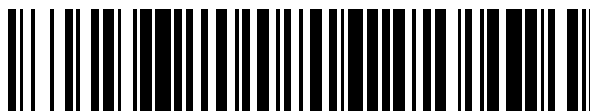


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 525 175**

51 Int. Cl.:

G05B 23/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.01.2012** **E 12151589 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.10.2014** **EP 2477088**

54 Título: **Sistema y método para identificar probables ubicaciones geográficas de anomalías en una red de distribución de agua**

30 Prioridad:

18.01.2011 US 201113008819

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

18.12.2014

73 Titular/es:

TAKADU LTD (100.0%)
4 Derech Hahoresch
56470 Yahud, IL

72 Inventor/es:

ARMON, AMITAI;
SCOLNICOV, HAGGAI;
LINHART, CHAIM y
ZIV, RAZ

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 525 175 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

Sistema y método para identificar probables ubicaciones geográficas de anomalías en una red de distribución de agua

Notificación de Propiedad Intelectual

Una parte de la divulgación de este documento de patente contiene material que está sujeto a protección de propiedad intelectual. El dueño de la propiedad intelectual no tiene ninguna objeción para que cualquier persona reproduzca por facsímil el documento de patente o la divulgación de la patente, como aparece en los expedientes o registros de la Oficina de Patentes y Marcas, pero por otra parte se reserva todos los derechos de propiedad intelectual.

Campo del Invento

El campo del invento se refiere en general a la inspección de sistemas de distribución de recursos, tal como una red de distribución de agua, y a la ubicación de anomalías asociadas con la red distribuida.

Antecedentes del Invento

La Organización de las Naciones Unidas advierte que el uso del agua ha estado creciendo en el último siglo a más del doble de la velocidad de crecimiento de la población, y en un creciente número de regiones hay una escasez de agua crónica. Para 2025 dos terceras partes de la población mundial podrían estar en condiciones de estrés hídrico como resultado del crecimiento de las poblaciones. El agua, especialmente el agua potable, es esencial para todo desarrollo socio-económico y para mantener sana a una población. A medida que las poblaciones aumentan a través del globo, ellas requieren un incremento de la asignación de agua limpia para su uso, lo que tiene como consecuencia un incremento de la escasez de agua.

Un método para abordar la escasez de agua y conservar los recursos es la detección de fugas y otros eventos que ocurren en las redes de distribución de agua. Algunos expertos estiman que las pérdidas debidas a fugas y a robos ascienden a 25-30% del agua que fluye a través de las redes de distribución de agua. Por lo tanto, se puede conservar una cantidad importante de agua simplemente abordando la pérdida de agua en los sistemas que ya son controlados por el hombre.

Tradicionalmente, la detección y la ubicación de fugas han sido efectuadas usando métodos simples y directos, tales como mediciones acústicas o inspección física directa por personal de los servicios, tal como por cuadrillas en el terreno. Sin embargo, estos métodos adolecen de los inconvenientes de requerir mediciones invasivas y posiblemente trabajos de excavación, lo que puede imponer a los operadores del servicio un costo importante tanto en tiempo como en recursos.

Actualmente, existen sistemas para facilitar la detección de fugas y otros eventos anómalos que ocurren en una red de distribución de agua. Por ejemplo, algunos sistemas actuales en el mercado, tales como los sensores de redes de agua que se pueden adquirir en ABB Limited de Inglaterra, o aquellos tratados en patentes tales como las patentes de Estados Unidos Nos. 4.361.060 o 6.970.808, o la solicitud de patente de Estados Unidos No. 0247331, manifiestan que pueden detectar fugas en algunas formas de redes para entrega de recursos. Un sistema mejorado, descrito en la Solicitud de Patente de Estados Unidos No. 12/717.944, titulada "SISTEMA Y METODO PARA INSPECCIONAR RECURSOS EN UNA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA" que es incorporada a la presente por referencia en su totalidad, describe varios sistemas y métodos para detectar anomalías en una red de distribución de agua, usando técnicas estadísticas para proporcionar una mayor probabilidad de exactitud que otros sistemas existentes o propuestos. Estos y otros sistemas identifican la posibilidad de fugas u otras anomalías con algunos datos generales sobre probables ubicaciones, basándose en sensores o medidores afectados.

