

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 979 320**

51 Int. Cl.:

**G01M 3/24** (2006.01)

**E03B 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.11.2018 PCT/US2018/059959**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.05.2019 WO19094678**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.11.2018 E 18808194 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2024 EP 3707489**

54 Título: **Procedimientos y aparatos para detectar fugas**

30 Prioridad:

**09.11.2017 US 201715808539**

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

**25.09.2024**

73 Titular/es:

**ITRON, INC. (100.0%)  
2111 North Molter Road  
Liberty Lake, WA 99019, US**

72 Inventor/es:

**COLE, PHILIP ALAN**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

ES 2 979 320 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

Procedimientos y aparatos para detectar fugas

**Campo de la divulgación**

5 Esta divulgación se refiere en general a sistemas de suministro de servicios públicos y, más particularmente, a procedimientos y aparatos para detectar fugas.

**Antecedentes**

10 Algunos sistemas conocidos de detección de fugas utilizados en sistemas de distribución de servicios públicos (por ejemplo, sistemas de distribución de servicios públicos de fluidos) emplean sensores de detección de fugas con sensores acústicos que detectan ruidos y/o sonidos característicos, que pueden ser indicativos de una posible fuga. En particular, estos sensores de detección de fugas conocidos suelen estar acoplados a una tubería y/o porciones de un sistema de suministro de fluidos, y utilizan parámetros, tal como la amplitud y/o un historial temporal de señales acústicas para determinar la presencia de una posible fuga. Sin embargo, el uso de estos parámetros puede ser impreciso debido al ruido ambiental, etc.

15 Algunos sistemas de detección de fugas conocidos reúnen y/o recogen información de múltiples sensores de detección de fugas. Sin embargo, el ruido significativo y/o las interferencias ambientales pueden impedir la determinación precisa de si se ha producido o se está produciendo una fuga. Además, incluso si se puede determinar la existencia de una fuga, estos sistemas de detección de fugas conocidos no suelen ser capaces de determinar y/o localizar con exactitud la ubicación de la fuga.

20 El documento US2015052979 (A1) describe en su sumario: Un procedimiento para determinar la probabilidad de fuga de una tubería incluye la recepción de datos de señales primera y segunda respectivamente para la presión acústica (dB) de la tubería desde un sensor de detección de fugas acoplado operativamente a la tubería, los datos de señales primera y segunda respectivamente asociados con duraciones de tiempo primera y segunda. El procedimiento incluye además el cálculo de un valor cuadrático medio (RMS) de los datos de la primera señal para la primera duración de tiempo, el cálculo de un promedio RMS para los datos de la segunda señal, donde los datos de la segunda señal incluyen una pluralidad de valores RMS para la segunda duración de tiempo, el cálculo de una desviación estándar RMS para la segunda señal digital, y la determinación de un primer valor de probabilidad de fuga basado en una primera tasa de exceso de un primer valor de comparación sobre la desviación estándar RMS, el primer valor de comparación se calcula en base al valor RMS de los datos de la primera señal y el promedio RMS para los datos de la segunda señal.

30 El documento US6567006 (B1) describe en su sumario La invención se refiere a la detección acústica de fugas en una tubería por medio de monitores inteligentes y adaptables a los datos locales desplegados durante un periodo de tiempo. Los monitores son inicializados por una estación base. Tras el despliegue, los monitores reciben señales de vibración en momentos programados, procesan las señales de vibración para detectar y caracterizar vibraciones anómalas y guardan los datos procesados en el monitor. Los monitores pueden comunicarse digitalmente con una estación base, enviando datos procesados y recibiendo instrucciones. Alternativamente, los monitores pueden retirarse de la tubería y colocarse en una estación de acoplamiento antes de su inicialización y posterior despliegue en una tubería. Una etapa de procedimiento de resincronización corrige cualquier desalineación en el tiempo que pueda ocurrir entre las señales de vibración recibidas de diferentes monitores. Las señales de vibración recibidas de dos o más monitores pueden entonces analizarse mediante el uso de un procedimiento correlativo para localizar la posición de cualquier fuga presente en la tubería.

45 El documento US2015330863 (A1) describe en su sumario: Sistema y procedimiento para identificar defectos en una construcción de tubería de fluido, donde el procedimiento incluye: recibir datos de señal de salida de al menos dos sensores acústicos configurados para medir medidas acústicas relacionadas con el flujo de las construcciones de tuberías, al menos en el punto de entrada, y en al menos un punto de salida de las mismas; y procesar los datos de señal de salida recibidos para identificar uno o más tipos de defectos relacionados con el flujo, mediante el uso del intervalo espectral ultrasónico de los datos de señal recibidos, donde la identificación se lleva a cabo calculando al menos la diferencia entre el flujo en los puntos de entrada y salida de la construcción de tuberías dentro del intervalo espectral ultrasónico y comparando la diferencia calculada con al menos dos referencias que indican al menos dos estados de flujo. Las referencias son indicativas de los estados de flujo dentro de la gama espectral ultrasónica en condiciones normales.

50 El documento WO 2017106490 (A1) describe en su sumario: Se describen procedimientos y sistemas para agrupar eventos en señales temporales, tales como señales fisiológicas. En algunas realizaciones, se proporciona un procedimiento para identificar eventos de interés a partir de datos de señales fisiológicas ruidosas, el procedimiento comprende: recibir datos de señal fisiológica; generar señal filtrada por medio del uso de un filtro definido por una banda espectral; generar datos de pico de señal identificando, para cada una de una pluralidad de ventanas temporales, un pico de señal en los datos filtrados; agrupar formas de onda correspondientes a las ventanas temporales basándose en los datos de pico de señal para generar datos de evento agrupados; determinar parámetros para una distribución beta de ruido; identificar un grupo de formas de onda que no cae dentro de la distribución beta

de ruido; generar una representación gráfica basándose en las formas de onda del grupo; y mostrar la representación gráfica.

5 La invención reivindicada se define por un aparato de análisis de probabilidad de fuga de acuerdo con la reivindicación independiente 1, un procedimiento de análisis de probabilidad de fuga de acuerdo con la reivindicación independiente 2 y un medio tangible legible por máquina de acuerdo con la reivindicación independiente 6. Otras realizaciones preferentes se definen en las reivindicaciones dependientes 2-5 y 7.

**Breve descripción de los dibujos**

La FIG. 1 es una vista general esquemática de un ejemplo de sistema de medición de servicios públicos en el que pueden implementarse los ejemplos divulgados en el presente documento.  
 10 La FIG. 2 ilustra un ejemplo de módulo de análisis de probabilidad de fuga que puede utilizarse para determinar una condición de fuga basada en datos de múltiples sensores.  
 La FIG. 3 es una visión general de un ejemplo de metodología de análisis de acuerdo con las enseñanzas de esta divulgación.  
 15 La FIG. 4 es un gráfico que muestra ejemplos de grabaciones espectrales durante una única sesión de grabación.  
 La FIG. 5 es un diagrama de flujo representativo de un procedimiento de ejemplo de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación.  
 La FIG. 6 incluye gráficos que ilustran cómo se pueden analizar múltiples registros espectrales/promedios en busca de tendencias para determinar distribuciones de probabilidad de fugas.  
 20 Las FIGS. 7A, 7B y 8 representan una cuadrícula 2-D de ejemplo en la que se realiza un análisis espacial de acuerdo con el procedimiento de ejemplo de la FIG. 5 puede llevarse a cabo.  
 La FIG. 9 es un mapa de acuerdo con la invención reivindicada con las ubicaciones de los sensores mostradas en relación con las calles.  
 De acuerdo con la invención reivindicada, la FIG. 10 muestra una distribución de probabilidad de fuga en 2-D y/o un mapa de calor derivado de energías espectrales normalizadas y relacionadas con el mapa de la FIG. 9.  
 25 La FIG. 11 es una plataforma de procesador que puede utilizarse para ejecutar las instrucciones de ejemplo de la FIG. 5 para implementar el ejemplo de módulo de análisis de probabilidad de fuga 200 de la FIG. 2.  
 Las figuras no están a escala. A condición de que sea posible, se utilizarán los mismos números de referencia en los dibujos y en la descripción escrita que los acompaña para referirse a partes iguales o similares.

**Descripción detallada**

30 Se divulgan procedimientos y aparatos para detectar fugas. Algunos sistemas de detección de fugas emplean detectores de fugas con sensores acústicos que detectan ruidos y/o sonidos característicos, que pueden ser indicativos de una posible fuga. Sin embargo, con estos sistemas conocidos, la determinación de fugas y/o patrones de fugas puede ser difícil debido al ruido en el sistema, ruido externo, deriva lenta de los patrones de fugas y/o uso irregular (por ejemplo, uso irregular o muy variable del sistema de servicios públicos).

35 Como se utiliza en el presente documento, el término "registro" o "registro espectral" se refiere a una señal medida o registrada, una señal en el dominio de la frecuencia o un historial temporal que corresponde a un periodo de tiempo (por ejemplo, un intervalo de tiempo de registro predefinido). Por consiguiente, los términos "grabación" o "grabación espectral" pueden almacenarse temporalmente (por ejemplo, en una memoria de acceso aleatorio) o en un medio tangible, y pueden representarse o caracterizarse en un dominio de frecuencia, por ejemplo. En el presente  
 40 documento, el término "promedio espectral" se refiere a una forma de onda de señal promediada de múltiples registros espectrales.

La FIG. 1 es una descripción esquemática de un ejemplo de sistema de medición de servicios públicos (por ejemplo, un aparato de análisis de probabilidad de fugas) 100 en el que pueden implementarse los ejemplos divulgados en la presente memoria. De acuerdo con el ejemplo ilustrado en la FIG. 1, el sistema de medición de servicios públicos 100  
 45 sirve para caracterizar y/o supervisar un estado de un sistema de distribución de servicios públicos (por ejemplo, un sistema de suministro de fluidos de servicios públicos, un subsistema de suministro de servicios públicos, un sistema de suministro de servicios públicos, etc.) 101. El ejemplo de sistema de medición de servicios públicos 100 incluye un sensor remoto (por ejemplo, un módulo de detección, un analizador espectral remoto, etc.) 102 que está acoplado a una tubería 103 (del sistema de distribución de servicios públicos 101) e incluye un módulo de análisis 104, y un primer  
 50 enlace de comunicación bidireccional 106 que acopla comunicativamente el sensor remoto 102 a un punto final (por ejemplo, un punto final de medición de servicios públicos, un punto final de comunicación, un punto final de servicios públicos, etc.) 108.

El ejemplo de sistema de medición de servicios públicos 100 también incluye un segundo enlace de comunicación bidireccional 110 que acopla comunicativamente el punto final 108 a un servidor (por ejemplo, un servidor central, una  
 55 instalación de recopilación de datos, etc.) 111. El servidor 111 de ejemplo incluye una cabecera (por ejemplo, una pasarela de servidor, etc.) 112 y un servidor de análisis (por ejemplo, un servidor backend remoto, un sistema de computación, un servidor de nube de computación, etc.) 114, ambos acoplados por medio de una conexión 116, tal como un protocolo de transferencia de archivos (FTP) en este ejemplo. El servidor de análisis 114 del ejemplo ilustrado incluye un módulo de análisis del sistema 115.

En este ejemplo, el primer enlace de comunicación bidireccional 106 se implementa como un cable alámbrico y el segundo enlace de comunicación bidireccional 110 se implementa como un enlace de radiofrecuencia (RF). Sin embargo, se puede utilizar cualquier enlace de comunicación apropiado y/o topografías de servidor/red para implementar (por ejemplo, una implementación cableada o inalámbrica de los mismos) las conexiones/enlaces de comunicación 106, 110, 116 en su lugar.

