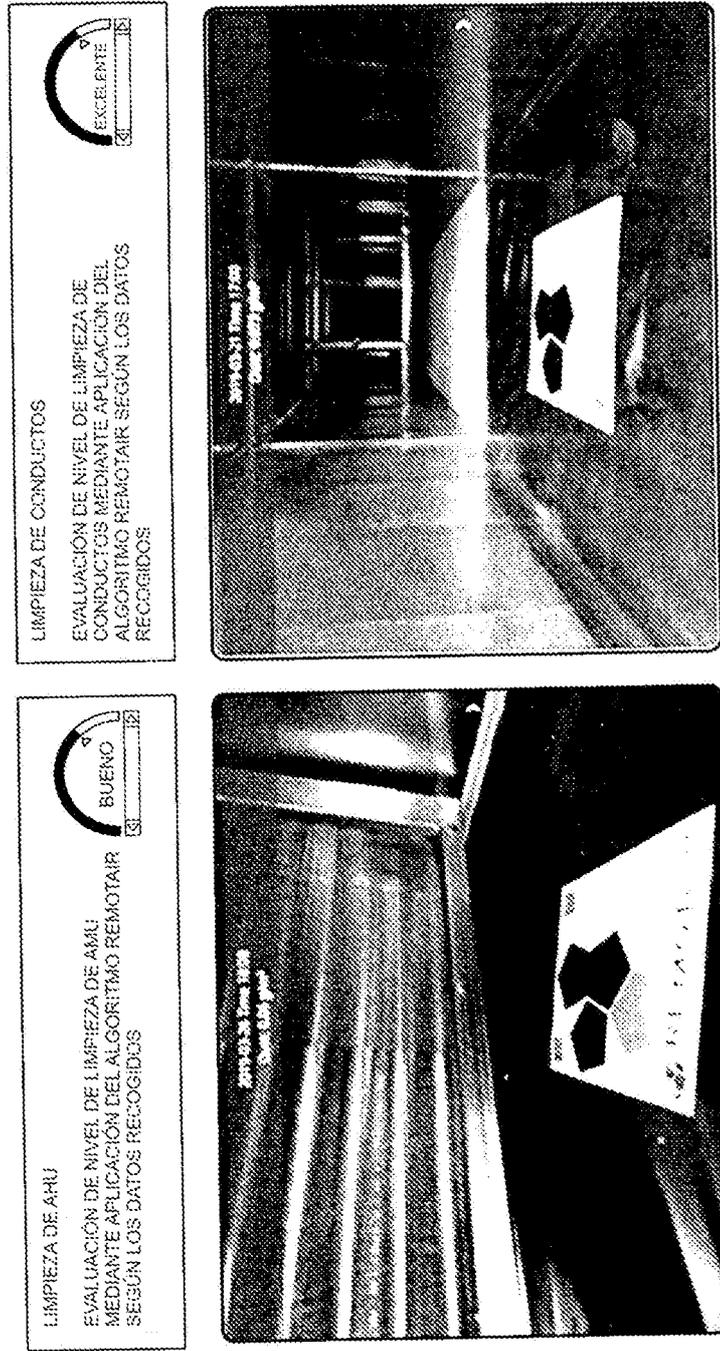


Fig. 4

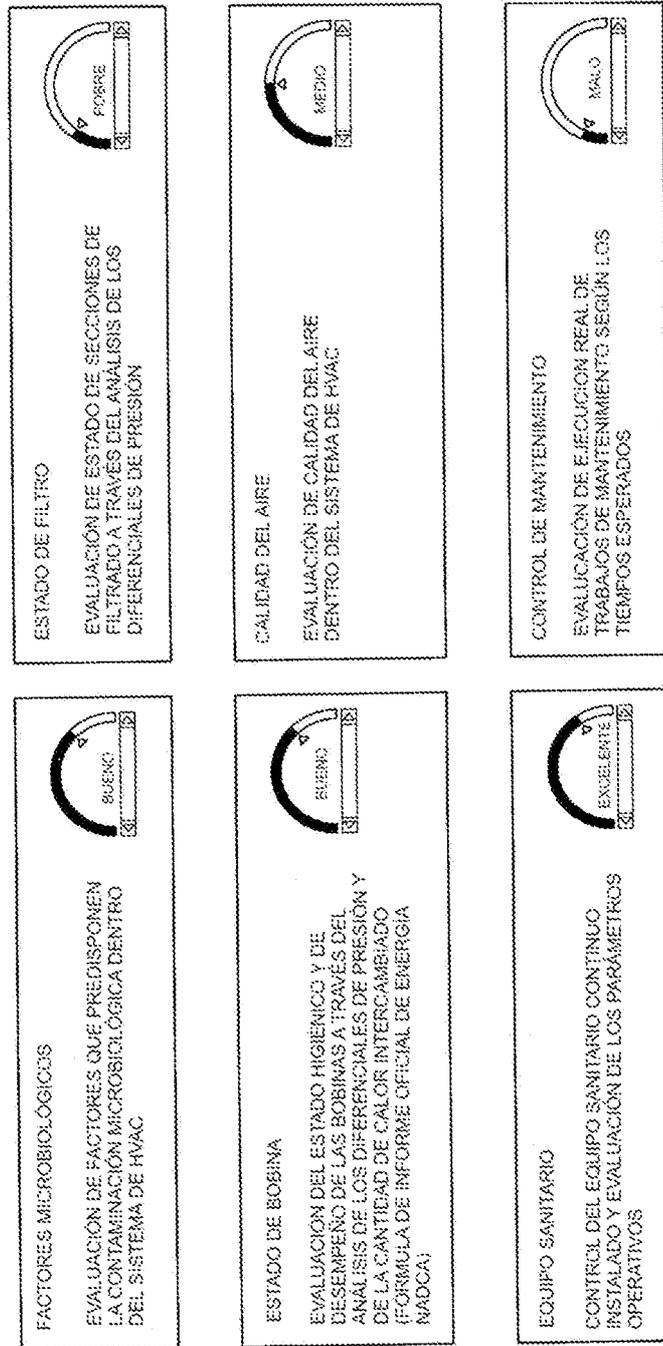


Fig. 4, cont.