Se puede lograr un mejor manejo de los recursos mejorando los actuales sistemas para ayudar a los operadores de la red a determinar la ubicación de anomalías detectadas previamente con más precisión, para encontrar con esto las fugas y otras anomalías de una manera mucho más rápida, a fin de confirmarlas y repararlas. Con frecuencia en un escenario típico cuando se de un aviso de una anomalía, el sistema de detección o el proceso de trabajo proporcionará una ubicación general tal como el Area del Distrito Medido (DMA) o parte de la red de distribución de agua, la cual debe ser reducida luego hasta una ubicación exacta por medios secundarios más caros, tal como una inspección realizada por una cuadrilla en el terreno. El costo de determinar tal ubicación exacta es generalmente proporcional al área o a la longitud de la red que debe ser explorada para determinar la anomalía con exactitud.

El documento US 2007/0083398 describe un sistema para gestionar el mantenimiento de una estructura de tuberías.

De este modo, existe la necesidad de sistemas y métodos mejorados para analizar mejor los datos relacionados con eventos anómalos para perfeccionar una ubicación general dada.

Reseña del Invento

Algunas o todas las deficiencias anteriores y otras en la especialidad anterior son resueltas por un método computarizado y un sistema correspondiente para determinar una o más ubicaciones geográficas estadísticamente probables de una anomalía de la que se sospecha que ha ocurrido en una región o zona de una red de distribución de agua. La red de distribución de agua está formada por una red de tuberías para entregar el agua a los consumidores y tiene medidores, a menudo muchos medidores, colocados dentro de la red de distribución de agua. Los medidores son colocados típicamente por la empresa distribuidora de agua en diversas posiciones irregulares a través de toda la red y proporcionan un conjunto incompleto de datos con respecto al caudal y a la condición del agua en el conjunto de la red. Los sensores miden cantidades tales como caudal, presión, niveles de los depósitos, acidez, turbiedad, cloración, ruido. Los medidores pueden estar colocados en el interior o al exterior de las tuberías, cerca de los dispositivos de la red, o en otras ubicaciones arbitrarias. En particular, para los fines de los inventos descritos en la presente, los medidores están colocados dentro de la región o zona de la anomalía, próximos a ésta, o en ubicaciones relacionadas hidráulicamente con ella y captan datos cuyos valores pueden ser afectados por la ocurrencia de la anomalía o por la ocurrencia de una anomalía en esa zona.

De acuerdo con algunos aspectos del invento, el método incluye recibir datos de eventos de anomalías, representando los datos de eventos de anomalías una indicación de una anomalía que ocurre o que ha ocurrido dentro de una región o zona de la red de distribución de agua. Los tipos de anomalías incluyen fugas, pérdida de presión, aumento inusitado en el consumo o en el caudal del agua, aumento de la turbiedad, cambios poco seguros o desacostumbrados en los niveles de cloro, cambios poco seguros o desacostumbrados en los niveles de pH, y lo análogo. En algunos ejemplos del método, la recepción de datos de eventos de anomalías incluye recuperar los datos de eventos de anomalías de una base de datos o recibir los datos de eventos de anomalías a través de una red. Los datos de eventos de anomalías están asociados con datos de medidor producidos por uno o más de los medidores, típicamente por lo menos por los medidores que están afectados por la anomalía o de los cuales se recibió los datos de medidor por los cuales se detectó la anomalía. Puede haber también una lista predeterminada de medidores que son relevantes para esa zona, por ejemplo, en un DMA se puede definir los medidores relevantes como todo los medidores de presión y caudal en el perímetro de ese DMA y dentro de éste. Los datos de eventos de anomalías pueden incluir también datos computados previamente sobre la magnitud de la anomalía, la probabilidad estadística de la ocurrencia de una anomalía de este tipo, la región o zona en la red de distribución de agua en la cual se detectó la anomalía, y otra información.

En algunas realizaciones, el método incluye recibir un valor predicho o esperado de alguno o de todos los sensores (o una distribución de valores esperada). Tales valores pueden ser derivados de un valor modelado, predicho o esperado o de una predicción estadística basada en datos de medidor y otros datos secundarios, por ejemplo, como se describe en la Solicitud de EE.UU. No. 12/717.944, que pueden haber sido calculados ya por el motor detector de anomalías y recibidos de éste.