A fin de caracterizar una condición (por ejemplo, una línea base o condición actual/operativa) del sistema de distribución de servicios públicos 101, el sensor remoto 102 del ejemplo ilustrado utiliza un sensor para grabar o medir (por ejemplo, medir acústicamente) múltiples grabaciones (por ejemplo, grabaciones en el dominio del tiempo, grabaciones en el dominio de la frecuencia) de una sección o porción del sistema de distribución de servicios públicos 101 para definir un promedio espectral, por ejemplo. De acuerdo con el ejemplo ilustrado, la media espectral se genera a partir de representaciones espectrales convertidas y/o clasificadas de las grabaciones espectrales.

En algunos ejemplos, el sensor remoto 102 está acoplado a la tubería 103 del sistema de distribución de servicios públicos 101. De acuerdo con el ejemplo ilustrado, y tal como se discutirá en mayor detalle a continuación en relación con las FIGS. 3-12, el módulo de análisis 104 realiza el promedio de grabaciones conocidas o de referencia para definir promedios de grabaciones espectrales u otra información de grabaciones espectrales para determinar una condición general de fuga del sistema de distribución de servicios públicos 101, por ejemplo.

En algunos ejemplos, el módulo de análisis 104 empaqueta o codifica las grabaciones actuales, representaciones espectrales, datos asociados con las grabaciones espectrales (por ejemplo, ocurrencia, nivel de ruido, símbolos, etc.) y/o promedio(s) espectral(es) (por ejemplo, para su posterior transmisión al servidor de análisis 114) en un paquete de datos. En este ejemplo, el módulo de análisis 104 empaqueta o codifica las grabaciones actuales, la información de grabación espectral y/o una media espectral asociada. Adicional o alternativamente, el módulo de análisis 104 controla los parámetros del sensor remoto 102 basándose en las mediciones del registro espectral actual (por ejemplo, una amplitud medida de un registro actual) o promedios espectrales. Por ejemplo, el módulo de análisis 104 puede dirigir un aumento o disminución de una frecuencia de sondeo y/o controlar un modo de potencia del sensor remoto 102 basado en las mediciones (por ejemplo, un aumento de la frecuencia de sondeo basado en un aumento repentino de la amplitud de las mediciones).

A fin de transmitir las grabaciones, las representaciones/símbolos espectrales, los promedios espectrales, los datos de grabación espectral, el análisis relacionado con las grabaciones espectrales (por ejemplo, análisis realizado por el módulo de análisis 104) y/o condición(es) determinada(s) o probabilidades de fuga al servidor de ejemplo 111 (por ejemplo, al servidor de análisis 114 para su posterior análisis), el sensor remoto 102 transmite el mencionado paquete de datos al punto final 108 a través del enlace de comunicación bidireccional 106 y, a su vez, el punto final 108 transmite este paquete de datos al servidor 111 a través del enlace de comunicación bidireccional 110. En algunos ejemplos, la cabecera 112 reenvía entonces el paquete de datos al servidor de análisis 114. En particular, el paquete de datos puede ser utilizado y/o analizado en el servidor de análisis 114, que puede estar ubicado en un centro de control/instalación de servicios públicos, para transmitir una condición de un nodo/red de servicios públicos en general y/o dirigir a los equipos de mantenimiento para la necesidad de trabajos de reparación, por ejemplo.

En este ejemplo, el módulo de análisis 115 se implementa en el servidor 111 para analizar los registros espectrales, y/o los promedios espectrales para determinar una distribución de probabilidad de fuga del sistema de distribución de servicios públicos 101. En algunos ejemplos, la funcionalidad operativa de y/o el análisis que se realiza al menos parcialmente por el módulo de análisis 104 o el módulo de análisis 115 se distribuye a través del sensor remoto 102, el punto final 108 y/o el servidor 111 (por ejemplo, una topografía de análisis/computación distribuida). Adicional o alternativamente, en algunos ejemplos, el punto final 108 es integral con el sensor remoto 102. En algunos ejemplos, el sensor remoto 102 incluye circuitos para recibir energía del punto final 108 y/u otro dispositivo externo.

La FIG. 2 ilustra un ejemplo de módulo de análisis de probabilidad de fuga 200 que puede utilizarse para determinar una condición de fuga o una distribución probabilística basada en datos de registro espectral asociados con múltiples de los sensores remotos 102. El módulo de análisis de probabilidad de fuga 200 del ejemplo puede implementarse en el servidor de análisis 114, el módulo de análisis del sistema 115, el sensor remoto 102 y/o el módulo de análisis 104. El módulo de análisis de probabilidad de fuga 200 del ejemplo ilustrado incluye un módulo de cálculo de fuga 202, que incluye un analizador de registro espectral 204, un analizador de tendencia 206, un calculador de probabilidad 212 y un correlacionador de datos posicionales 214. En este ejemplo, el módulo de análisis de probabilidad de fuga 200 también incluye un almacenamiento de grabación 216.

A fin de dirigir la recogida, caracterizar, analizar, mantener la calidad de las grabaciones espectrales utilizadas para el análisis y/o clasificar las grabaciones espectrales medidas en los sensores remotos 102, el analizador de grabaciones espectrales 204 se utiliza para determinar un nivel de ruido y/o energía espectral de las grabaciones espectrales y/o sus promedios espectrales asociados. Adicional o alternativamente, el analizador de registros espectrales 204 identifica movimiento(s) de pico o desplazamientos de los registros espectrales y/o compara los registros espectrales con firmas de fugas conocidas. En algunos ejemplos, el analizador de grabaciones espectrales 204 clasifica las grabaciones espectrales para mantener una calidad media (por ejemplo, ausencia de ruido para poder analizar las grabaciones espectrales).

A fin de determinar que al menos uno de los sensores remotos 102 está tendiendo a alejarse de una condición base de no detección de fugas, el ejemplo de analizador de tendencias 206 analiza cambios o tendencias en los sensores remotos 102 y/o un cambio en la forma o centrado de picos de los respectivos registros espectrales o promedios de registros espectrales.

5 De acuerdo con el ejemplo ilustrado, el calculador de probabilidad 212 calcula las energías espectrales relacionadas con los registros espectrales y/o los promedios de los registros espectrales y normaliza estas energías espectrales calculadas para generar una distribución de probabilidad de fuga (por ejemplo, una matriz, un mapa de calor, etc.). En algunos ejemplos, el calculador de probabilidad 212 elimina puntos individuales de consideración en un análisis de la distribución de probabilidad de fuga (por ejemplo, puntos 2-D en coordenadas x, y) que tienen una energía espectral  
10 calculada por debajo de un umbral definido.

El correlacionador de datos posicionales 214 del ejemplo ilustrado se utiliza para calcular una posición o área de una posición probable de fuga. En particular, el correlacionador de datos posicionales 214 utiliza la distribución de probabilidad de fuga generada por el calculador de probabilidad 212 junto con información geográfica conocida, tal como ubicaciones de sensores y/o información de enrutamiento de tuberías bidimensionales, para determinar (por  
15 ejemplo, señalar o triangular) ubicaciones específicas de tuberías o nodos del sistema de servicios públicos que tienen una alta probabilidad de fuga.

De acuerdo con el ejemplo ilustrado, el almacenamiento de grabación 216 almacena grabaciones espectrales, promedios espectrales, grabaciones espectrales promediadas/formas de onda y/o indicadores de probabilidad de fuga (por ejemplo, indicaciones de una fuga potencial) recibidos de los sensores remotos 102 a través del punto final 108  
20 o el módulo de análisis 115.

La FIG. 3 es una visión general de un ejemplo de metodología de análisis espacial 300 de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación. El ejemplo de metodología de análisis 300 puede ser implementado por el módulo de análisis 104 del sensor remoto 102 y/o el módulo de análisis del sistema 115 del servidor de análisis 114 mostrado en la FIG. 1. El ejemplo de metodología de análisis espacial 300 se utiliza para ilustrar cómo puede realizarse un análisis  
25 general de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación.

De acuerdo con el ejemplo ilustrado de la FIG. 3, para caracterizar una condición de fuga del sistema de distribución de servicios públicos 101, un historial de datos 301 y/o el módulo de análisis 104 es analizado por el sensor remoto 102 para determinar o calcular los parámetros correspondientes 304. En particular, los registros espectrales y/o los promedios espectrales asociados con el historial de datos 301 se utilizan para determinar los parámetros 304. En algunos ejemplos, los parámetros 304 incluyen, pero no se limitan a, un índice de fuga, historial de fuga, fuentes de ruido, datos espectrales, información de símbolos, información de series temporales, estadísticas de una sesión de grabación de datos, información de temperatura y/o datos de marca de datos temporales. En consecuencia, se determina un estado de fuga 306 correspondiente al sensor remoto 102. En concreto, se determina si no hay fuga, si es posible que la haya o si es muy probable que la haya. Adicional o alternativamente, el estado de fuga 306 consiste  
30 en un valor numérico o ratio que indica una probabilidad de fuga.

A fin de determinar un estado de fuga actualizado 308 del sistema de distribución de servicios públicos 101, también se recopilan registros espectrales y/o promedios de registros espectrales asociados de otros de los sensores remotos 102 y se analizan mediante el uso de técnicas de análisis espacial, incluyendo el análisis de cambios o tendencias durante al menos un período de tiempo definido (por ejemplo, varios días, varios meses, varios años, etc.). En particular, los registros espectrales de cada uno de los sensores remotos 102 se promedian conjuntamente para determinar los desplazamientos con respecto a los respectivos registros espectrales de referencia y/o promedios espectrales. De acuerdo con el ejemplo ilustrado, la información de los sensores locales 310 y las características del sistema 314 se proporcionan a la actualización del estado de la fuga 308 para realizar el análisis espacial antes  
40 mencionado.

De acuerdo con el ejemplo ilustrado, la actualización del estado de fuga 308 proporciona una salida 316. La salida 316 puede incluir, entre otros, el índice de fuga, que puede ser un valor de probabilidad (por ejemplo, 0-100, 0-1, etc.) que indica una probabilidad de fuga del sensor remoto 102 correspondiente, y un estado de fuga. En particular, el estado de la fuga puede indicar una fuga potencial y/o una probabilidad de fuga que ha tendido al alza (por ejemplo, que ha tendido al alza durante meses).

La salida 316 del ejemplo ilustrado se utiliza para identificar y/o calcular un intervalo 318 de cada uno de los sensores remotos 102 de acuerdo con la probabilidad de fuga. En particular, el ejemplo de intervalo 318 pertenece a un intervalo probabilístico relativo perteneciente a una probabilidad de que cada sensor individual 102 tenga una fuga. En otras palabras, el intervalo 318 corresponde a una indicación relativa de una probabilidad de fuga de cada uno de los sensores remotos 102 en comparación con otros de los sensores remotos 102 presentes en el sistema de distribución de servicios públicos 101.  
50

En algunos ejemplos, una salida 320 del intervalo 318 se proporciona a una interfaz gráfica 322. Como resultado, la interfaz gráfica 322 genera una matriz bidimensional que puede utilizarse para generar un mapa térmico o un mapa de gradiente que indique las probabilidades relativas de fuga.