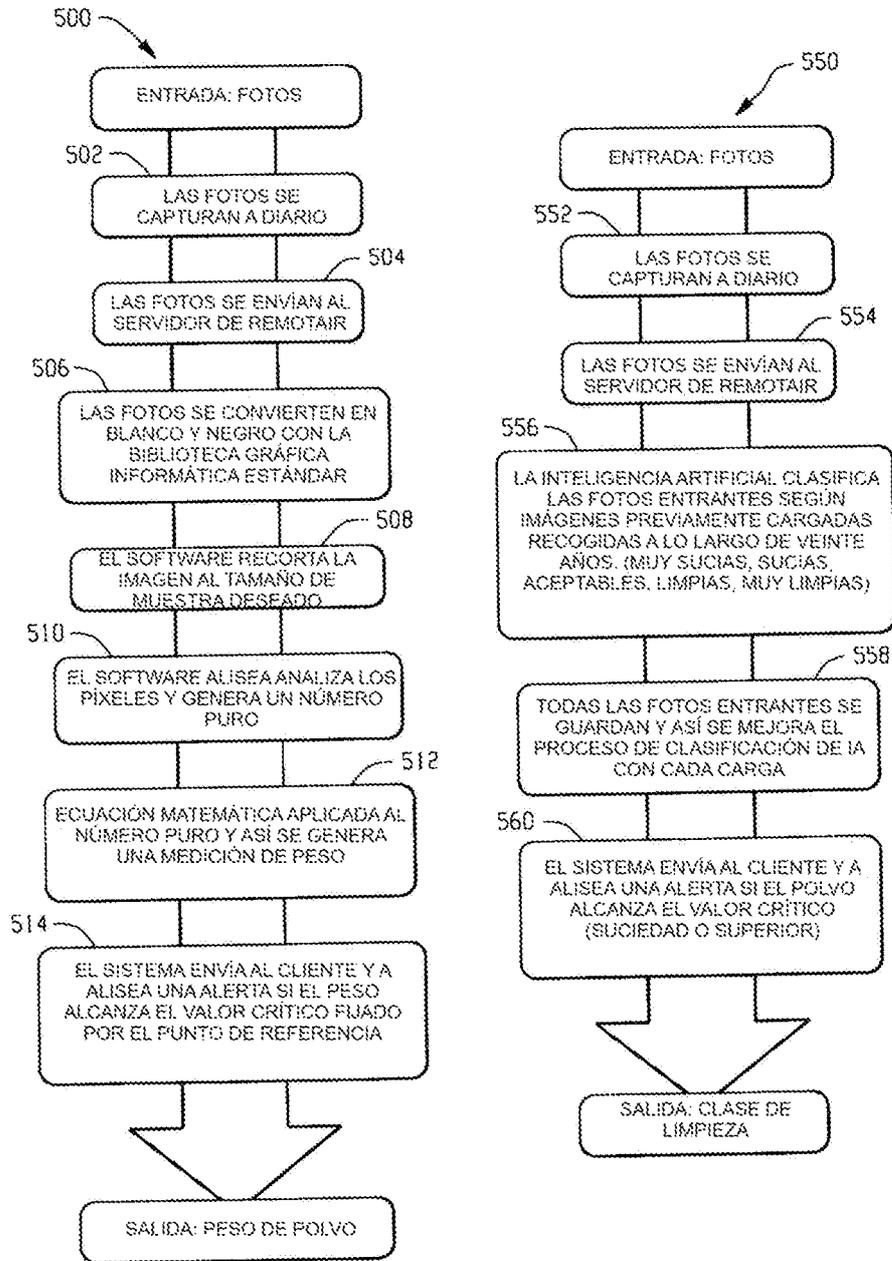


Fig. 5

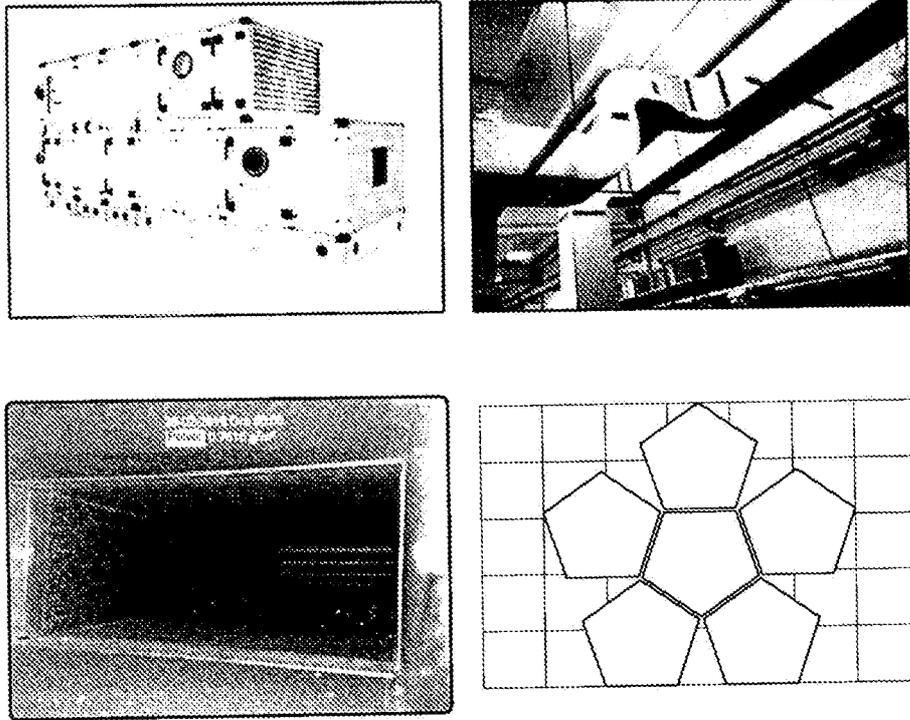


Fig. 6

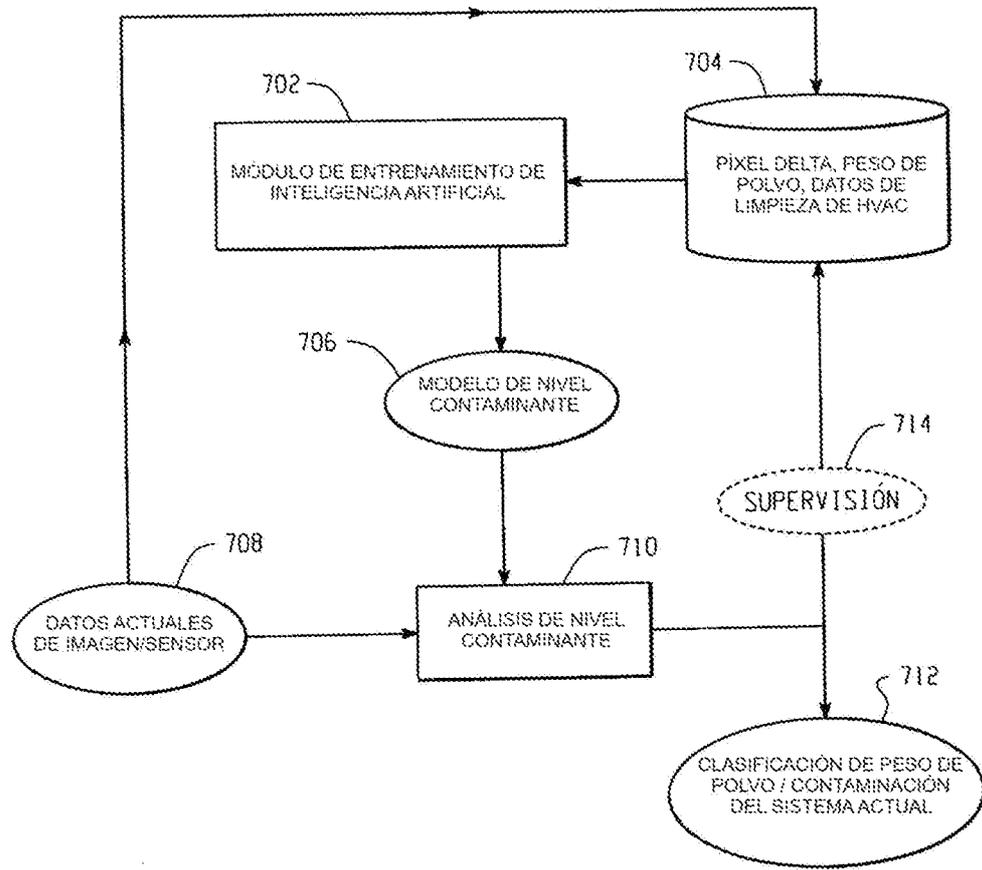


Fig. 7

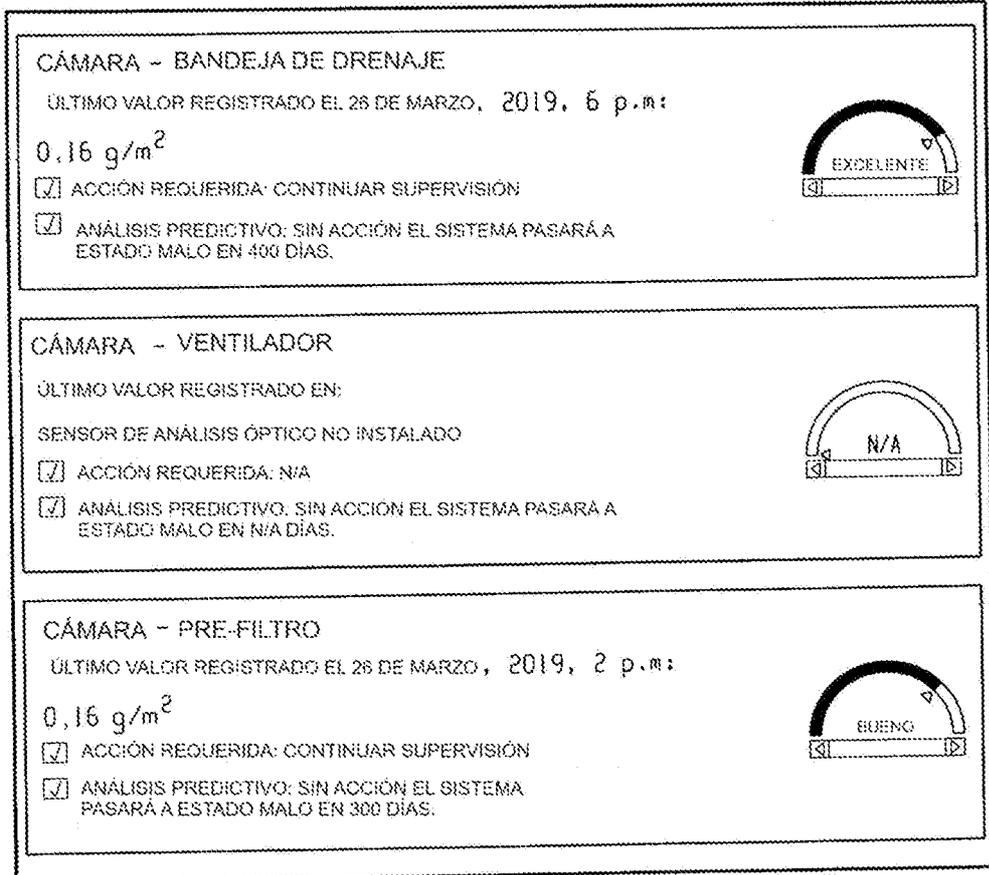


Fig. 8

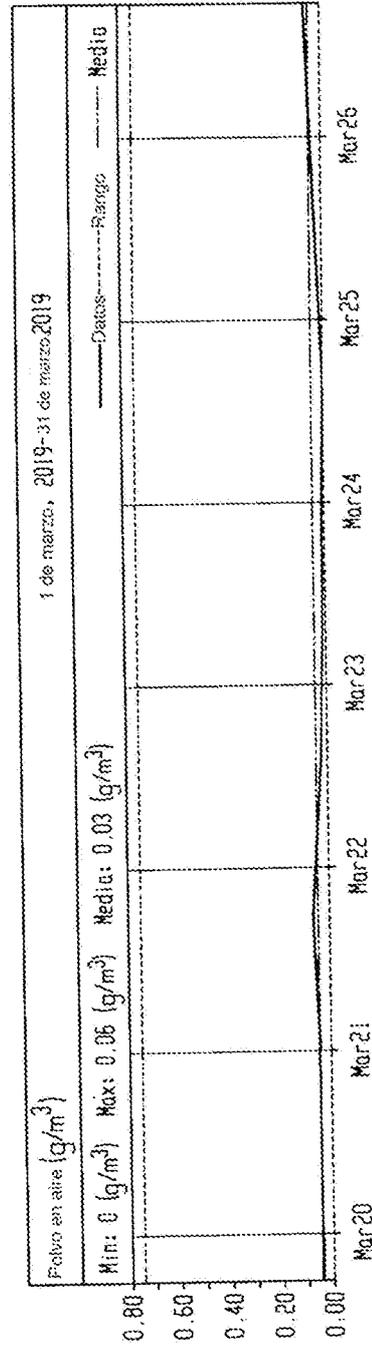
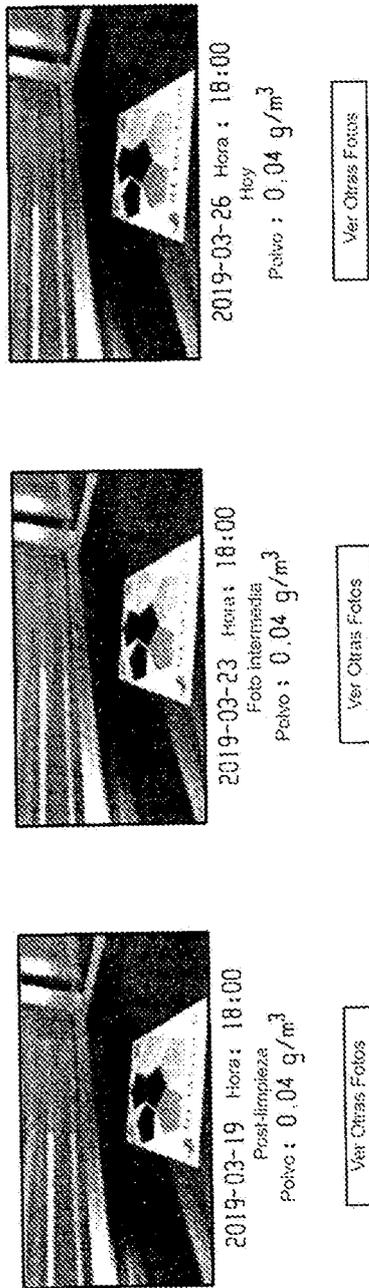


Fig. 9

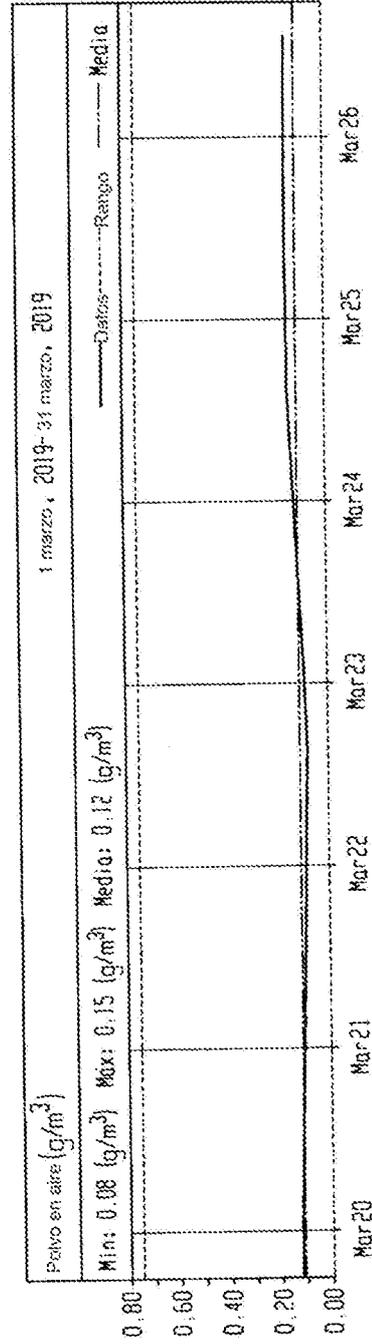
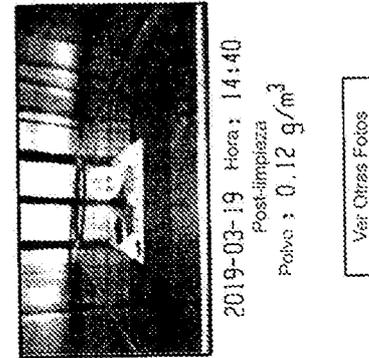
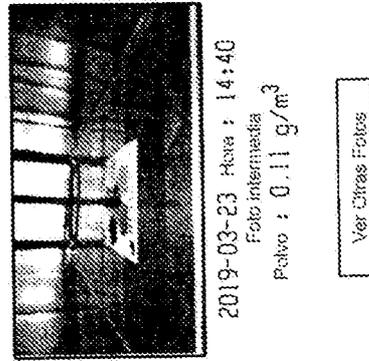
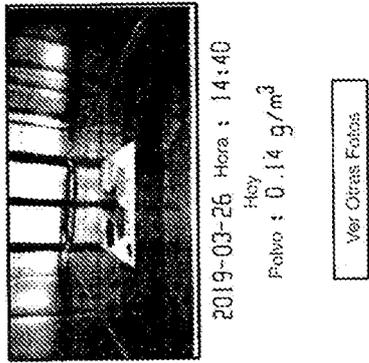


Fig. 9. cont.