De acuerdo con algunas realizaciones del método computarizado, se efectúa una pluralidad de pruebas en los datos de eventos de anomalías, estando diseñada cada prueba para determinar estadísticamente una probable ubicación geográfica de la anomalía dentro de la región o zona, y produciendo cada prueba un resultado. Algunas de las pruebas se realizan usando los datos de eventos de anomalías y sus datos de medidor asociados. Algunas pruebas, por ejemplo aquellas relacionadas con fugas, son efectuadas en datos de medidor que representan algunas de las siguientes cantidades: caudal, presión, niveles de depósitos, ruido u otros indicadores de actividad hidráulica.

En algunas realizaciones, dos o más de las pruebas se efectúan en paralelo en los datos de eventos de anomalías. De este modo, todas estas pruebas utilizan los mismos datos de eventos de anomalías como entradas, pueden usar también otros conjuntos de datos diferentes, y producir como informaciones de salida una o más probables ubicaciones de la anomalía. En otras realizaciones, una o más de las pruebas se efectúan en los datos de eventos de anomalías y/o en el resultado de otra de las pruebas. De este modo, en algunos casos, las pruebas se efectúan en las probables ubicaciones identificadas por otras pruebas, por ejemplo, para eliminar algunas de las probables ubicaciones, basándose en otros datos tales como datos externos sobre la red de distribución de agua. En otras realizaciones, ciertas pruebas son efectuadas en forma repetida en conjuntos de datos de eventos de anomalías recibidos a lo largo del tiempo que representan una indicación de que la misma anomalía continúa ocurriendo en la red de distribución de agua en momentos diferentes. Después se pueden combinar los resultados de estas pruebas para determinar una probable ubicación de la anomalía.

En algunas realizaciones, se usan en las pruebas datos secundarios que representan información adicional distinta a los datos de medidor acerca de la red de distribución de agua o condiciones que afectan el consumo del agua entregada por la red de distribución de agua. Algunos ejemplos de datos secundarios incluyen uno o más de los siguientes: datos de mapa que representan un mapa geográfico o esquemático de la red de distribución de agua; datos históricos que representan datos de medidor pasados para los datos de medidor asociados con los datos de eventos de anomalías; datos de reparaciones que representan una o más reparaciones efectuadas en la red de distribución de agua; y datos externos que representan el tiempo u otras condiciones atmosféricas que afectan el consumo de agua en la red de distribución de agua. Los datos de manejo de los bienes, tales como las edades y los materiales de las tuberías y otros bienes de la red, y otros datos que indican una anomalía, tales como informes de

los consumidores sobre fallas del servicio o avistamientos de un reventón visible.

En algunas realizaciones, una de las pruebas efectuadas incluye comparar uno o más valores afectados de los datos de medidor a través de una pluralidad de los medidores e identificar uno o algunos de los medidores como los más afectados por la anomalía. El área que está más próxima a aquellos sensores que son los más afectados se identifica como una probable ubicación de la anomalía. Por ejemplo, donde los datos de eventos de anomalías representan una indicación de una fuga, los valores afectados que están siendo comparados pueden ser valores de caudal o presión en los medidores. Se puede comparar los uno o más valores afectados de los datos de medidor de una o más maneras, tal como computando un aumento absoluto en los uno o más valores afectados en cada uno de los medidores en relación con un valor predicho o esperado y comparando los aumentos absolutos a través de los medidores, computando un aumento relativo en los uno o más valores afectados en cada uno de los medidores en relación con un valor predicho y esperado y comparando los aumentos relativos a través de los medidores, y computando una probabilidad estadística en el cambio en los uno o más valores afectados en cada uno de los medidores en relación con un valor predicho o esperado y comparando los cambios estadísticos a través de los medidores.

En algunas realizaciones, otra de las pruebas efectuadas implica computar un cambio en uno o más valores de parámetros en datos de medidor afectados por la anomalía, a partir de uno o más valores anteriores de tales parámetros de tales medidores como entre uno o más pares de medidores conectados hidráulicamente entre sí a lo largo de una sección de la red de distribución de agua. Por ejemplo, esto puede incluir computar una caída de presión entre uno o más pares de medidores conectados hidráulicamente y una caída de presión anterior o esperada de otro modo entre los uno o más pares de medidores conectados hidráulicamente. Si cualquiera de los uno o más cambios computados es estadísticamente significativo, la sección de la red de agua entre el par de medidores conectados hidráulicamente es identificada como una probable ubicación de una anomalía en cantidad relacionada. En el ejemplo anterior, un aumento o una reducción anómala en la caída de presión indica una anomalía correspondiente en el caudal entre estos dos sensores, indicando a su vez una anomalía tal como una fuga entre esos sensores o aguas abajo de ellos.