La FIG. 4 es un gráfico 400 que representa ejemplos de grabaciones espectrales/promedios asociados con el sensor remoto 102 durante una única sesión de grabación. El gráfico 400 incluye un primer eje 402 perteneciente a los números de registros espectrales (por ejemplo, números de registros espectrales de intervalo, números de registros espectrales de intervalo de tiempo), un segundo eje 404 perteneciente a la frecuencia en hercios (Hz) y un tercer eje 406 perteneciente a una amplitud de los registros/promedios espectrales. En consecuencia, en el gráfico 400 también se muestran formas de onda de registro espectral o registros espectrales 410 (en adelante 410a-410j).

En funcionamiento, el análisis de datos de alta resolución del sensor remoto 102 puede realizarse en las grabaciones espectrales 410 durante o después de una sesión de grabación. En particular, cada uno de los registros espectrales 410 medidos en el sensor remoto 102 se capturan/detectan y clasifican como firmas de ruido, que pueden transmitirse posteriormente como símbolos, por ejemplo. En algunos ejemplos, se puede utilizar una base de datos de búsqueda para determinar el grado en que los registros espectrales 410 se correlacionan con una firma de ruido conocida (por ejemplo, un zumbido de red conocido o una firma de fuga, etc.). Como resultado, se puede enviar un símbolo (un valor de 1:n) que indexa la firma de ruido junto con un nivel de confianza que indica lo bien que el registro espectral individual 410 se correlaciona y/o muestra similitud con una firma de base de datos (por ejemplo, un análisis de correlación).

En algunos ejemplos, el módulo de análisis 104 analiza la calidad de las grabaciones espectrales 410 (por ejemplo, las grabaciones espectrales 410 de baja calidad se descartan, etc.). Por ejemplo, se puede tomar la envolvente espectral global y compararla con las grabaciones espectrales individuales 410 (por ejemplo, una correlación, una coherencia, una desviación estándar, etc.). Adicional o alternativamente, se analiza el grado en que cada una de las grabaciones espectrales 410 durante la sesión se compara con la respectiva grabación anterior 410 (por ejemplo, se analiza sobre una base cuantificada, un análisis de correlación, un análisis de grado de cambio, etc.). En algunos ejemplos, los registros espectrales 410 se dividen en intervalos de frecuencias. Adicional o alternativamente, sólo se analizan ciertos intervalos de frecuencia de las grabaciones espectrales 410 (es decir, se truncan los intervalos de frecuencia espectral) en función de la relevancia.

En algunos ejemplos, los datos pertenecientes a las grabaciones espectrales 410 se comprimen (por ejemplo, para su posterior transmisión). Por ejemplo, si la transmisión de dichos datos está limitada por el ancho de banda, el intervalo de frecuencia y la amplitud de la señal pueden comprimirse en lugar de enviar el registro espectral completo 410 desde el sensor remoto 102 al servidor 111.

Mientras que una manera de ejemplo de implementar el módulo de análisis de probabilidad de fuga 200 de la FIG. 2 se ilustra en la FIG. 2, uno o más de los elementos, procesos y/o dispositivos ilustrados en la FIG. 2 pueden combinarse, dividirse, reordenarse, omitirse, eliminarse y/o aplicarse de cualquier otra forma. Además, el módulo de cálculo de fugas 202 de ejemplo, el analizador de registro espectral 204 de ejemplo, el analizador de tendencias 206 de ejemplo, el calculador de probabilidades 212 de ejemplo, el correlacionador de datos posicionales 214 de ejemplo y/o, más en general, el módulo de análisis de probabilidades de fugas 200 de ejemplo de la FIG. 2 puede implementarse por medio de hardware, software, firmware y/o cualquier combinación de hardware, software y/o firmware. De este modo, por ejemplo, cualquiera del módulo de cálculo de fugas 202 de ejemplo, el analizador de registro espectral 204 de ejemplo, el analizador de tendencias 206 de ejemplo, el calculador de probabilidades 212 de ejemplo, el correlacionador de datos posicionales 214 de ejemplo y/o, más en general, el módulo de análisis de probabilidades de fugas 200 de ejemplo de la FIG. 2 podría implementarse por medio de uno o más circuitos analógicos o digitales, circuitos lógicos, procesadores programables, circuitos integrados para aplicaciones específicas (ASIC(s)), dispositivos lógicos programables (PLD(s)) y/o dispositivos lógicos programables de campo (FPLD(s)). Al leer cualquiera de las reivindicaciones de aparato o sistema de esta patente para cubrir una implementación puramente de software y/o firmware, al menos uno de los módulos de cálculo de fugas 202, el analizador de registro espectral 204, el analizador de tendencias 206, el calculador de probabilidades 212, y/o el correlacionador de datos posicionales 214 se define expresamente para incluir un dispositivo de almacenamiento legible por ordenador no transitorio o un disco de almacenamiento tal como una memoria, un disco versátil digital (DVD), un disco compacto (CD), un disco Blu-ray, etc. que incluya el software y/o firmware. Además, el ejemplo de módulo de análisis de probabilidad de fuga 200 de la FIG. 2 puede incluir uno o más elementos, procesos y/o dispositivos además de, o en lugar de, los ilustrados en la FIG. 2, y/o puede incluir más de uno de todos o alguno de los elementos, procesos y dispositivos ilustrados.

Un diagrama de flujo representativo de instrucciones legibles por máquina de ejemplo para implementar el módulo de análisis de probabilidad de fuga 200 de la FIG. 2 se muestra en la FIG. 5. En este ejemplo, las instrucciones legibles por máquina comprenden un programa para ser ejecutado por un procesador tal como el procesador 1112 que se muestra en el ejemplo de plataforma de procesador 1100 que se analiza más adelante en relación con la FIG. 11. El programa puede estar incorporado en un software almacenado en un medio de almacenamiento no transitorio legible por ordenador, tal como un CD-ROM, un disquete, un disco duro, un disco versátil digital (DVD), un disco Blu-ray o una memoria asociada al procesador 1112, pero el programa completo y/o partes del mismo podrían ser ejecutados alternativamente por un dispositivo distinto del procesador 1112 y/o incorporados en firmware o hardware dedicado. Además, aunque el programa de ejemplo se describe con referencia al diagrama de flujo ilustrado en la FIG. 5 pueden utilizarse alternativamente muchos otros procedimientos de implementación del módulo 200 de análisis de probabilidad de fuga de ejemplo. Por ejemplo, el orden de ejecución de los bloques puede modificarse, y/o algunos de los bloques descritos pueden cambiarse, eliminarse o combinarse. Adicional o alternativamente, cualquiera o todos los bloques pueden ser implementados por uno o más circuitos de hardware (por ejemplo, circuitos analógicos y/o digitales discretos y/o integrados, una matriz de puerta programable en campo (FPGA), un circuito integrado de aplicación

específica (ASIC), un comparador, un amplificador operacional (op-amp), un circuito lógico, etc.) estructurados para realizar la operación correspondiente sin ejecutar software o firmware.

Como se ha señalado anteriormente, el ejemplo de procedimientos de la FIG. 5 puede implementarse mediante el uso de instrucciones codificadas (por ejemplo, instrucciones legibles por ordenador y/o máquina) almacenadas en un ordenador no transitorio y/o un medio legible por máquina, tal como una unidad de disco duro, una memoria flash, una memoria de sólo lectura, un disco compacto, un disco versátil digital, una memoria caché, una memoria de acceso aleatorio y/o cualquier otro dispositivo de almacenamiento o disco de almacenamiento en el que se almacene información para cualquier duración (por ejemplo, para períodos de tiempo prolongados, de forma permanente, para breves instancias, para almacenamiento temporal en búfer y/o para almacenamiento en caché de la información). Como se utiliza en el presente documento, el término medio legible por ordenador no transitorio se define expresamente para incluir cualquier tipo de dispositivo de almacenamiento legible por ordenador y/o disco de almacenamiento y para excluir las señales de propagación y excluir los medios de transmisión. "que incluye" y "que comprende" (y todas sus formas y tiempos) se utilizan en la presente memoria como términos abiertos. De este modo, a condición de que una reivindicación enumere algo después de cualquier forma de "incluir" o "comprender" (por ejemplo, comprende, incluye, comprende, incluyendo, etc.), debe entenderse que pueden estar presentes elementos, términos, etc. adicionales sin que queden fuera del ámbito de la reivindicación correspondiente. Como se utiliza en el presente documento, cuando la expresión "al menos" se emplea como término de transición en el preámbulo de una reivindicación, es de composición abierta, del mismo modo que los términos "que comprende" e "que incluye" son de composición abierta.

El procedimiento de ejemplo 500 de la FIG. 5 comienza cuando se han recibido numerosas grabaciones espectrales, indicadores/representaciones de grabaciones espectrales, grabaciones espectrales seleccionadas y/o promedios de grabaciones espectrales de los sensores remotos 102 y la calculadora de probabilidad 212 se está utilizando para calcular una determinación probabilística bidimensional de fugas potenciales dentro del sistema de distribución de servicios públicos 101. En este ejemplo, se utiliza un registro espectral y/o promedio recibido de cada uno de los sensores remotos 102 para calcular la determinación probabilística bidimensional de fugas potenciales para el sistema de distribución de servicios públicos global 101.

En este ejemplo, el servidor 111 recibe periódicamente los registros espectrales y/o sus datos asociados. En otros ejemplos, un aumento determinado en la probabilidad de fuga por el sensor remoto 102 se utiliza para causar o activar uno o más de los sensores remotos 102 para transmitir grabaciones espectrales y/o datos asociados pertenecientes a las grabaciones espectrales (por ejemplo, grabaciones espectrales comprimidas y/o promedios, datos de movimiento/desplazamiento de picos, etc.).

De acuerdo con el ejemplo ilustrado, el punto final 108 recibe múltiples grabaciones espectrales o firmas de ruido para ser almacenadas en una matriz y/o una base de datos del almacenamiento de grabación 216 (bloque 502). En algunos ejemplos, el módulo de análisis 104 convierte las grabaciones espectrales en datos representativos de las grabaciones espectrales (por ejemplo, promedios de grabaciones espectrales, identificadores espectrales, etc.) antes de la transmisión al punto final 108. En otras palabras, el punto final 108 puede recibir representaciones de registros espectrales, identificadores y/o promedios de registros espectrales en lugar de los registros espectrales.

En este ejemplo, el analizador de registros espectrales 204 calcula promedios de energía espectral para cada uno de los registros espectrales y/o promedios de registros espectrales asociados (bloque 504). En algunos ejemplos, los promedios de los registros espectrales se promedian por medio de la ecuación 1 siguiente:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (1)$$

En otros ejemplos, las energías espectrales promedio son computadas por cada uno de los sensores remotos 102 y/o sus correspondientes módulos de análisis 104 en lugar de por el servidor de análisis 114.

En algunos ejemplos, el analizador de registro espectral 204 y/o el calculador de probabilidad 212 computa un promedio general de referencia (por ejemplo, una energía espectral promedio general del sistema) de energías espectrales correspondientes a todos los respectivos sensores remotos 102 (bloque 506).

En este ejemplo, los valores atípicos son seleccionados (por ejemplo, valores atípicos que exceden los valores de los promedios de línea base) por la calculadora de probabilidad 212 (bloque 508). En otras palabras, los valores atípicos se seleccionan comparando cada una de las energías espectrales con la energía espectral de referencia global y los nodos que tienen valores superiores a la energía espectral de referencia se designan como valores atípicos para futuros análisis.

De acuerdo con el ejemplo ilustrado, las desviaciones, tal como las desviaciones estándar, por ejemplo, de los valores atípicos seleccionados son calculados por el analizador de registro espectral 204 y/o el calculador de probabilidades 212 (bloque 510). Por consiguiente, en este ejemplo, las desviaciones típicas se calculan como se indica en la ecuación 2 siguiente.