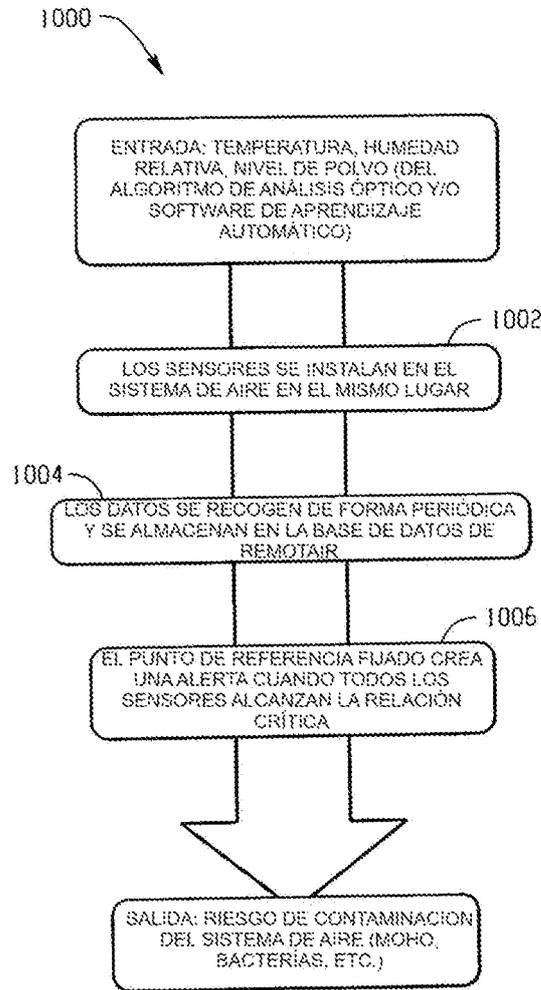


Fig. 10

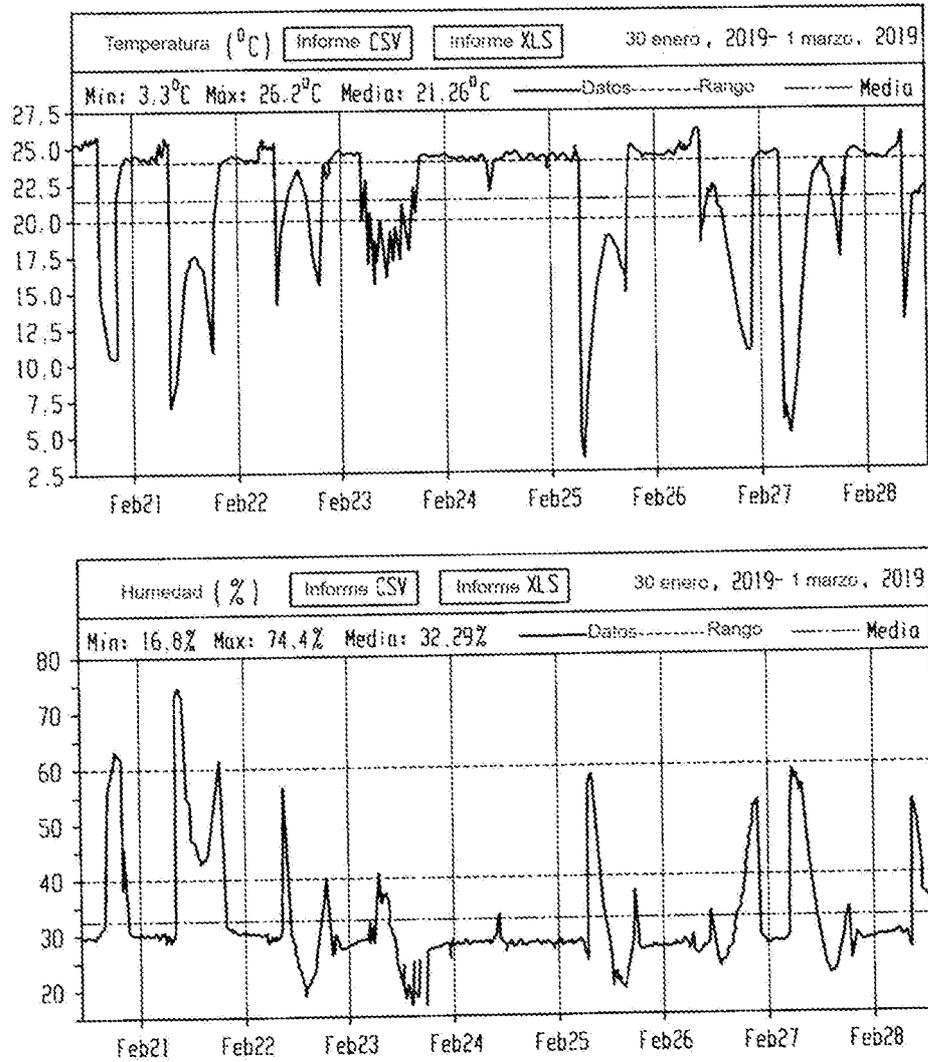


Fig. 11

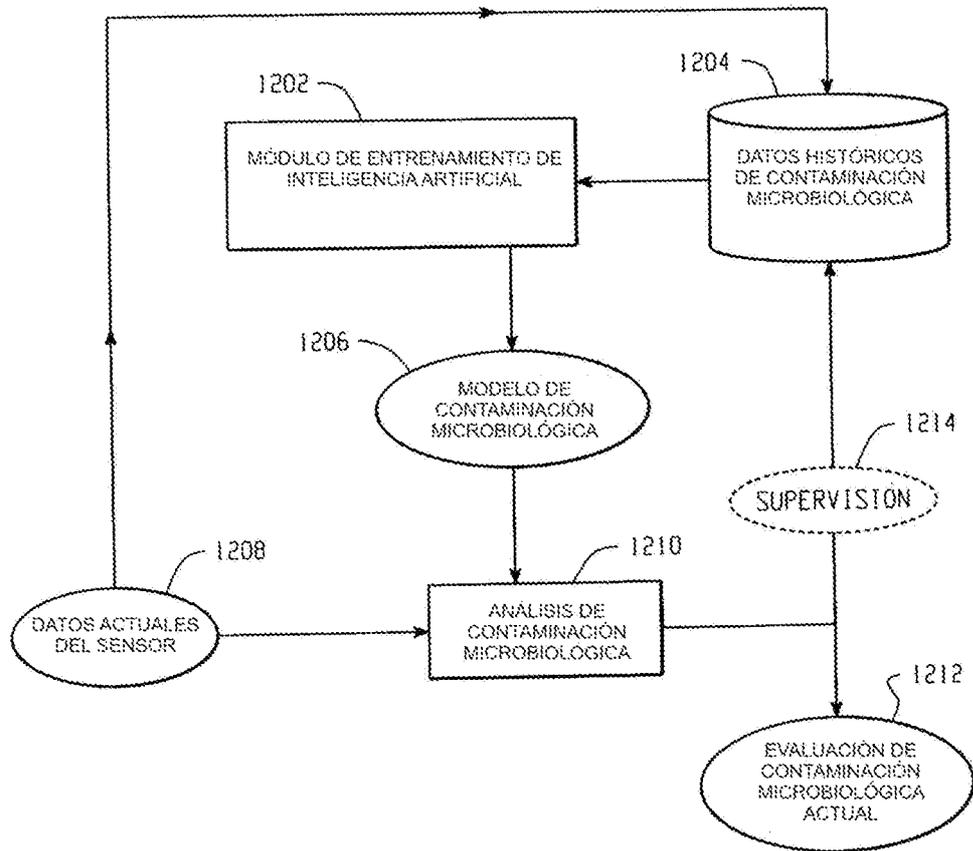


Fig. 12

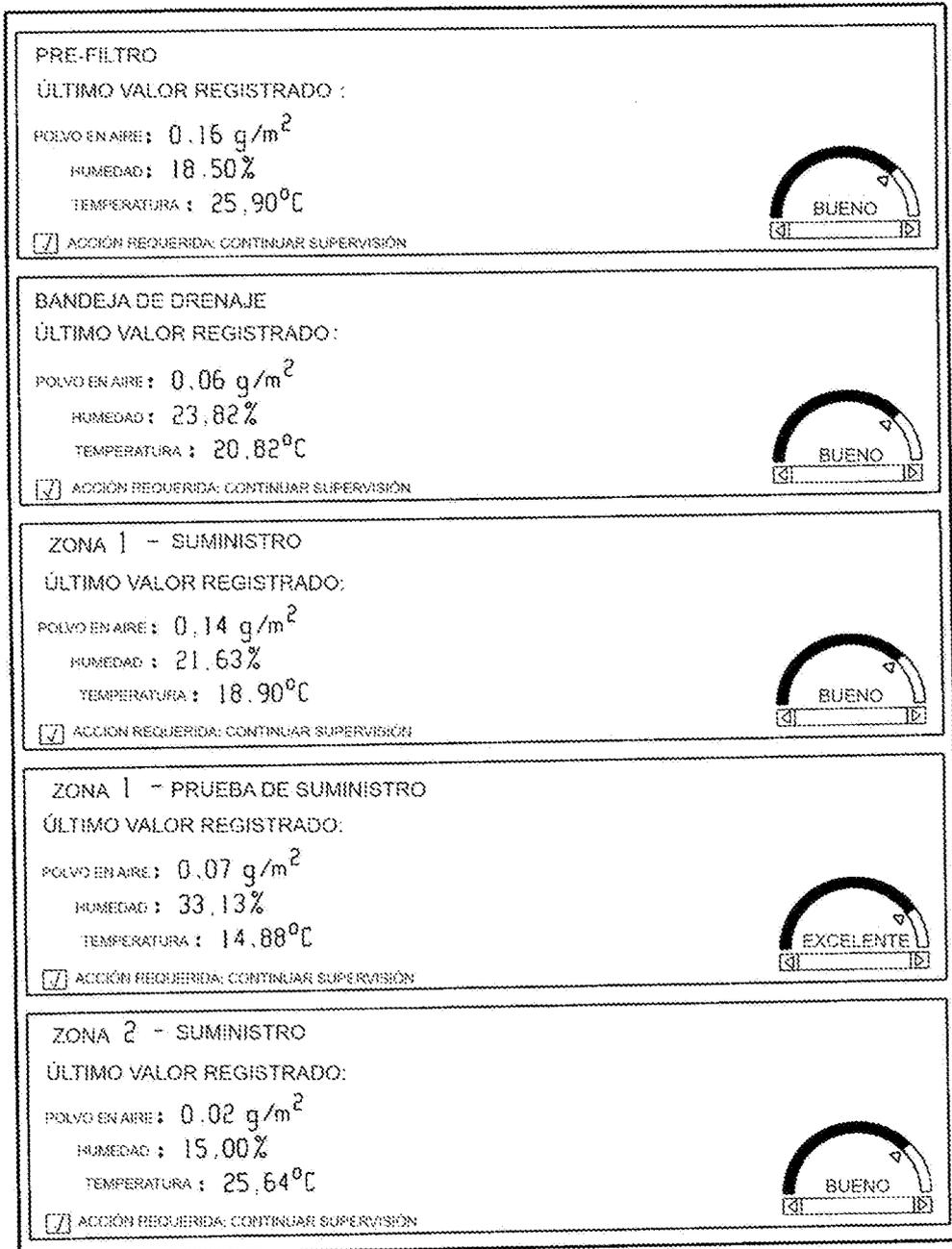


Fig. 13

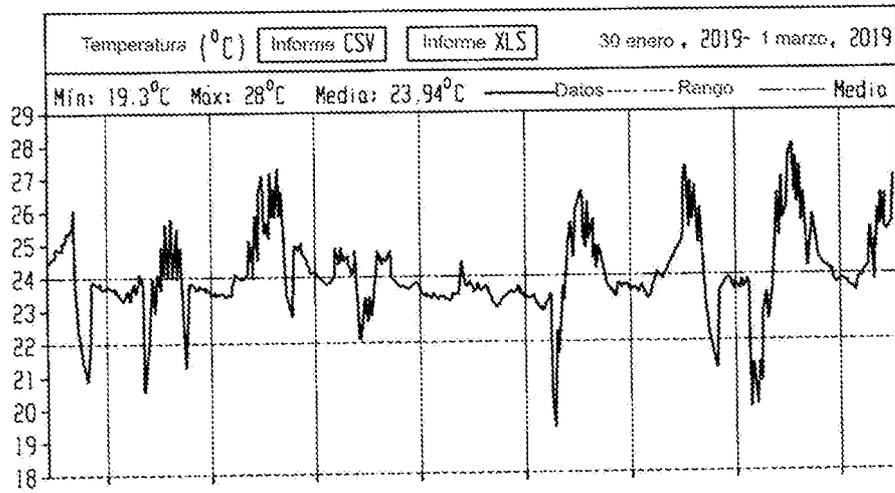


Fig. 14