En otra prueba efectuada de acuerdo con algunas realizaciones, se reciben datos de eventos de anomalías anteriores que representan una o más ocurrencias anteriores del mismo tipo de anomalía en la red de distribución de agua y una ubicación geográfica de cada una de las una o más ocurrencias anteriores. La prueba incluye después comparar los datos de los eventos de anomalías con los datos de los eventos de anomalías anteriores, por ejemplo comparando estadísticamente parámetros en los datos de los eventos de anomalías con parámetros correspondientes de los datos de eventos de anomalías anteriores. La ubicación geográfica de los datos de eventos de anomalías anteriores es identificada después como una probable ubicación de la anomalía si los parámetros de los datos de eventos de anomalías son estadística y significativamente similares a los parámetros de los datos de anomalías anteriores. En realizaciones particulares, se calculan las relaciones entre cada una de una pluralidad de anomalías anteriores agrupando la pluralidad de datos de eventos de anomalías anteriores basándose en los datos de medidor asociados y las ubicaciones asociadas de cada una de la pluralidad de anomalías anteriores. Después se puede identificar una probable ubicación de la anomalía comparando los datos de eventos de anomalías con los datos de anomalías anteriores agrupados y seleccionando una agrupación que se aproxime más a los datos de anomalías asociados: la probable ubicación identificada es un área que contiene aproximadamente todos los eventos anteriores en esa agrupación.

En otra posible prueba más para usar de acuerdo con realizaciones del presente invento, se reciben datos secundarios que representan información adicional distinta a datos de medidor acerca de la red de distribución de agua, donde los datos secundarios representan, por ejemplo, condiciones que afectan el consumo del agua entregada por la red de distribución de agua, o el entorno de la red o de las operaciones de la empresa distribuidora. La prueba incluye después correlacionar los datos de eventos de anomalías anteriores y los datos secundarios y comparar los datos de eventos de anomalías con los datos de eventos de anomalías anteriores correlacionados y los datos secundarios. La correlación puede incluir construir una distribución de datos de ubicación geográfica o en la red de anomalías anteriores. Una probable ubicación de la anomalía puede ser identificada después analizando los datos de eventos de anomalías comparados con la distribución de datos de ubicación geográfica o en la red. Esta prueba puede efectuarse, en algunas realizaciones, construyendo una distribución de datos de red de la segunda red de distribución de agua e identificando una probable ubicación de la anomalía analizando los datos de eventos de anomalías comparados con la distribución de datos de red de la segunda red de distribución de agua. Por ejemplo, el análisis de eventos anteriores en la segunda red de distribución de agua puede proporcionar una estimación de la probabilidad de reventones en tuberías de diversos materiales y edades, la que podría aplicarse después a la red que está siendo considerada.

Una prueba adicional efectuada en algunas realizaciones incluye calcular un tiempo de detección de la anomalía en cada medidor y datos que indican una velocidad de propagación a través de cada tubería en la red de distribución de agua para la anomalía detectada. La prueba incluye después calcular la probable ubicación de la anomalía combinando el tiempo de detección de la anomalía y la velocidad de propagación a lo largo de la red o como sea apropiado, para determinar una ubicación o ubicaciones donde las diferencias entre los tiempos de llegada medidos concuerdan con los tiempos de llegada esperados.

Una prueba adicional, efectuada en algunas realizaciones, incluye eliminar una probable ubicación comparando características de la anomalía y restricciones fijas o datos secundarios tales como datos de diámetro de las tuberías, datos de fallas del servicio, y datos de trazado de la red. De esta manera, si una probable ubicación tiene la anomalía que ocurre en una sección de la red de agua en la que tal anomalía no podría ocurrir, tal como un reventón que es mayor que el caudal típico a través de esa tubería, no sería tomada en cuenta. De una manera similar, una ruptura entre dos zonas o DMAs puede ocurrir solamente donde hay válvulas que conectan las dos zonas de la ruptura: es menos posible (o imposible) un consumo anormalmente elevado de ciertas magnitudes en muchas conexiones de servicio residencial que en una conexión comercial o industrial; y una anomalía identificada como un posible caso de robo de agua podría ser característica del robo desde un grifo para incendios o una conexión expuesta de una manera similar.