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

En este ejemplo, los valores atípicos se normalizan y los no atípicos se fijan en un valor de referencia por medio del calculador de probabilidad 212 (bloque 512). En otros ejemplos, simplemente no se tienen en cuenta los valores atípicos. En la ecuación 3 se muestra un ejemplo de ecuación para calcular una normalización.

5 
$$y = \frac{\bar{x}}{s} \quad (3)$$

En este ejemplo, un filtro 2-D es generado por el calculador de probabilidad 212 y/o el correlacionador de datos posicionales 214 mediante el uso de ajustes de umbral y un intervalo de escucha del sensor (bloque 514).

10 En consecuencia, los datos relacionados con los sensores son superpuestos en una cuadrícula 2-D por el calculador de probabilidad 212 y/o el correlacionador de datos posicionales 214 mediante el uso de geo-coordenadas conocidas (bloque 516).

En algunos ejemplos, el analizador de tendencia 206, el calculador de probabilidad 212 y/o el analizador de registro espectral 204 (bloque 518) realizan o ejecutan un filtro de convolución bidimensional sobre la cuadrícula bidimensional antes mencionada. A continuación, la ecuación de ejemplo 4 ilustra la aplicación del filtro de convolución:

$$I'(u, v) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{j=-\infty}^{\infty} I(u-i, v-j) H(i, j) = I \otimes H \quad (4)$$

15 En este ejemplo,  $I(u, v)$  es la matriz original,  $I'(u, v)$  es la imagen transformada,  $H(i, j)$  es el núcleo que se aplicará a la imagen, y  $(u, v)$  son las coordenadas del píxel o fila/vector de la matriz. La ecuación 5 ilustra un ejemplo de núcleo de filtro gaussiano que puede implementarse en los ejemplos descritos en la presente memoria.

$$H(i, j) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{\left(-\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}\right)} \quad (5)$$

20 En algunos ejemplos,  $i, j$  es una matriz de forma igual a 7, 7 y se le asigna un valor sigma ( $\sigma$ ) de 2. Aunque en este ejemplo se describe un filtro gaussiano, puede aplicarse cualquier núcleo de filtro apropiado.

En este ejemplo, una base de datos almacenada en el almacenamiento de registro 216 se actualiza del estado de la fuga para incluir los valores atípicos por encima de la referencia de energía espectral umbral promedio (bloque 520).

25 A continuación, el ejemplo de correlador de datos posicionales 214 y/o el ejemplo de analizador de tendencias 206 define o designa uno o más puntos calientes en la rejilla 2-D y calcula o determina una posición de una fuga en la rejilla 2-D en base a la distancia y los datos de la rejilla (bloque 522).

De acuerdo con el ejemplo ilustrado, el correlacionador de datos posicionales 214 determina o estima una ubicación de fuga basada en la distancia, datos posicionales, ubicaciones esquemáticas de componentes y/o datos de rejilla (bloque 524) y el procedimiento finaliza. En particular, se pueden utilizar datos geográficos conocidos para localizar la ubicación o ubicaciones específicas de las fugas.

30 La FIG. 6 incluye gráficas 600 que ilustran cómo múltiples grabaciones espectrales/promedios de uno de los sensores remotos 102 pueden ser analizados por tendencias para determinar distribuciones de probabilidad de fuga (por ejemplo, distribuciones de probabilidad de fuga 2-D). En otras palabras, se muestra un análisis de los datos asociados con el único sensor 102 puede ser utilizado para definir al menos parcialmente una distribución probabilística 2-D global. Como puede verse en el ejemplo ilustrado de la FIG. 6, las parcelas 602 (en adelante 602a, 602b, 602c, etc.)  
35 incluyen varios registros espectrales y/o se toman medias espectrales a lo largo de varios días. En algunos ejemplos, los desplazamientos de los picos y/o los cambios en la forma de onda de los registros espectrales pueden analizarse para determinar probabilidades y/o distribuciones de probabilidad del sistema de distribución de servicios públicos 101.

40 En este ejemplo, un pico 604 (en lo sucesivo 604a, 604b, 604c) permanece relativamente constante a lo largo de las diferentes parcelas 602. En particular, una amplitud del pico 604 varía, pero una frecuencia de pico correspondiente no cambia significativamente entre las parcelas 602. Además, se observa contenido de ruido adicional 606 (en adelante 606a, 606b) a frecuencias relativamente bajas. Sin embargo, en este ejemplo, la información relacionada con el contenido de ruido no afecta a la ubicación de los picos 604 a lo largo del tiempo. Los ejemplos divulgados en la presente memoria son capaces de realizar análisis espaciales que caracterizan eficazmente los picos 604 en relación  
45 con el contenido de ruido 606.

En algunos ejemplos, los datos representados por las parcelas 600 se monitorizan para activar un análisis espacial del sistema de distribución de servicios públicos 101. En particular, se puede monitorizar un desplazamiento de un registro espectral y/o asociar un promedio de registro espectral perteneciente a al menos uno de los sensores remotos 102 para provocar la ejecución del procedimiento de ejemplo 500 de la FIG. 5.

Las FIGS. 7A, 7B y 8 representan una cuadrícula 2-D de ejemplo en la que se realiza un análisis espacial de acuerdo con el procedimiento de ejemplo 500 de la FIG. 5. En referencia de vuelta a la FIG. 7A, se muestra un ejemplo de cuadrícula 2-D con un primer gráfico 702 correspondiente a los últimos 7 días, así como un segundo gráfico 703 correspondiente a los últimos 21 días. De acuerdo con el ejemplo ilustrado, se calcula una energía espectral media perteneciente a los registros espectrales/promedios de cada uno de los sensores remotos 102 y se muestra en una cuadrícula bidimensional. Por ejemplo, esta energía espectral media puede ser una energía total en toda una gama de frecuencias o dentro de bandas de frecuencias específicas (por ejemplo, bandas de frecuencias agrupadas). En este ejemplo concreto, se muestra una cuadrícula 702 que representa una media de los últimos 7 días y una media de los últimos 21 días de los registros espectrales. Ambos periodos de tiempo se examinan para promediar las fluctuaciones de los datos que pueden causar falsas indicaciones de fugas.

En este ejemplo, se calcula que la media de los cálculos de energía espectral es de 10,7. En consecuencia, cualquiera de los sensores remotos 102 con resultados medios que excedan esta media se seleccionan y se denotan por medio de círculos negros 704 mientras que un resultado medio por debajo de un valor de 10,7 se ignora o se le asigna el valor de la media y se representa por medio de círculos blancos 706. Del mismo modo, los círculos negros 712 y los círculos blancos 714 se muestran en el segundo gráfico 703.

La FIG. 7B ilustra los datos de la FIG. 7A, pero añadiendo cálculos de desviación estándar para cada una de las energías espectrales. De acuerdo con el ejemplo ilustrado, la desviación estándar de la energía para cada uno de los sensores remotos 102 seleccionados se calcula tanto para 7 días como para 21 días en base a la premisa de que si existe una fuga, puede haber un cambio relativamente pequeño (por ejemplo, mínimo) en el nivel de sonido a lo largo de un día. En tales escenarios, con pocos cambios en el día a día, habrá algo de ruido en los resultados, pero los resultados muestran que si la desviación estándar es relativamente pequeña y se mantiene relativamente pequeña o no cambia significativamente a lo largo de una duración corta (por ejemplo, 7 días) y una duración larga (por ejemplo, 21 días), puede indicarse una fuente de ruido constante.

Es probable que la desviación estándar que difiere significativamente entre los periodos de 7 y 21 días indique que una fuente de ruido no es constante o está empezando a cambiar. Por lo tanto, el uso de la desviación estándar de acuerdo con las enseñanzas de esta divulgación permite identificar cambios relativamente sutiles.

Examinando las medias y/o las tendencias promedio de diferentes periodos de tiempo solapados, un conjunto de datos puede ilustrar claramente cualquier tendencia cambiante. En algunos procedimientos de ejemplo, se realiza un análisis de cuartiles en el que un intervalo de datos/periodo de tiempo se divide en 4 sectores de tiempo, por ejemplo. En otras palabras, se puede utilizar un número variable de periodos de tiempo (por ejemplo, cinco, cincuenta, cien, etc.) más allá de los dos mostrados en este ejemplo.

La FIG. 8 ilustra la normalización de los promedios espectrales a lo largo de los dos periodos de tiempo diferentes (7 días y 21 días) ilustrados en relación con las cuadrículas bidimensionales de las FIGS. 7A y 7B. De acuerdo con el ejemplo ilustrado, los promedios espectrales se normalizan dividiendo las energías espectrales promedio de cada nodo por las respectivas desviaciones estándar para revelar posibles fuentes de ruido estacionario, que pueden existir justo por encima del ruido de fondo. En este ejemplo, los nodos 802, representados por círculos blancos, indican nodos que no han sido seleccionados y/o tienen energías espectrales por debajo de un umbral de energía espectral normalizado. En algunos ejemplos, los nodos 802 se eliminan de la consideración por tener una energía espectral inferior a una energía espectral normalizada media de todos los nodos. De acuerdo con el ejemplo ilustrado, los círculos 804 indican la(s) señal(es) de fuga/estacionaria(s) que parece(n) estar estacionaria(s) durante 21 días, mientras que un círculo 806 indica una fuga que puede estar emergiendo porque sólo ha aparecido en los últimos 7 días, en base a su energía espectral normalizada.

En este ejemplo, la media de todos los resultados normalizados es de aproximadamente 27,09, por lo que se considera un nivel umbral para una posible fuga. Por consiguiente, los valores por encima de este umbral indican una posible señal estacionaria o una señal que está por encima del ruido de fondo y aumentando. En este ejemplo, el sensor 102 en una posición de coordenadas de 2, 5 (coordenadas x, y en la vista actual) está por encima de un valor de 31 en ambos periodos de tiempo, para de este modo indicar una señal estacionaria durante los últimos 21 días. Además, un sensor correspondiente a una posición de coordenadas 8, 5 supera el umbral en los últimos 7 días, para de este modo indicar que está surgiendo una posible fuga/señal estacionaria.

En referencia de vuelta a la FIG. 9, se muestra un mapa 900 con ubicaciones de sensores 902 (en adelante en la presente memoria 902a, 902b, etc.) en relación con calles 904 (en adelante en la presente memoria 904a, 904b, etc.). De acuerdo con la realización ilustrada de la invención reivindicada, las posiciones relativas de las ubicaciones de los sensores y/o las calles 902 se utilizan para definir una cuadrícula bidimensional y/o un sistema de coordenadas que se analiza junto con una distribución de probabilidad de fuga bidimensional.

La FIG. 10 muestra una distribución de probabilidad de fuga bidimensional y/o un mapa térmico 1000 derivado del filtrado de energías espectrales normalizadas y que se utilizará junto con el mapa 900 de la FIG. 9. En particular, la distribución de probabilidad 1000 es una representación bidimensional o superposición del mapa 900. De acuerdo con la invención reivindicada, las energías espectrales normalizadas se filtran por medio de un filtro gaussiano para obtener la distribución de probabilidad 1000. En consecuencia, la distribución de probabilidad 1000 incluye ubicaciones de

fuga de baja probabilidad 1002, así como ubicaciones de fuga de alta probabilidad (por ejemplo, porciones más oscuras) 1004.

5 De acuerdo con la invención reivindicada, la distribución de probabilidad 1000 en conjunción con datos geográficos conocidos del sistema de servicios públicos (por ejemplo, información posicional/de trazado de tuberías y/o empalmes, ubicaciones relativas de contadores, etc.). Además, la triangulación puede utilizarse para determinar posibles ubicaciones de fugas o puntos calientes.