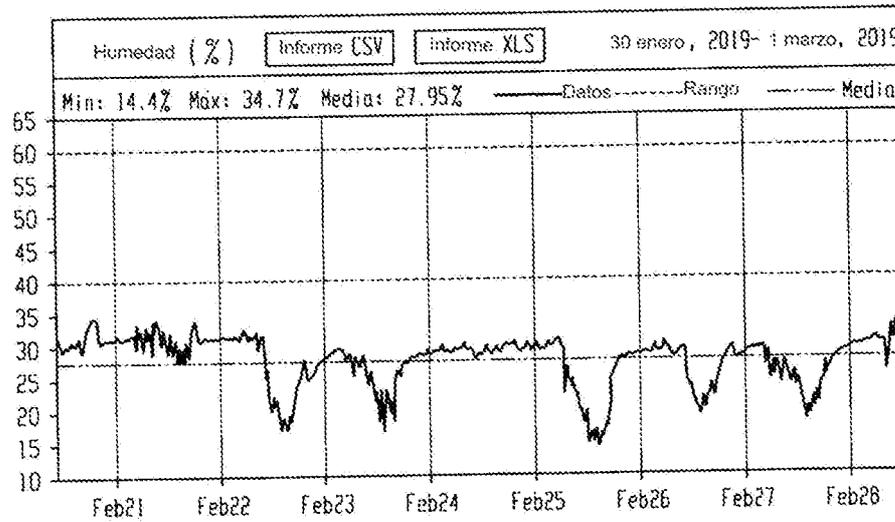


Fig. 15

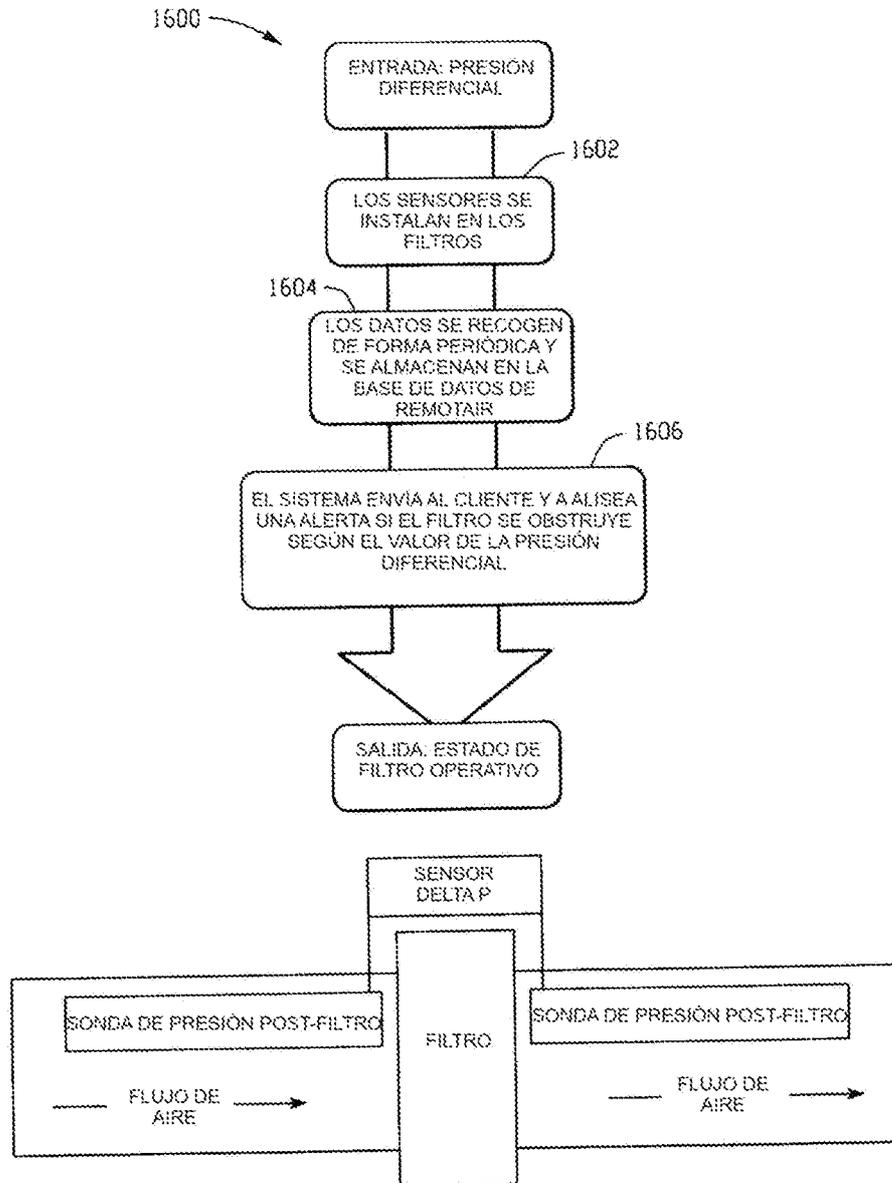


Fig. 16

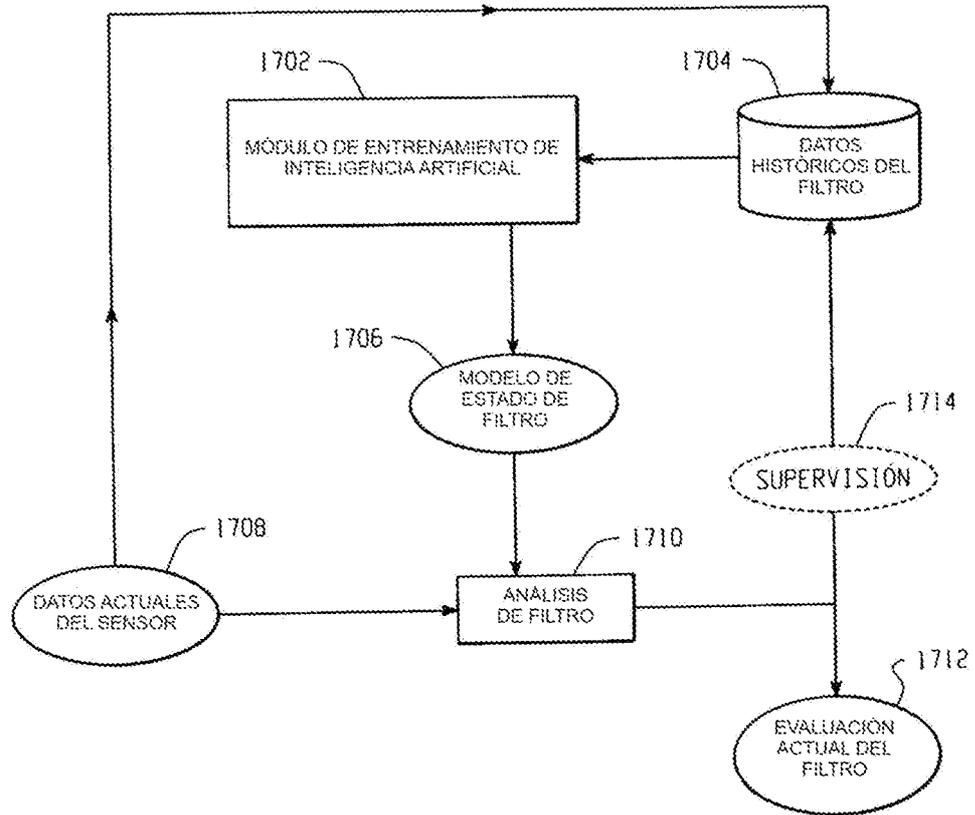


Fig. 17

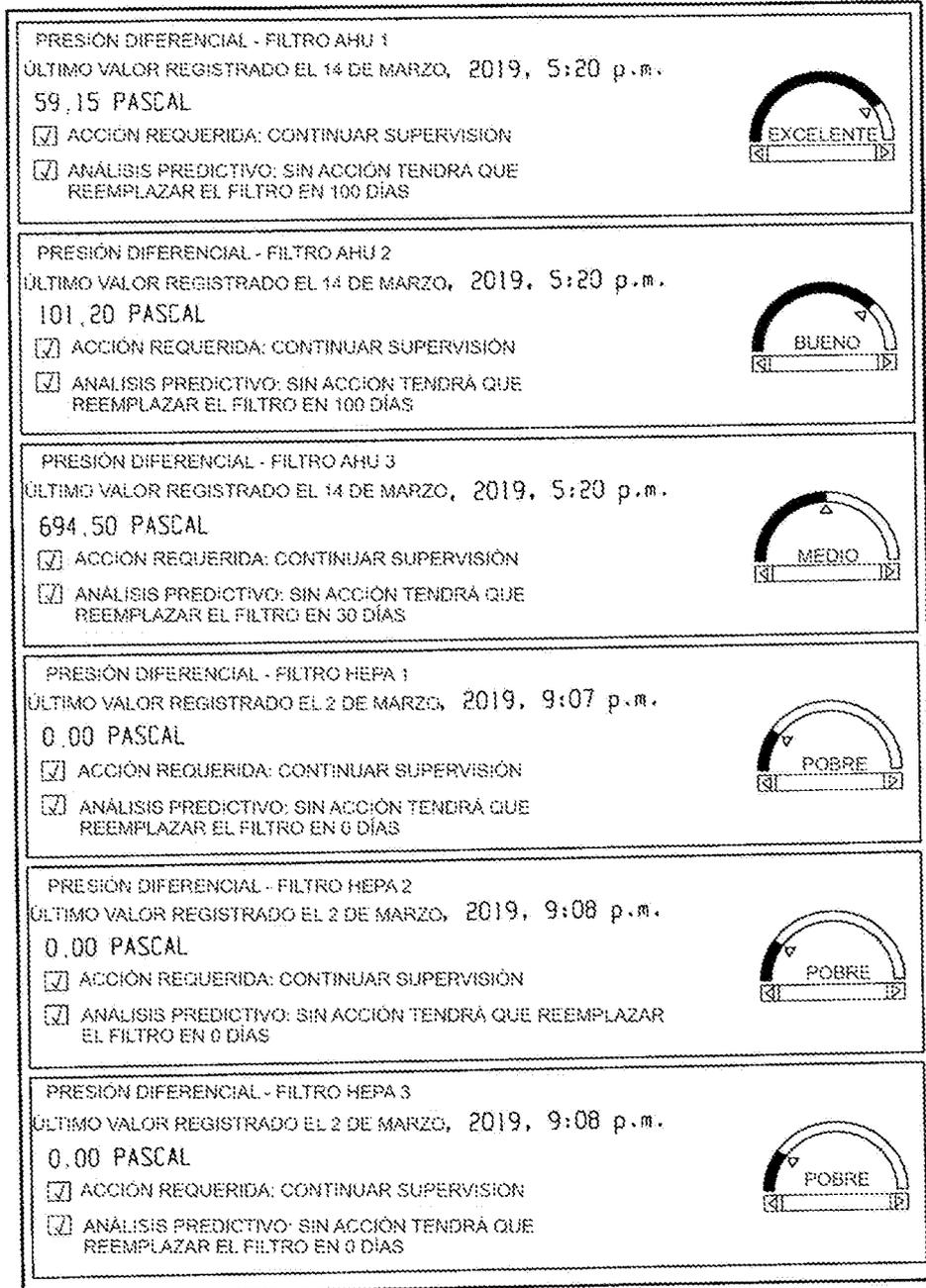


Fig. 18

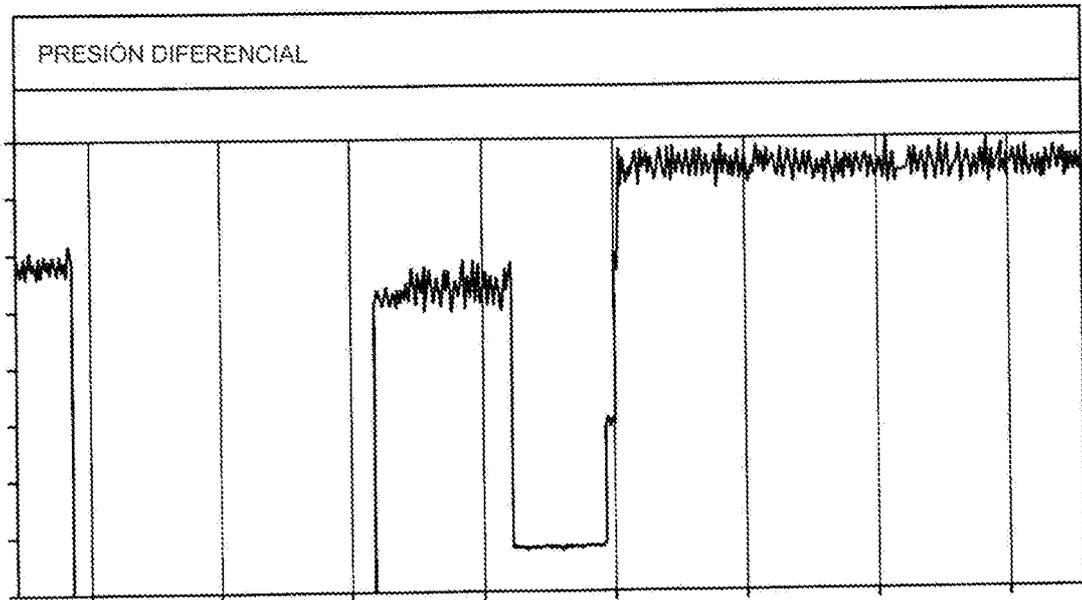


Fig. 18. cont.