Los resultados de estas pruebas son la identificación de probables ubicaciones de la anomalía. Los resultados son combinados después para generar puntuaciones de las probables ubicaciones determinadas para la anomalía. La ubicación o las ubicaciones más probables son presentadas después a un usuario, posiblemente con las puntuaciones asociadas. Otros datos relacionados con la anomalía pueden ser informados también con la(s) probable(s) ubicación(es), para ayudar al usuario a perfeccionar la ubicación, incluyendo características de la anomalía y datos asociados con anomalías relacionadas detectadas anteriormente.

De acuerdo con un aspecto del invento, se proporciona un método computarizado para determinar una o más ubicaciones geográficas estadísticamente probables de una anomalía en una región o zona de una red de distribución de agua, comprendiendo la red de distribución de agua por lo menos una red de tuberías para entregar agua a los consumidores y una pluralidad de medidores ubicados dentro de la red de distribución de agua que incluyen una pluralidad de medidores que captan datos relacionados con la distribución del agua dentro de la región o zona de la anomalía, comprendiendo el método: recibir datos de eventos de anomalías, representando los datos de eventos de anomalías una indicación de una anomalía que ocurre o que ha ocurrido dentro de la región o zona de la red de distribución de agua, estando asociados los datos de eventos de anomalías con los datos de medidor generados por uno o más de los medidores; realizar una pluralidad de pruebas en los datos de eventos de anomalías diseñada cada una para determinar estadísticamente una probable ubicación geográfica de la anomalía dentro de la región o zona, produciendo la realización de cada prueba un resultado; combinar los resultados de la pluralidad de pruebas para generar puntuaciones para las probables ubicaciones geográficas de la anomalía; y presentar a un usuario una o más de las probables ubicaciones determinadas.

El método computarizado puede comprender recibir los datos de medidor asociados con los datos de eventos de anomalías recibidos, y porque la realización de una pluralidad de pruebas comprende realizar por lo menos una prueba en los datos de eventos de anomalías y los datos de medidor asociados. Recibir los datos de medidor comprende recibir datos de medidor que representan el caudal o la presión del agua en la red de distribución de agua.

El método computarizado puede comprender recibir datos secundarios que representan información adicional distinta de los datos de medidor acerca de la red de distribución de agua o condiciones que afectan al consumo del agua entregada por la red de distribución de agua y realizar las pruebas puede comprender por tanto realizar por lo menos una prueba en los datos de eventos de anomalías y los datos secundarios recibidos. Recibir datos secundarios puede comprender recibir datos secundarios seleccionados del grupo que comprende: datos de mapa que representan un mapa geográfico de la red de distribución de agua; datos históricos que representan datos de medidor pasados para los datos de medidor asociados con los datos de eventos de anomalías; datos de reparación que representan una o más reparaciones efectuadas en la red de distribución de agua; y datos externos que representan condiciones atmosféricas u otras condiciones que afectan al consumo de agua en la red de distribución de agua.

Realizar una pluralidad de pruebas puede comprender realizar dos o más de las pruebas en paralelo en los datos de eventos de anomalías.

Realizar una pluralidad de pruebas puede comprender realizar por lo menos una de las pruebas en los datos de eventos de anomalías y el resultado de otra de las pruebas.

Recibir datos de eventos de anomalías puede comprender recibir una pluralidad de conjuntos de datos de eventos de anomalías a través del tiempo que representan una indicación de la misma anomalía que continúa ocurriendo en la red de distribución de agua en momentos diferentes, y realizar una pluralidad de pruebas puede comprender por tanto realizar repetidas veces por lo menos una de las pruebas, siendo cada realización en cada uno de los conjuntos de datos de eventos de anomalías recibidos.

Recibir datos de eventos de anomalías puede comprender recuperar los datos de eventos de anomalías de una base de datos.

Recibir datos de eventos de anomalías puede comprender recibir los datos de eventos de anomalías a través de una red.