10 De acuerdo con la invención reivindicada, también se superponen datos bidimensionales adicionales a la distribución de probabilidad 1000, es decir, datos de densidad de tráfico, distribución típica del nivel de ruido, gradientes de temperatura. En particular, la superposición de información adicional se puede utilizar para la resolución de problemas y/o la determinación de la ubicación de los problemas que ocurren en el sistema de distribución de servicios públicos 101.

15 La FIG. 11 es un diagrama de bloques de un ejemplo de plataforma de procesador 1100 capaz de ejecutar las instrucciones de la FIG. 5 para implementar el módulo de análisis de probabilidad de fuga 200 de la FIG. 2. La plataforma de procesamiento 1100 puede ser, por ejemplo, un servidor, un ordenador personal, un dispositivo móvil (por ejemplo, un teléfono móvil, un teléfono inteligente, una tableta tal como un iPad™), un asistente digital personal (PDA), un decodificador o cualquier otro tipo de dispositivo informático.

20 La plataforma de procesador 1100 del ejemplo ilustrado incluye un procesador 1112. El procesador 1112 del ejemplo ilustrado es hardware. Por ejemplo, el procesador 1112 puede ser implementado por uno o más circuitos integrados, circuitos lógicos, microprocesadores o controladores de cualquier familia o fabricante deseado. El procesador de hardware puede ser un dispositivo en base a semiconductores (por ejemplo, en base a silicio). En este ejemplo, el procesador implementa el analizador de tendencias 206 de ejemplo, el calculador de probabilidades 212 de ejemplo y el correlacionador de datos posicionales 214 de ejemplo.

25 El procesador 1112 del ejemplo ilustrado incluye una memoria local 1113 (por ejemplo, una caché). El procesador 1112 del ejemplo ilustrado está en comunicación con una memoria principal que incluye una memoria volátil 1114 y una memoria no volátil 1116 a través de un bus 1118. La memoria volátil 1114 puede implementarse por medio de una memoria dinámica sincrónica de acceso aleatorio (SDRAM), una memoria dinámica de acceso aleatorio (DRAM), una memoria dinámica RAMBUS de acceso aleatorio (RDRAM) y/o cualquier otro tipo de dispositivo de memoria de acceso aleatorio. La memoria no volátil 1116 puede implementarse por medio de memoria flash y/o cualquier otro tipo de dispositivo de memoria deseado. El acceso a la memoria principal 1114, 1116 está controlado por un controlador de memoria.

30 La plataforma de procesador 1100 del ejemplo ilustrado también incluye un circuito de interfaz 1120. El circuito de interfaz 1120 puede implementarse por medio de cualquier tipo de estándar de interfaz, tal como una interfaz Ethernet, un bus serie universal (USB) y/o una interfaz PCI express.

35 En el ejemplo ilustrado, uno o más dispositivos de entrada 1122 están conectados al circuito de interfaz 1120. Los dispositivos de entrada 1122 permiten al usuario introducir datos y/o comandos en el procesador 1112. El dispositivo o dispositivos de entrada pueden ser, por ejemplo, un sensor de audio, un micrófono, una cámara (fija o de vídeo), un teclado, un botón, un ratón, una pantalla táctil, un pad de rastreo, una bola de rastreo, un isopunto y/o un sistema de reconocimiento de voz.

40 Uno o más dispositivos de salida 1124 también están conectados al circuito de interfaz 1120 del ejemplo ilustrado. Los dispositivos de salida 1124 pueden implementarse, por ejemplo, por medio de dispositivos de visualización (por ejemplo, un diodo emisor de luz (LED), un diodo emisor de luz orgánico (OLED), una pantalla de cristal líquido, una pantalla de tubo de rayos catódicos (CRT), una pantalla táctil, un dispositivo de salida táctil, una impresora y/o altavoces). El circuito de interfaz 1120 del ejemplo ilustrado, de este modo, incluye típicamente una tarjeta de controlador de gráficos, un chip de controlador de gráficos y/o un procesador de controlador de gráficos.

45 El circuito de interfaz 1120 del ejemplo ilustrado también incluye un dispositivo de comunicación tal como un transmisor, un receptor, un transceptor, un módem y/o una tarjeta de interfaz de red para facilitar el intercambio de datos con máquinas externas (por ejemplo, dispositivos informáticos de cualquier tipo) a través de una red 1126 (por ejemplo, una conexión Ethernet, una línea de abonado digital (DSL), una línea telefónica, cable coaxial, un sistema de telefonía celular, etc.).

50 La plataforma de procesador 1100 del ejemplo ilustrado también incluye uno o más dispositivos de almacenamiento masivo 1128 para almacenar software y/o datos. Ejemplos de tales dispositivos de almacenamiento masivo 1128 incluyen unidades de disquete, discos duros, unidades de disco compacto, unidades de disco Blu-ray, sistemas RAID y unidades de disco versátil digital (DVD).

55 Las instrucciones codificadas 1132 de la FIG. 5 puede almacenarse en el dispositivo de almacenamiento masivo 1128, en la memoria volátil 1114, en la memoria no volátil 1116, y/o en un medio de almacenamiento tangible extraíble legible por ordenador, tal como un CD o un DVD.

5 A partir de lo anterior, se apreciará que se han divulgado procedimientos y aparatos de ejemplo que pueden determinar con precisión una distribución de probabilidad de fugas para el sistema de distribución de servicios públicos y también pueden determinar con precisión las posiciones de las fugas por medio de la utilización de datos posicionales (por ejemplo, coordenadas de diseño de tuberías, etc.). Como resultado, los equipos de reparación pueden reparar una fuga identificada y/o un punto caliente de fuga identificado, por ejemplo, sin esfuerzos innecesarios de búsqueda y/o exploración (por ejemplo, excavación exploratoria) para buscar la fuga, lo que puede tener costes de mano de obra significativos en algunos escenarios.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de análisis de probabilidad de fugas asociado con un sistema de distribución de servicios públicos que tiene sensores, el aparato que comprende:
  - 5 un receptor para recibir datos de registro espectral asociados a los registros espectrales medidos en los sensores;
  - un dispositivo de almacenamiento para guardar los datos de registro espectral; y
  - un procesador para:
    - 10 calcular las energías espectrales asociadas a los datos del registro espectral,
    - calcular las desviaciones de las energías espectrales,
    - normalizar las energías espectrales en función de las desviaciones respectivas,
    - generar una distribución de probabilidad de fuga del sistema de distribución de servicios públicos en base a las energías espectrales normalizadas, **caracterizado en que** el procesador está configurado además para filtrar la distribución de probabilidad de fuga por medio de un filtro gaussiano para generar un mapa térmico bidimensional (2-D) (1000) asociado con la distribución de probabilidad de fuga, y
    - 15 calcular la posición de una fuga basándose en la distribución de probabilidad de fuga con datos geográficos conocidos del sistema de servicios públicos (900),
    - superponer datos bidimensionales adicionales, incluidos uno o varios datos de densidad de tráfico, distribución típica del nivel de ruido y gradientes de temperatura en la distribución de probabilidad.
  
2. Un procedimiento que comprende:
  - 20 calcular, por medio de la ejecución de una instrucción con un procesador, las energías espectrales correspondientes a los datos de registro espectral medidos en los sensores de un sistema de distribución de servicios públicos;
  - calcular, por medio de la ejecución de una instrucción con el procesador, las desviaciones de las energías espectrales;
  - 25 normalizar, ejecutando una instrucción con el procesador, las energías espectrales en base a las desviaciones respectivas;
  - generar, por medio de la ejecución de una instrucción con el procesador, una distribución de probabilidad de fuga del sistema de distribución de servicios públicos basada en las energías espectrales normalizadas;
  - 30 filtrar la distribución de probabilidad de fuga por medio de un filtro gaussiano para generar un mapa térmico bidimensional (2-D)(1000) asociado a la distribución de probabilidad de fuga; calcular, ejecutando una instrucción con el procesador, una posición de una fuga basada en la distribución de probabilidad de fuga a partir de datos geográficos conocidos del sistema de servicios públicos (900), y
  - superposición de datos bidimensionales adicionales, incluidos uno o varios datos de densidad de tráfico, distribución típica del nivel de ruido y gradientes de temperatura en la distribución de probabilidad.
  
3. El procedimiento definido en la reivindicación 2 incluye además la selección, por medio de la ejecución de una instrucción con el procesador, de una frecuencia bin de los registros espectrales.
  
4. El procedimiento como se define en la reivindicación 2, incluyendo además eliminar, por medio de la ejecución de una instrucción con el procesador, al menos una de las energías espectrales que tienen un valor por debajo de un umbral de energía espectral.
  
- 40 5. El procedimiento definido en la reivindicación 2, en el que el cálculo de las energías espectrales incluye el cálculo de una energía espectral de un registro espectral.
  
6. Un medio tangible legible por máquina que comprende instrucciones que, cuando son ejecutadas por un ordenador, hacen que el ordenador lleve a cabo el procedimiento de la reivindicación 2.
  
- 45 7. El medio legible por máquina como se define en la reivindicación 6, en el que las instrucciones hacen que el procesador elimine al menos una de las energías espectrales que tienen valores que están por debajo de un umbral de energía espectral.