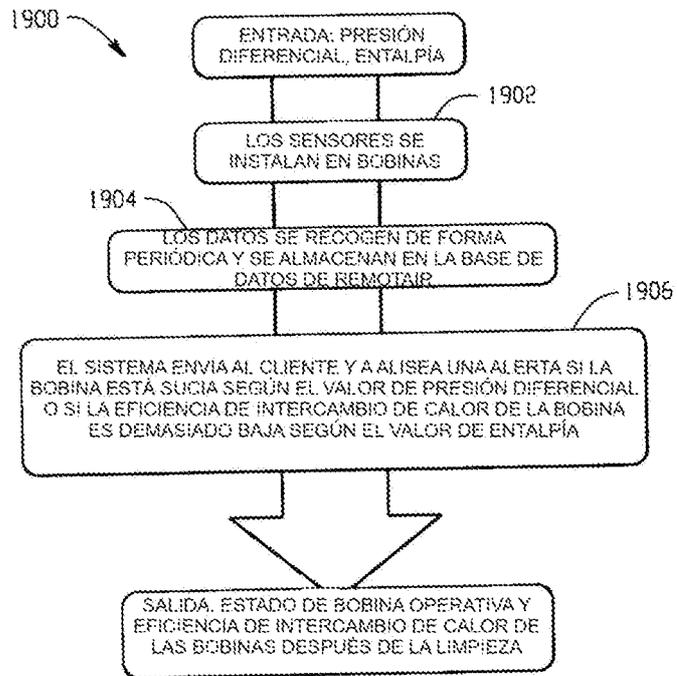
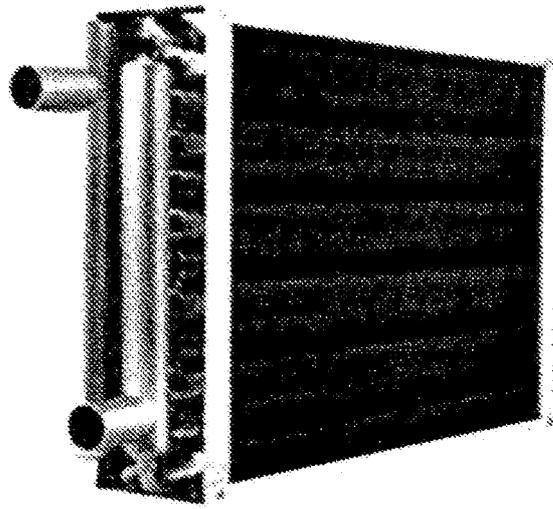


Fig. 19

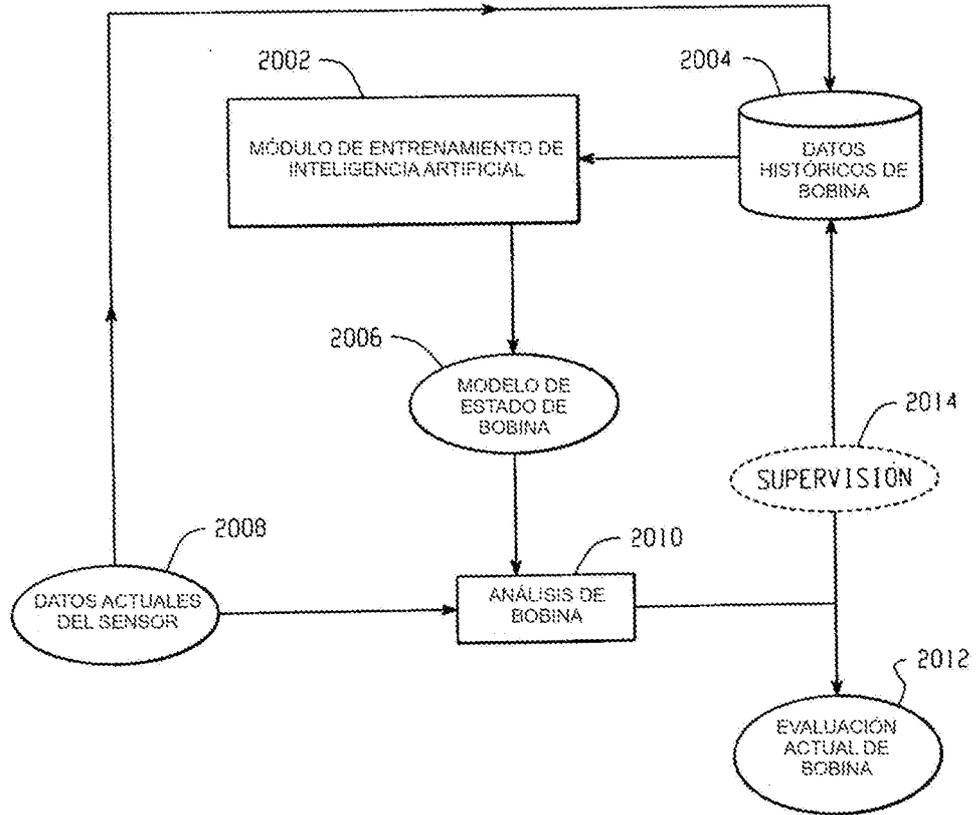


Fig. 20

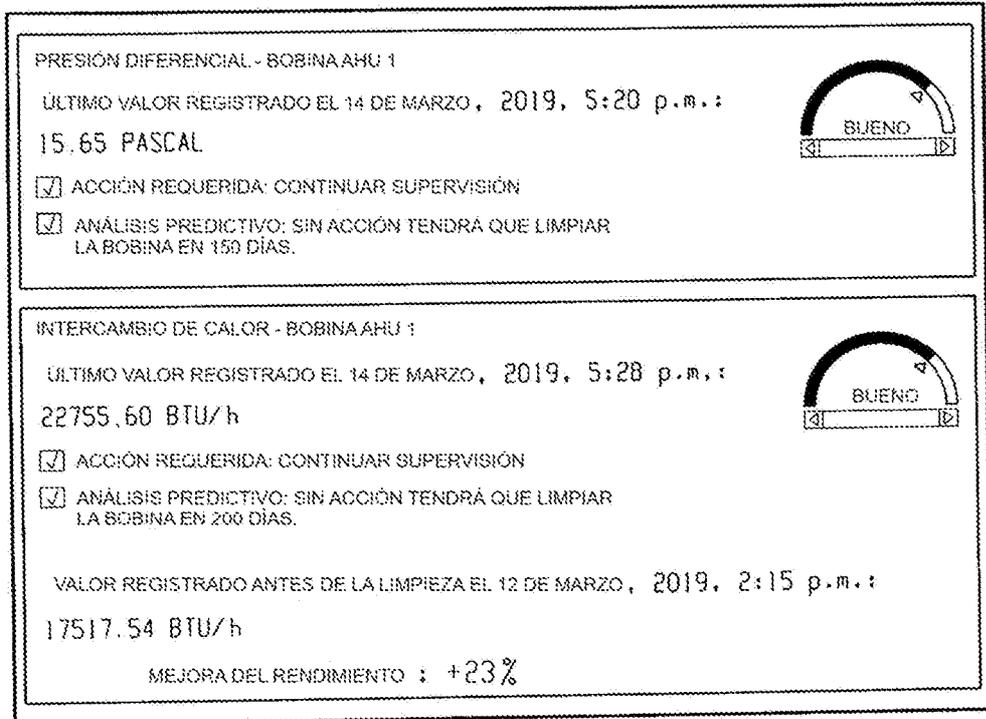


Fig. 21

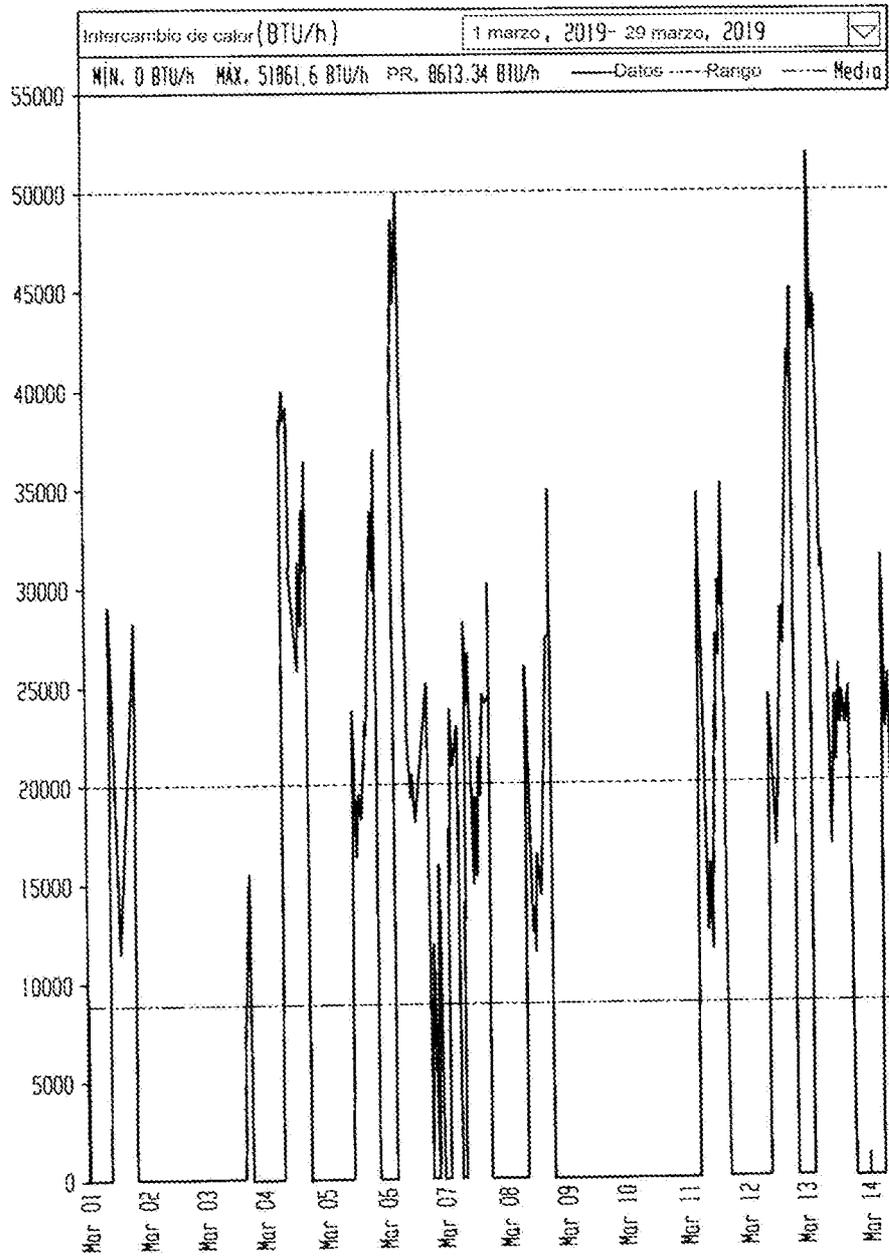
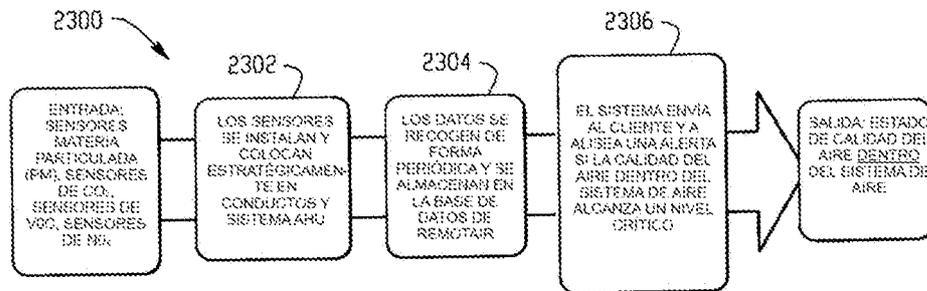
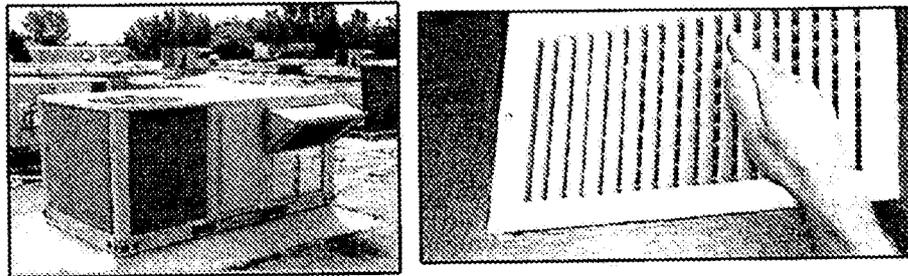


Fig. 22



PM ₁	MATERIA PARTICULADA < 1 μm
PM _{2,5}	MATERIA PARTICULADA < 2,5 μm
PM ₄	MATERIA PARTICULADA < 4 μm
PM ₁₀	MATERIA PARTICULADA < 10 μm

NC ₁	NÚMERO DE PARTICULAS < 1 μm
NC _{2,5}	NÚMERO DE PARTICULAS < 2,5 μm
NC ₄	NÚMERO DE PARTICULAS < 4 μm
NC ₁₀	NÚMERO DE PARTICULAS < 10 μm

Fig. 23

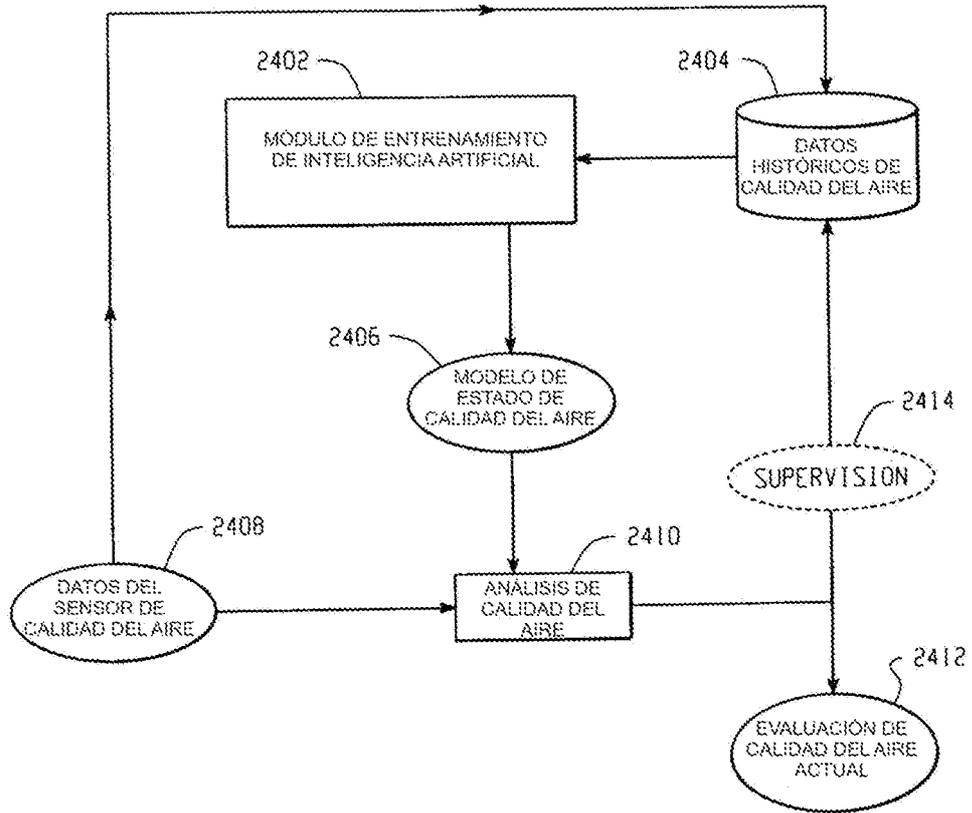


Fig. 24

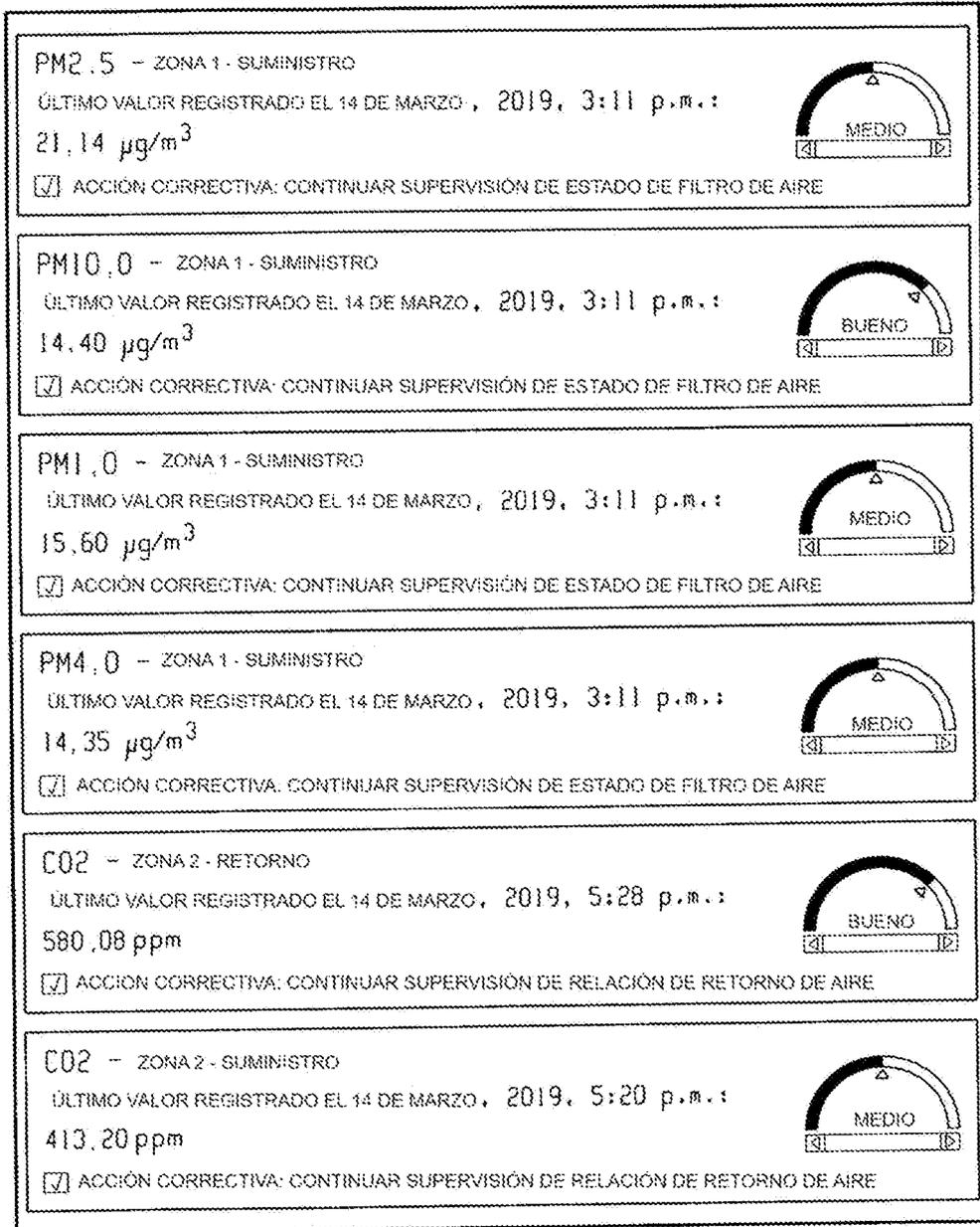


Fig. 25

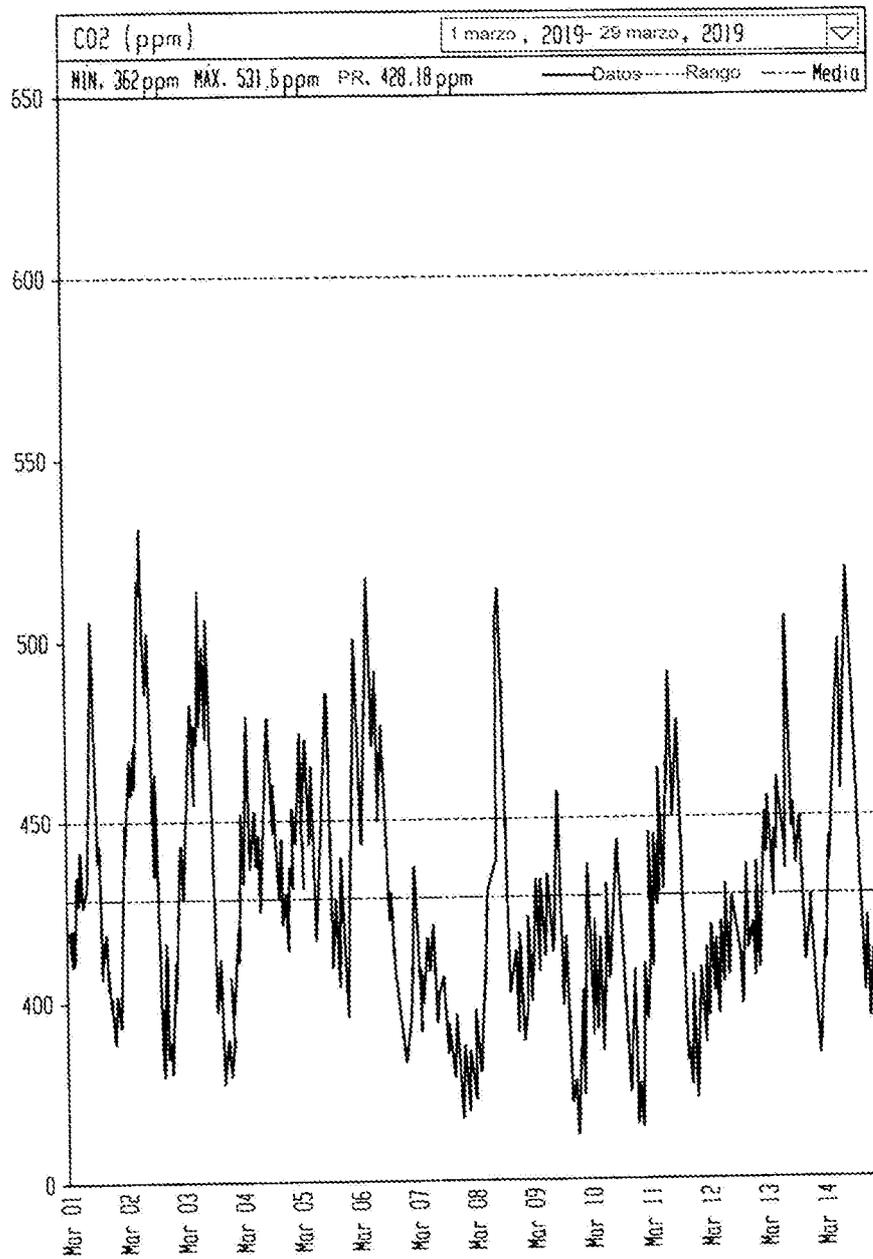


Fig. 26

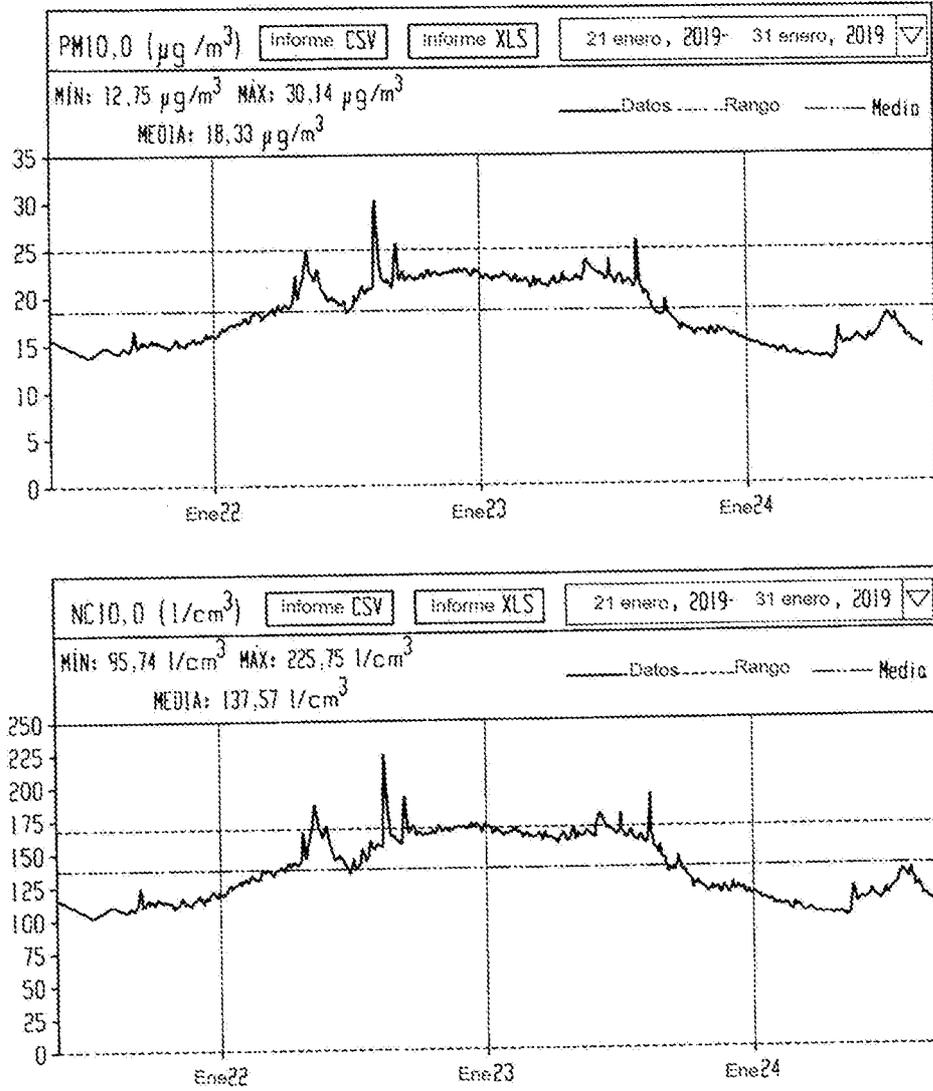


Fig. 27

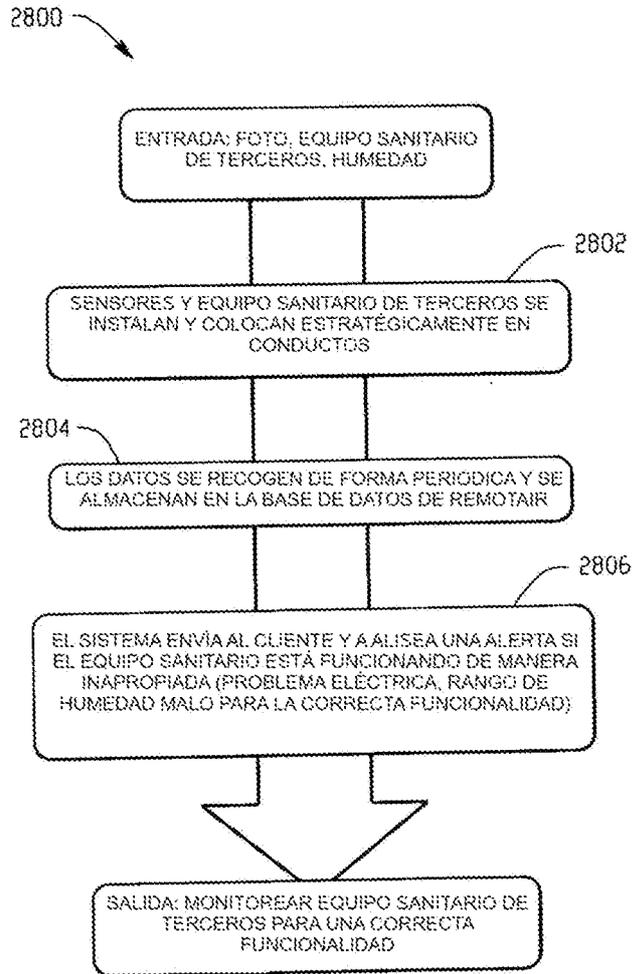


Fig. 28

DISPOSITIVO

ULTIMO VALOR REGISTRADO:

USO DE BOMBILLA: 120,45 HORAS

CONTROL DE HUMEDAD: ✓

CONTROL DE ILUMINACIÓN: ✓

ACCIÓN REQUERIDA: CONTINUAR SUPERVISIÓN

ANÁLISIS PREDICTIVO: SIN ACCIÓN TENDRÁ QUE REEMPLAZAR LA BOMBILLA EN 350 DÍAS



2017-10-30 Hora: 16:32