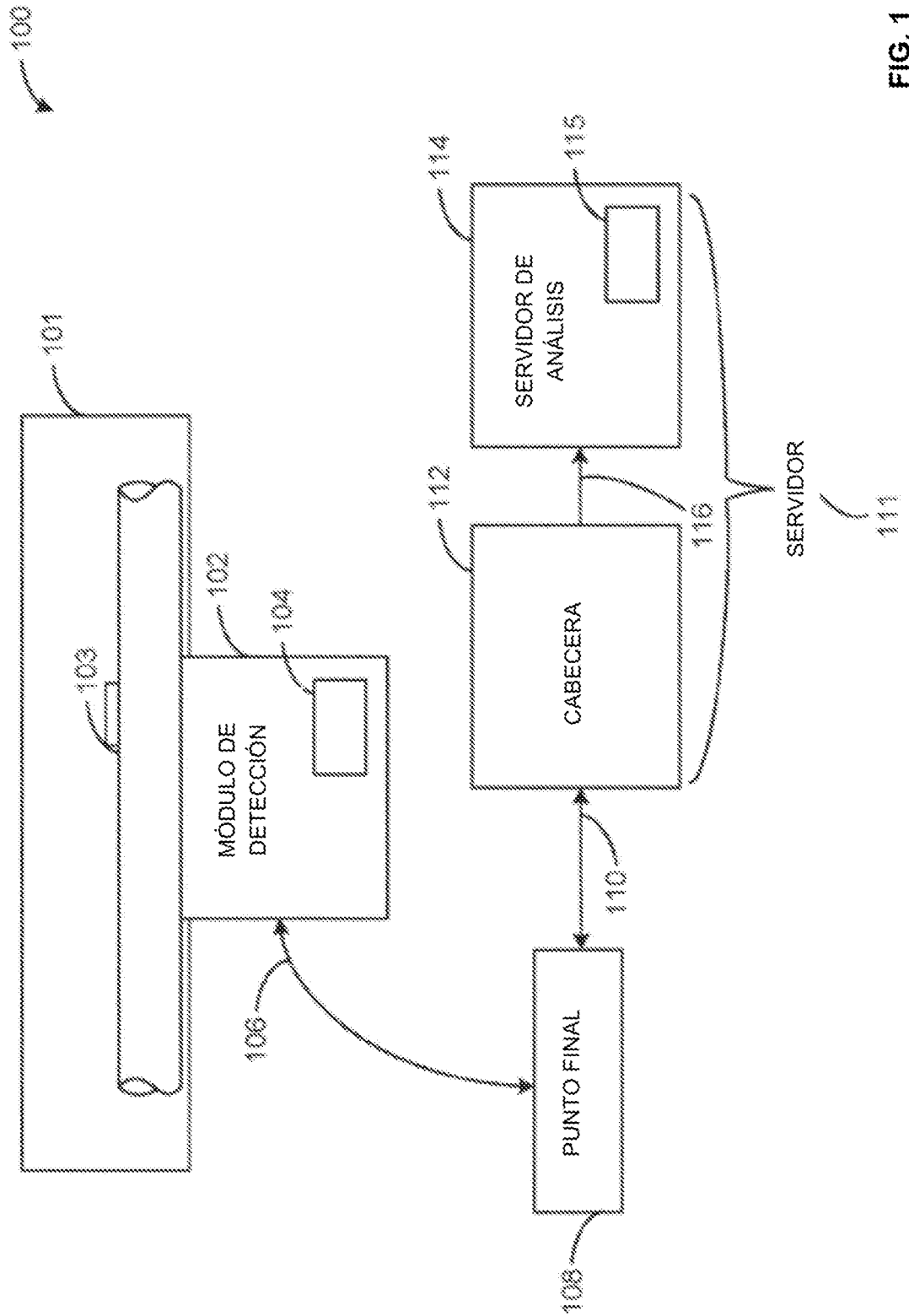


FIG. 1

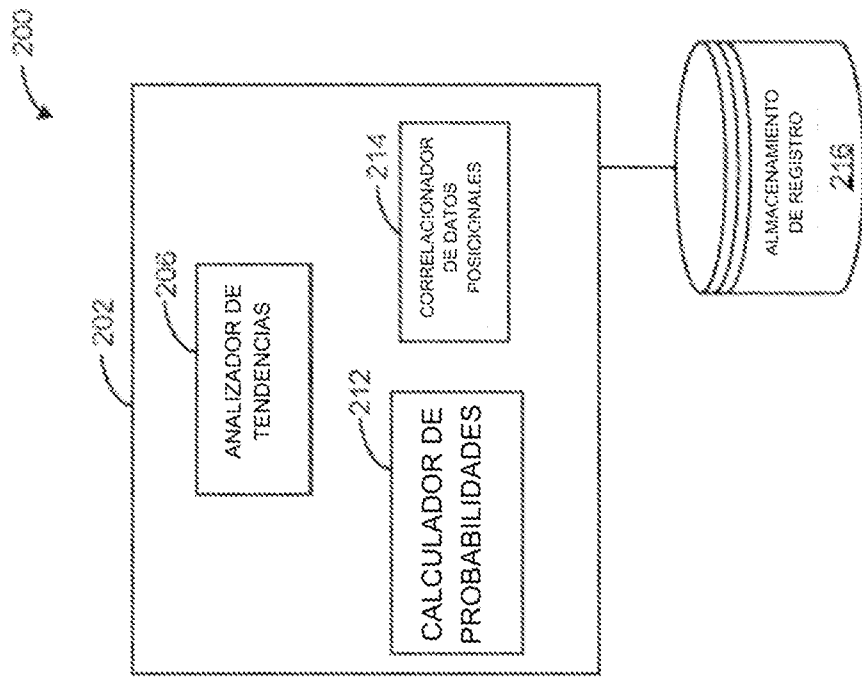


FIG. 2

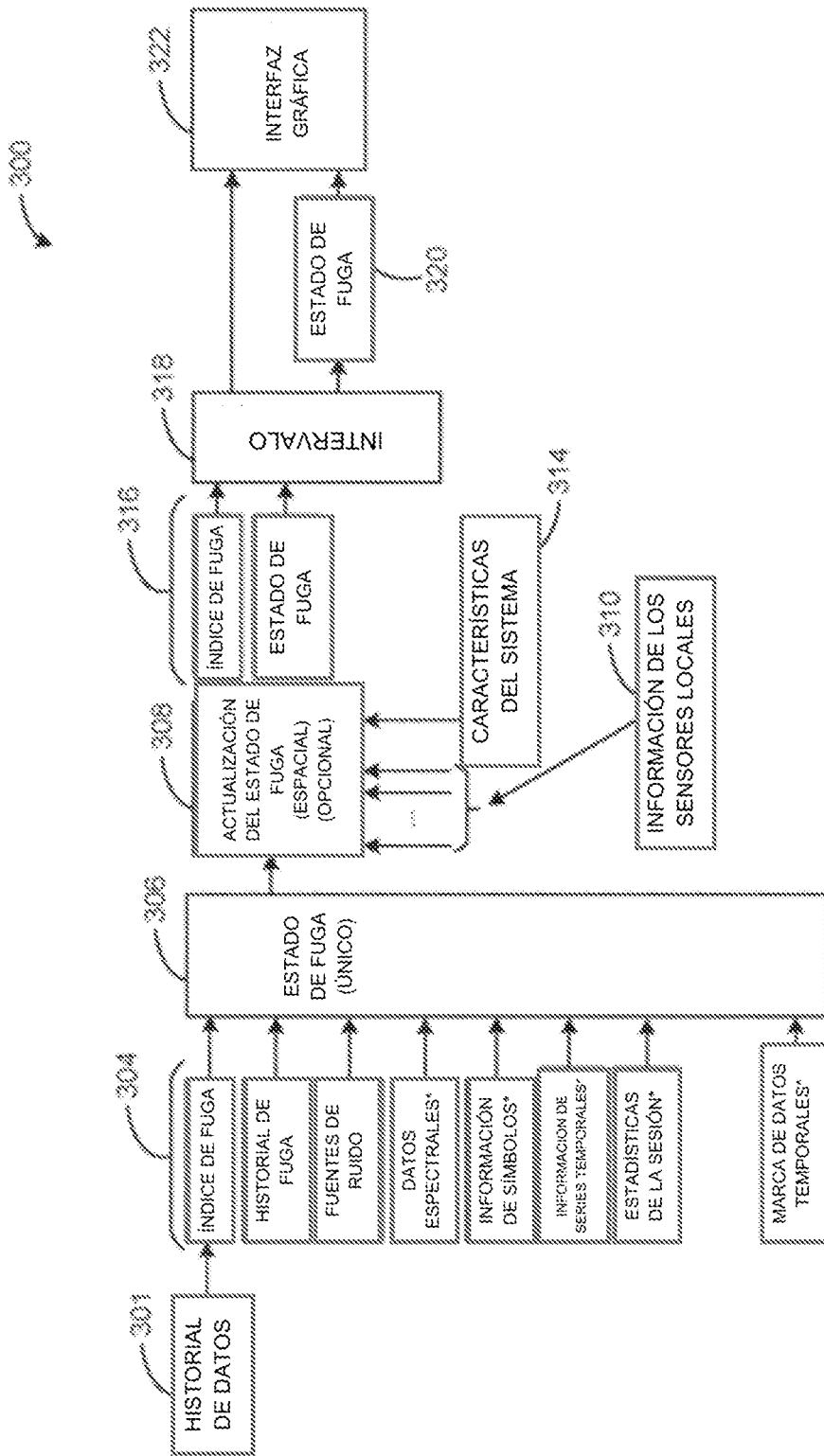


FIG. 3

4000

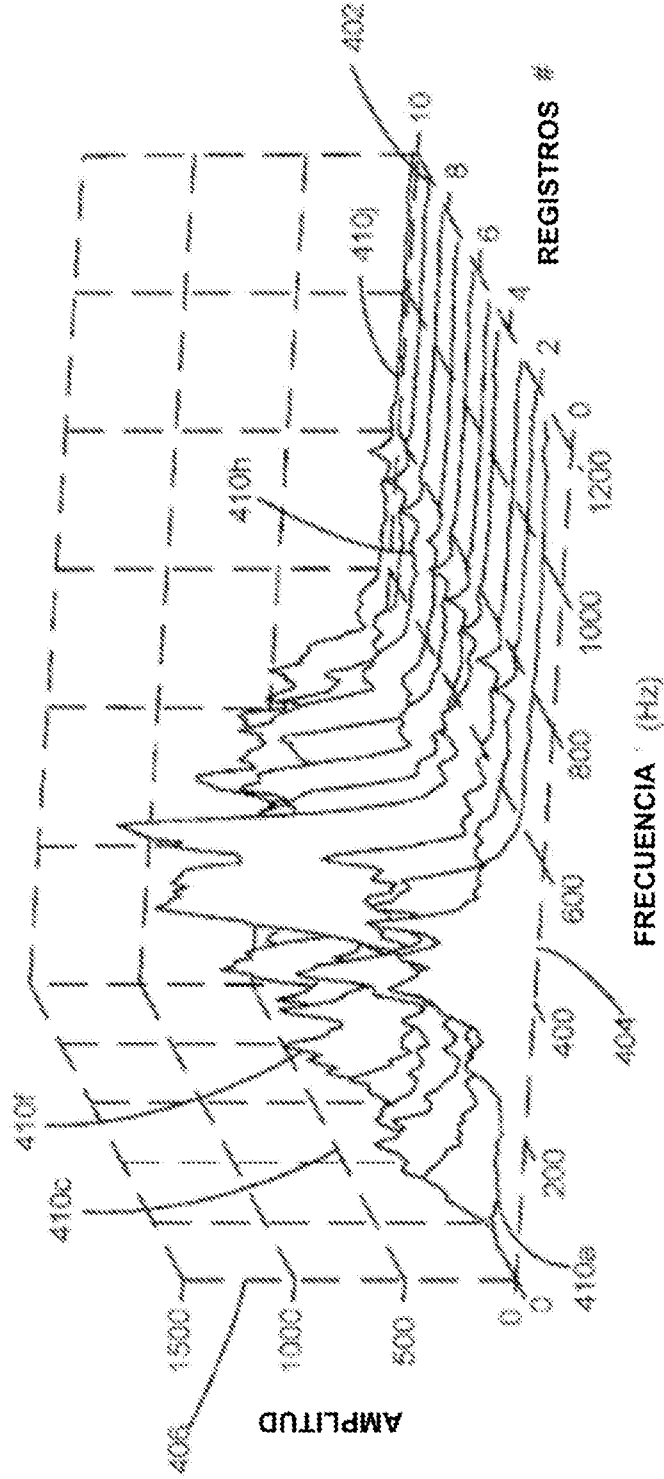