Post-limpieza

2018-08-21 Hora: 12:19

2019-02-20 Hora: 12:20

Ver Otras Fotos

Ver Otras Fotos

Ver Otras Fotos

Fig. 29

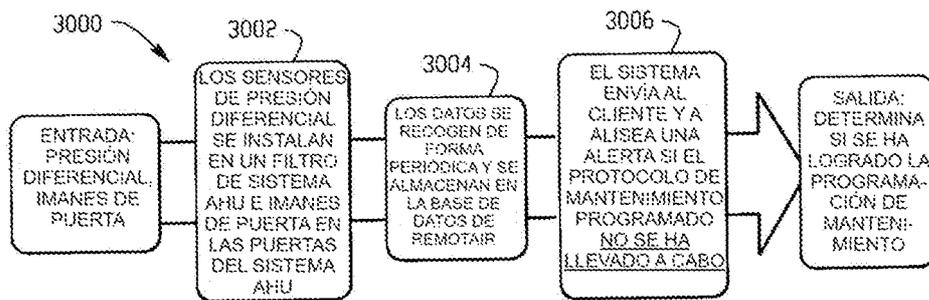
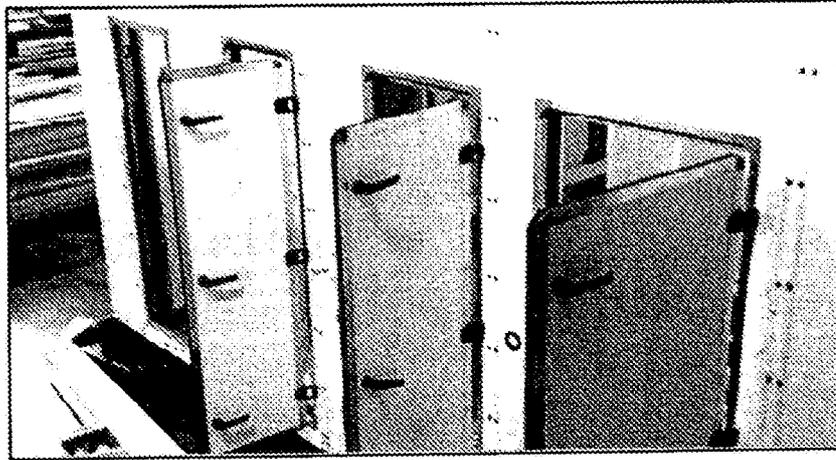


Fig. 30

Manutenzione 2019												
Tipo	Apparato	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre
Manutenzione	Filtro J2	●	▲	◆			○					○
Sostituzione Filtro	HWAC 1	▲	●				○					
Sostituzione Cinghie												

Manutenimento 2019													
Tipo	Dispositivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic
Limpieza	Conducto				▲								
Limpieza	AHU			●									
Cambiar filtro	Filtro 2		▲			●			○				○
Cambiar filtro	Filtro 1	●					▲						
Cambiar filtro	Filtro 3		●				●						○

● : Hecho
 ▲ : No hecho
 ◆ : Programado para el mes actual
 ○ : Programado para los próximos meses