FIG. 4

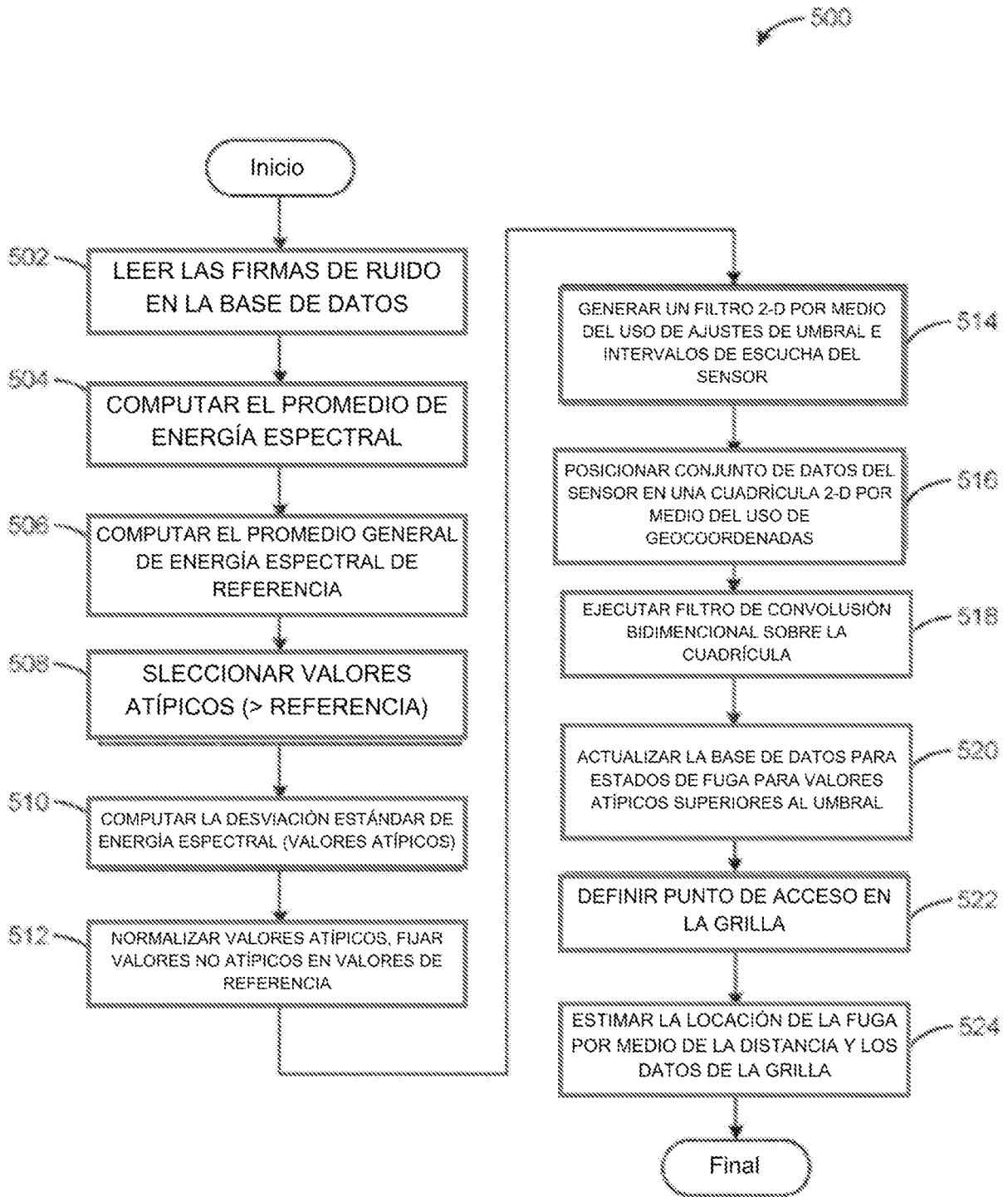


FIG. 5

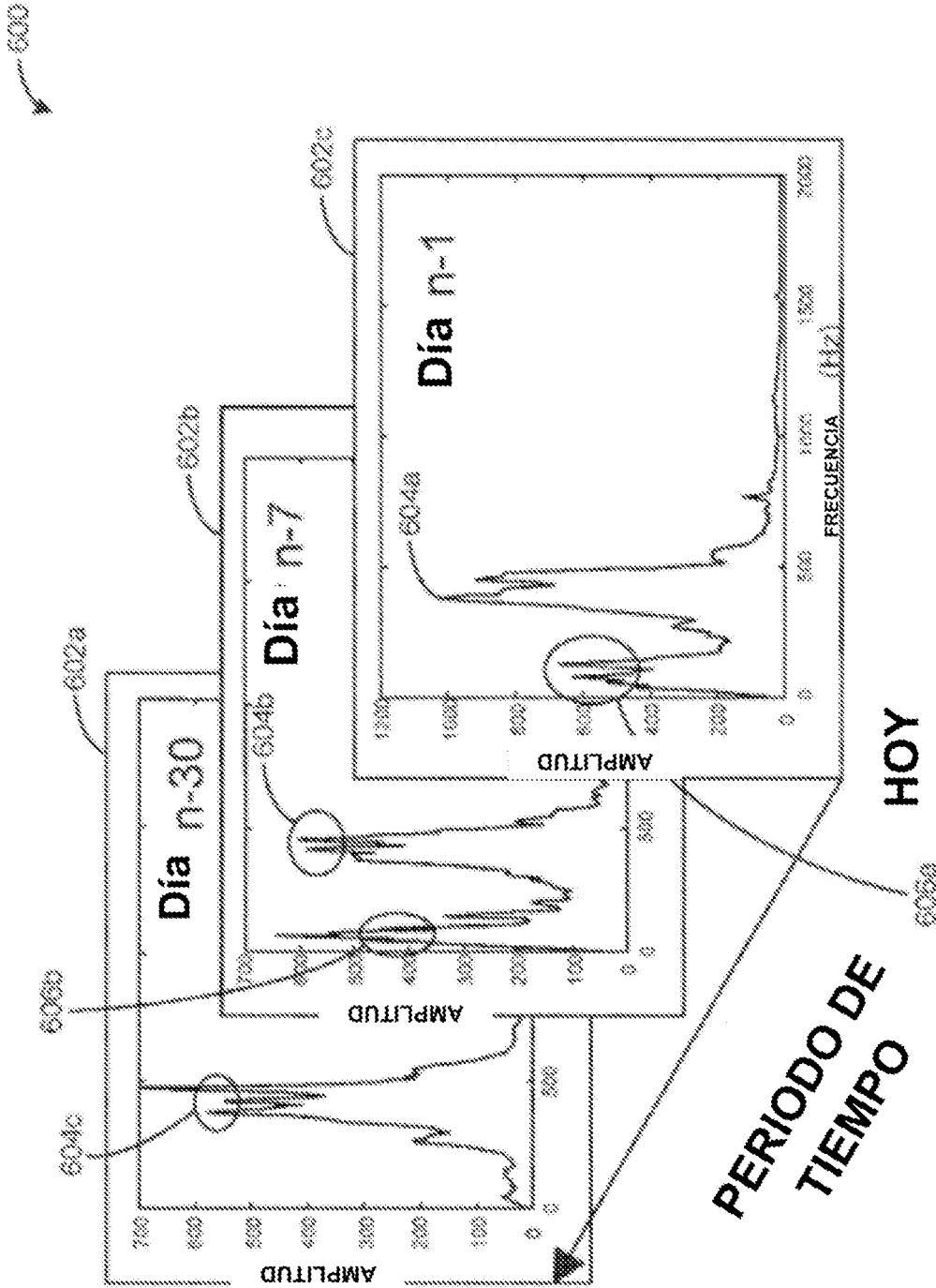


FIG. 6

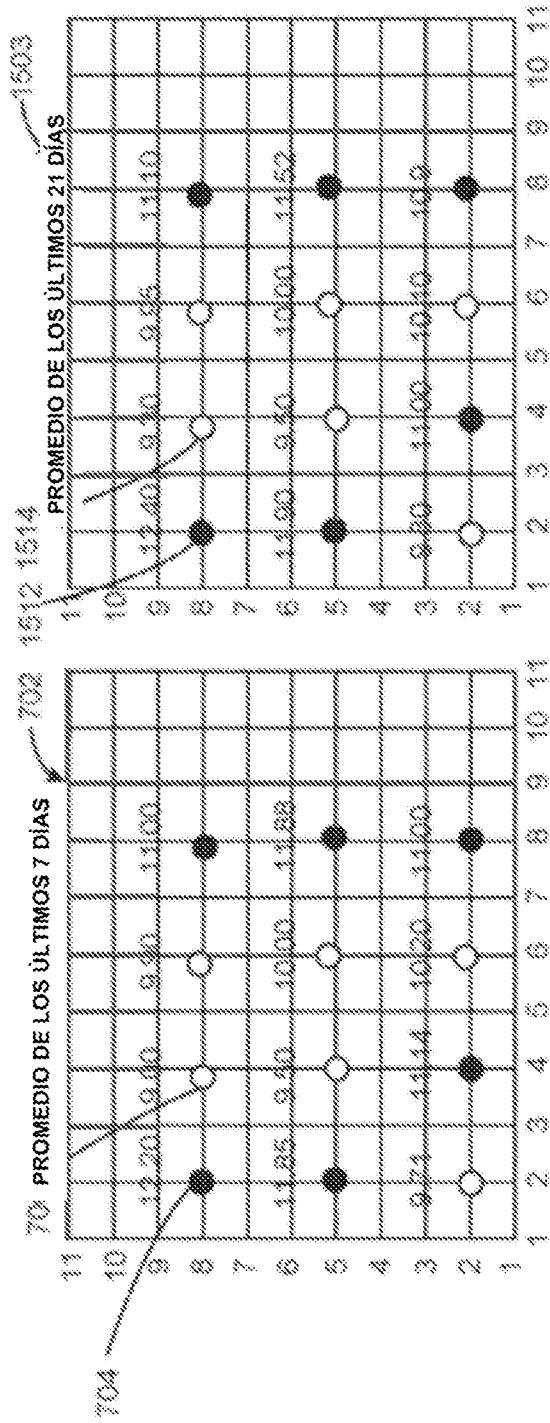


FIG. 7A

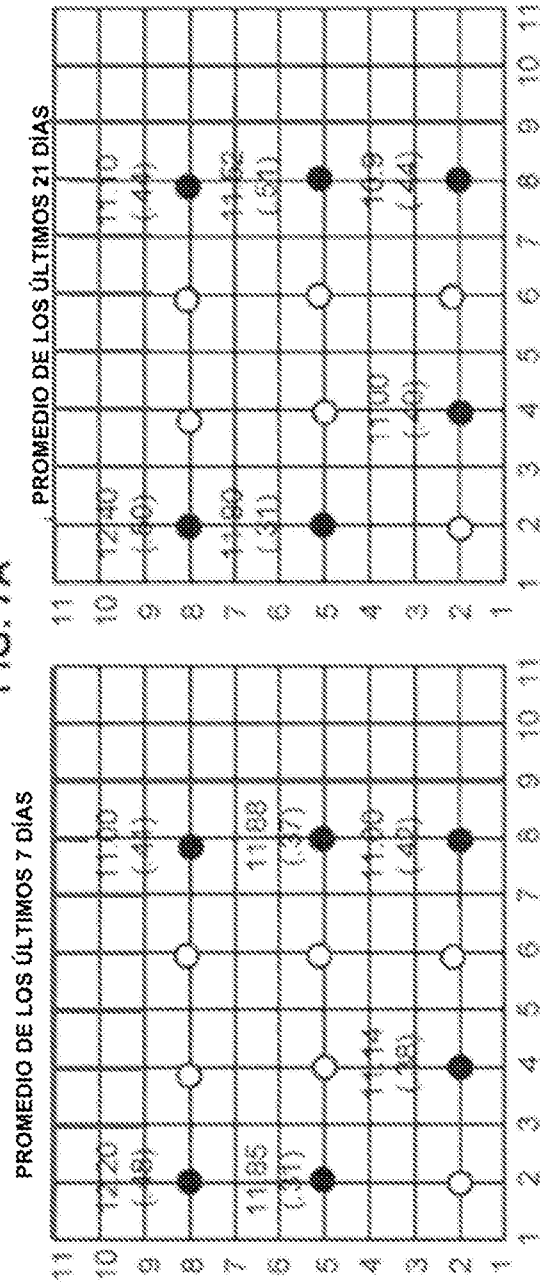


FIG. 7B

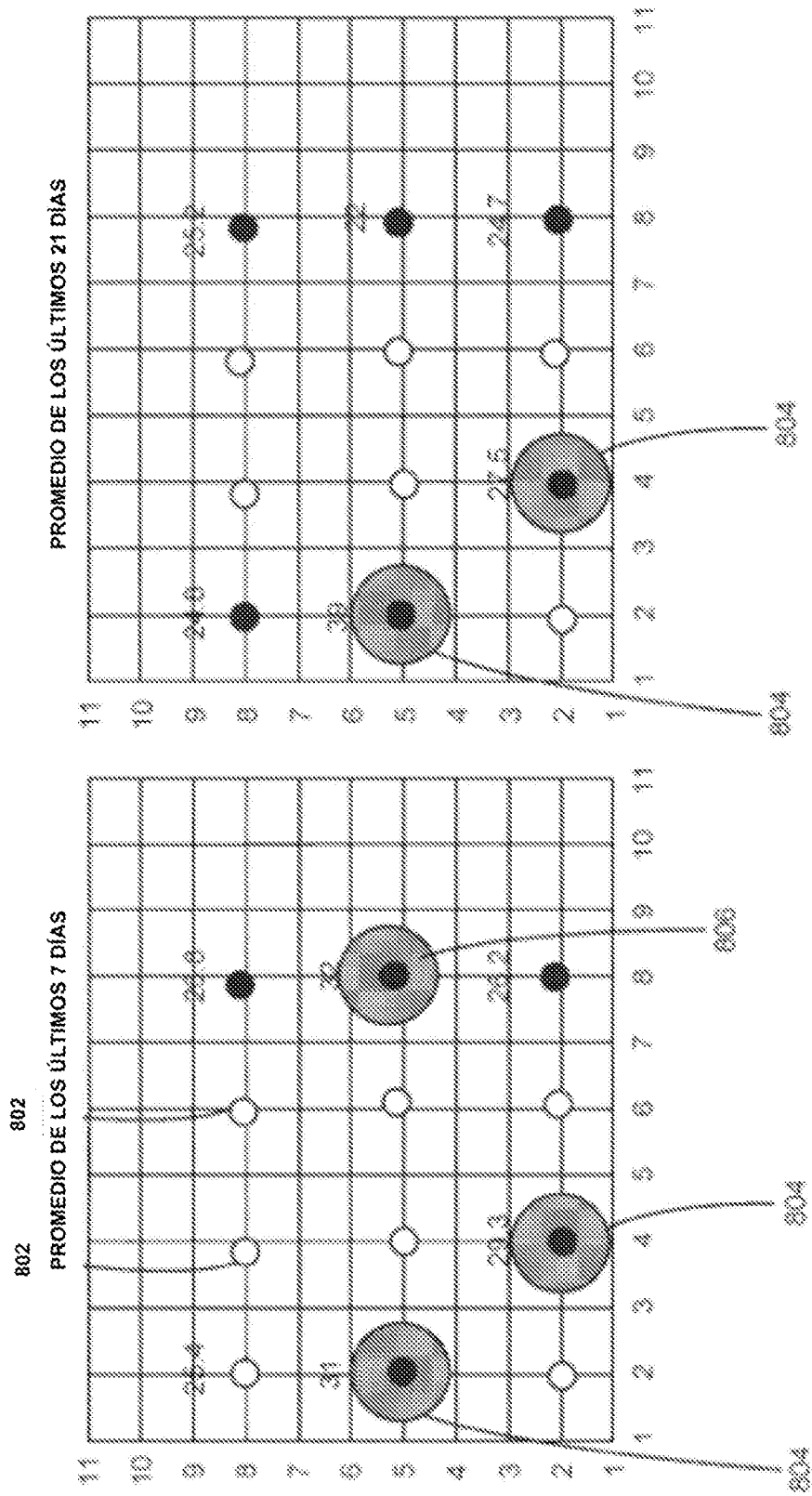


FIG. 8

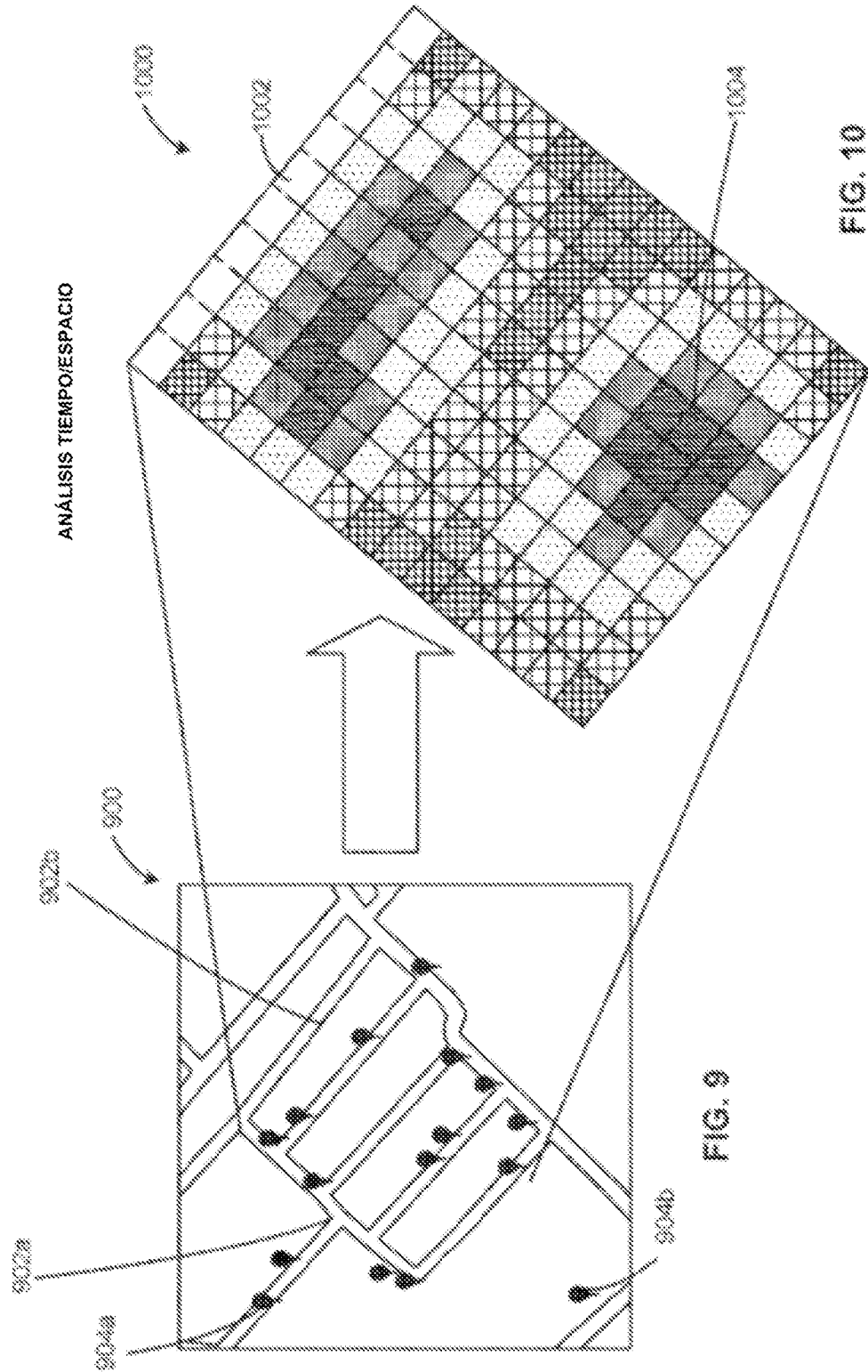


FIG. 9

FIG. 10

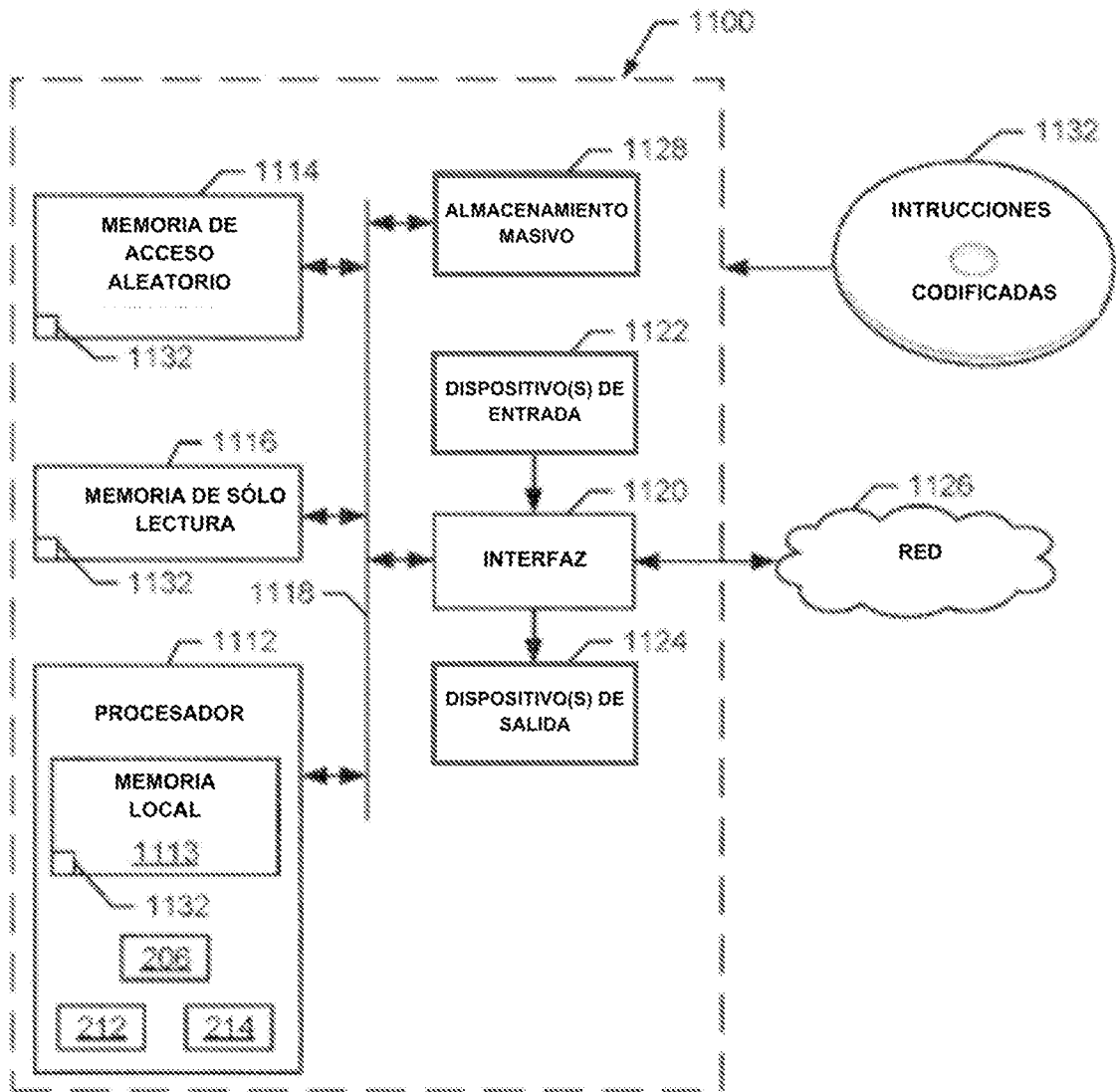


FIG. 11