Fig. 31

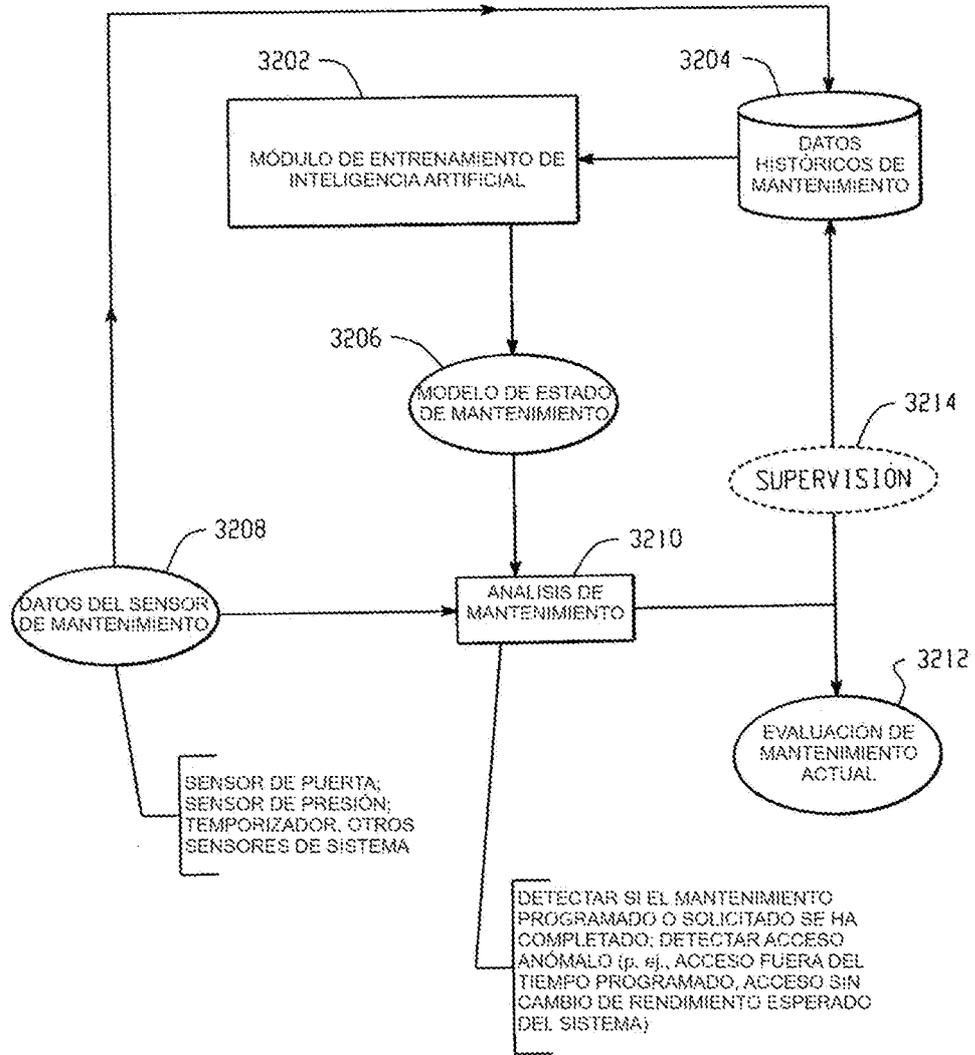


Fig. 32

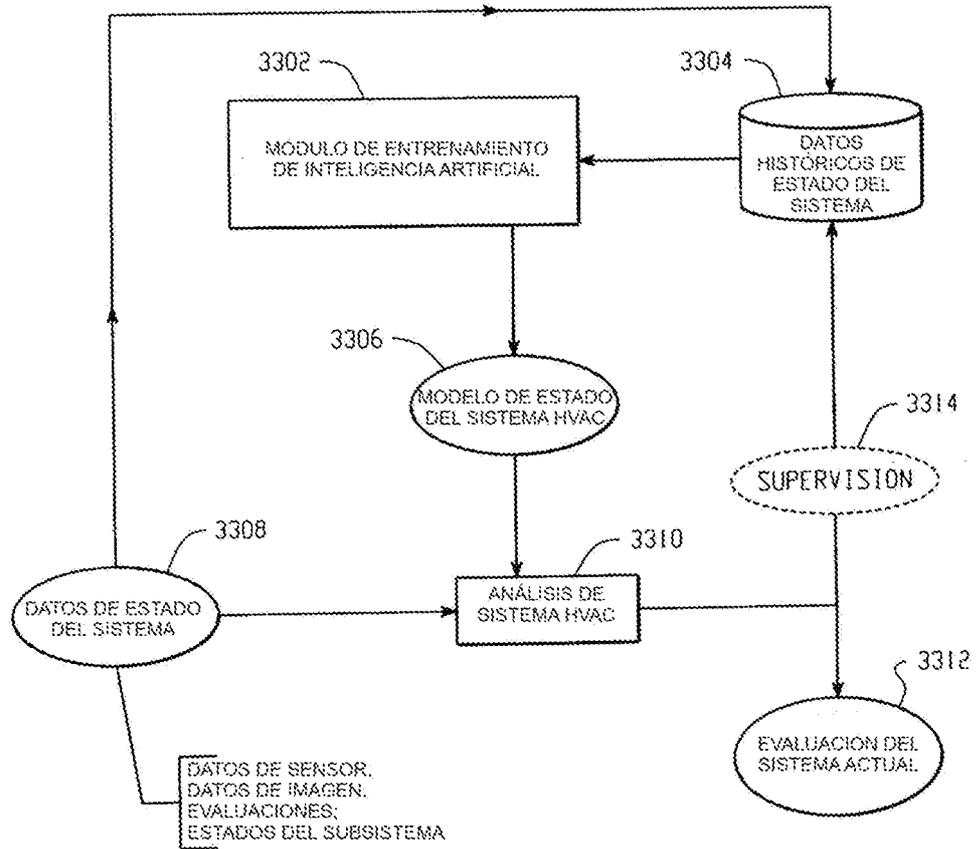


Fig. 33

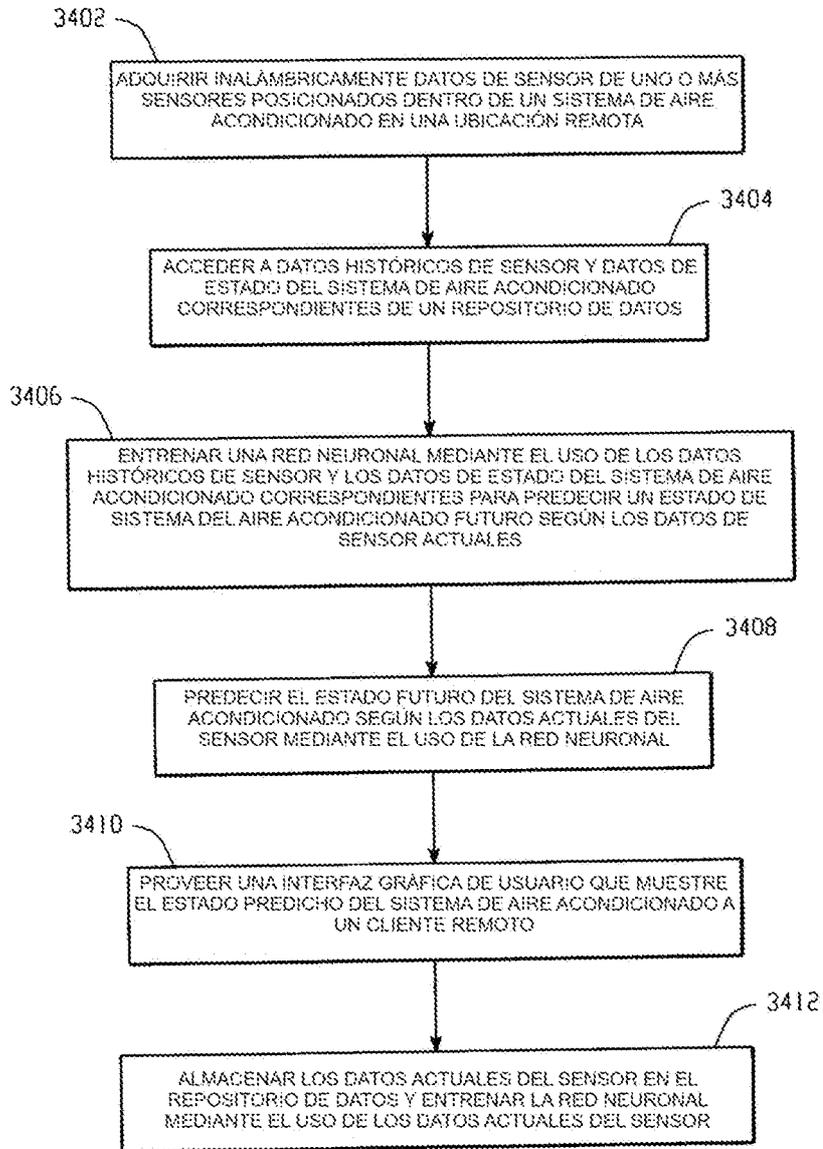


Fig. 34

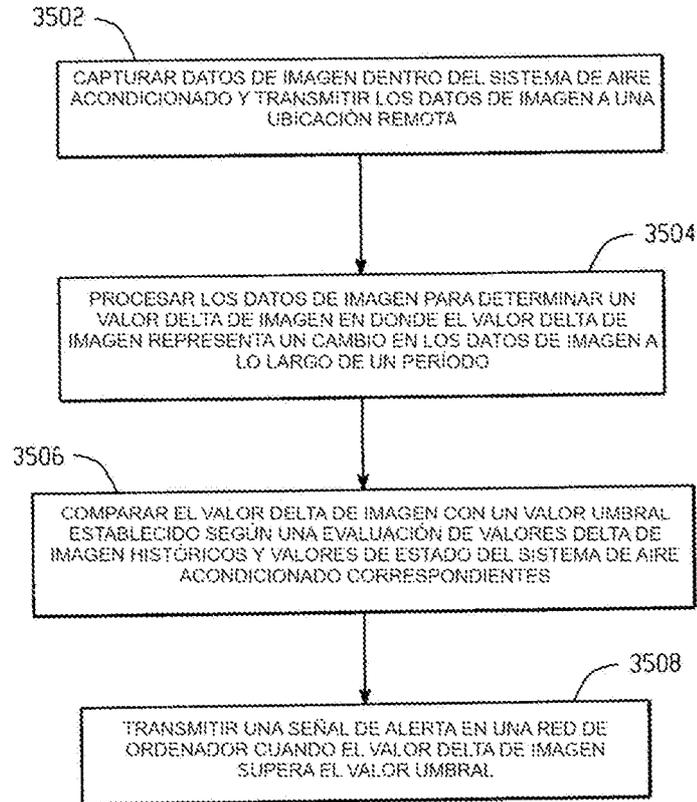


Fig. 35

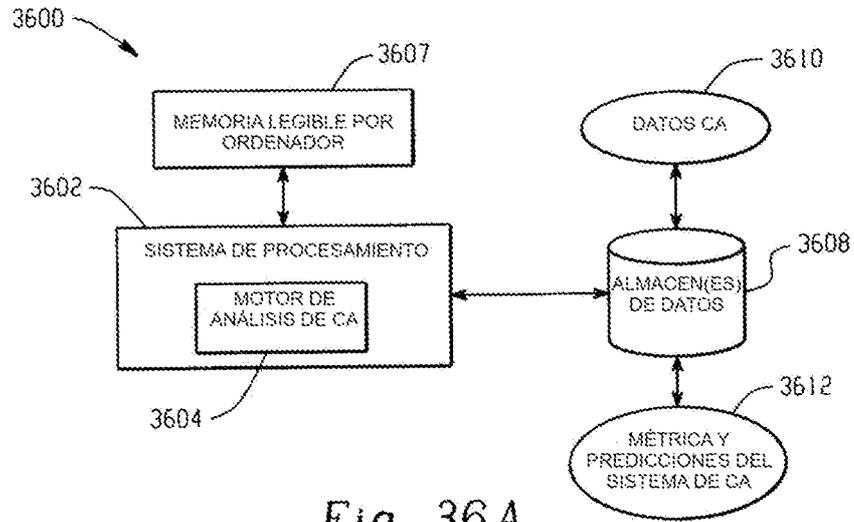


Fig. 36A

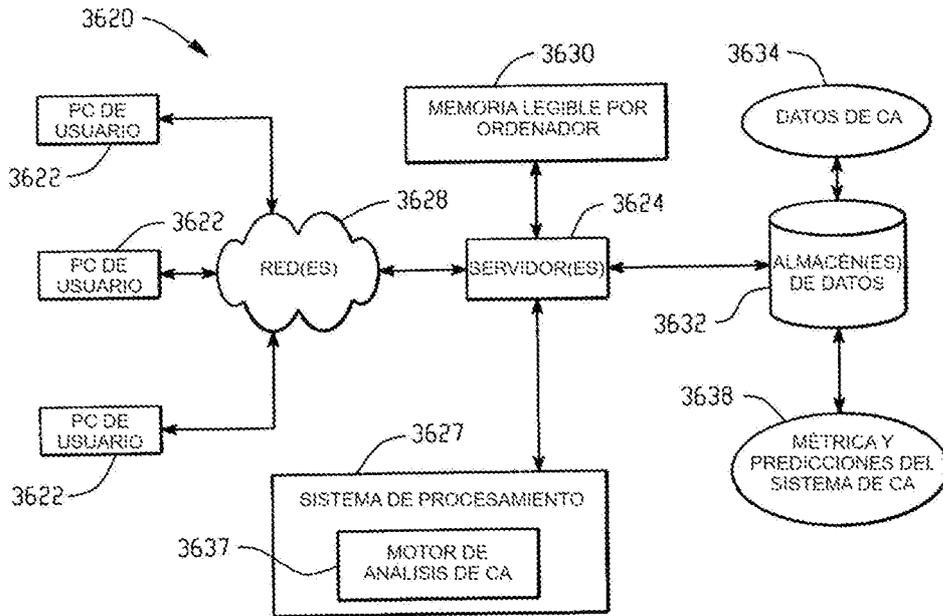


Fig. 36B

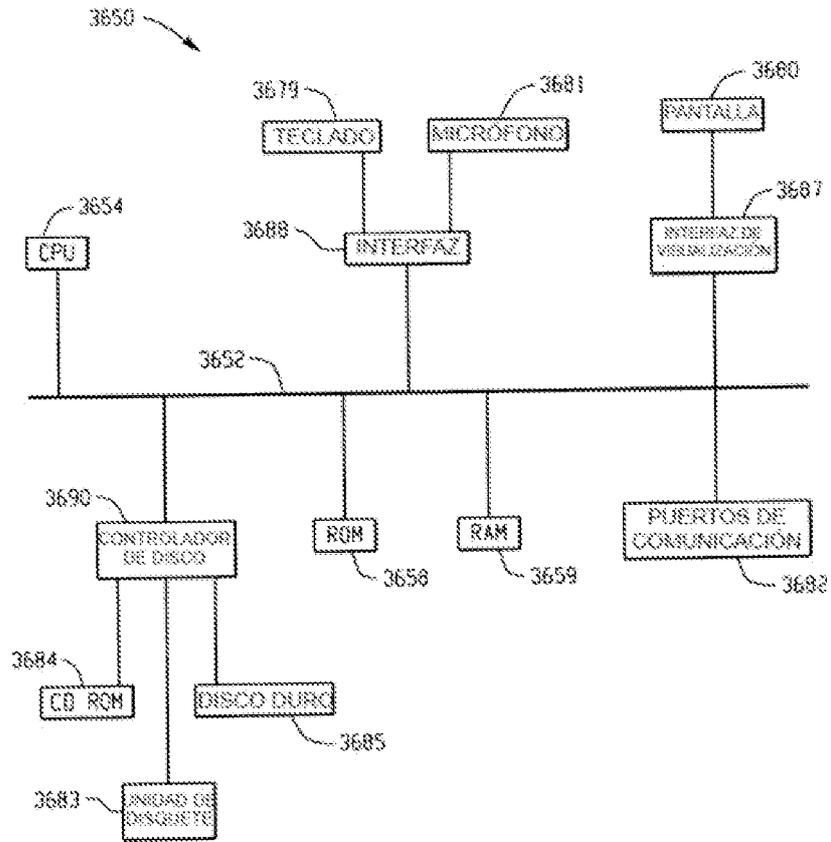


Fig. 36C