El método computarizado puede comprender recibir los datos de medidor asociados con los datos de eventos de anomalías, incluyendo los datos de medidor uno o más valores de parámetros afectados por la anomalía, donde realizar una pluralidad de pruebas comprende realizar por lo menos una de las pruebas comparando los uno o más valores afectados de los datos de medidor a través de una pluralidad de medidores e identificar uno de los medidores como el más afectado por la anomalía. Comparar los uno o más valores afectados de los datos de medidor puede comprender por lo menos uno de: computar un aumento absoluto en los uno o más valores afectados en cada uno de los medidores en relación con un valor predicho o esperado y comparar los aumentos absolutos a través de los medidores; computar un aumento relativo en los uno o más valores afectados en cada uno de los medidores en relación con un valor predicho o esperado y comparar los aumentos relativos a través de los medidores; y computar un cambio estadístico en los uno o más valores afectados en cada uno de los medidores en relación con un valor predicho o esperado y comparar los cambios estadísticos a través de los medidores. Los datos de eventos de anomalías pueden representar una indicación de una fuga, y comparar uno o más valores afectados puede comprender por tanto comparar valores de caudal o de presión en los medidores.

El método computarizado puede comprender recibir los datos de medidor asociados con los datos de eventos de anomalías que incluyen uno o más valores de parámetros afectados por la anomalía, y recibir datos de medidor anteriores que presentan datos proporcionados por los medidores de uno o más momentos anteriores a la ocurrencia de la anomalía que incluyen uno o más valores anteriores de los parámetros afectados por la anomalía, y donde realizar una pluralidad de pruebas comprende realizar por lo menos una de las pruebas: computando un cambio en los uno o más valores de la diferencia entre los valores de un par de medidores conectados hidráulicamente entre sí a partir de uno o más valores anteriores o esperados de esa diferencia; determinando si cualquiera de los uno o más cambios computados es estadísticamente significativo; e identificando la sección entre un par de medidores conectados hidráulicamente como una probable ubicación de la anomalía si se determina que el cambio en uno o más valores entre tales medidores conectados hidráulicamente es estadísticamente significativo. Recibir los datos de medidor y los datos de medidor anteriores comprende recibir valores de presión y valores de presión anteriores, respectivamente, donde computar un cambio comprende computar una caída de presión entre uno o más pares de medidores conectados hidráulicamente y una caída de presión anterior entre los uno o más pares de medidores conectados hidráulicamente.

El método computarizado puede comprender recibir datos de eventos de anomalías anteriores que representan una o más ocurrencias anteriores del mismo tipo de anomalía en la red de distribución de agua y una ubicación geográfica de cada una de las una o más ocurrencias anteriores, donde realizar una pluralidad de pruebas comprende realizar por lo menos una de las pruebas comparando los datos de eventos de anomalías con los datos de eventos de anomalías anteriores. Comparar los datos de eventos de anomalías con los datos de eventos de anomalías anteriores puede comprender: comparar estadísticamente parámetros en los datos de eventos de anomalías con parámetros correspondientes en los datos de eventos de anomalías anteriores; e identificar la ubicación geográfica de los datos de eventos de anomalías anteriores como una probable ubicación de la anomalía si los parámetros de los datos de eventos de anomalías son similares de una manera estadísticamente significativa a los parámetros de los datos de anomalías anteriores. El método computarizado puede comprender por tanto calcular las relaciones entre cada una de la pluralidad de anomalías anteriores agrupando la pluralidad de datos de eventos de anomalías anteriores basándose en las ubicaciones asociadas de cada una de la pluralidad de anomalías anteriores, donde identificar una probable ubicación de la anomalía comprende comparar datos de eventos de anomalías con los datos de anomalías anteriores agrupados y seleccionar una agrupación más próxima a los datos de anomalías asociados.

El método computarizado puede comprender recibir datos secundarios que representan información adicional distinta a los datos de medidor acerca de la red de distribución de agua o condiciones que afectan el consumo del agua entregada por la red de distribución de agua, y realizar una pluralidad de pruebas comprende realizar por lo menos una de las pruebas correlacionando los datos de eventos de anomalías anteriores y los datos secundarios y comparando los datos de eventos de anomalías con los datos de eventos de anomalías anteriores y los datos secundarios correlacionados. Correlacionar los datos de eventos de anomalías anteriores y los datos secundarios puede comprender construir una distribución de datos de ubicación geográfica o en la red de anomalías anteriores, donde identificar una probable ubicación de la anomalía comprende analizar los datos de eventos de anomalías comparados con la distribución de datos de ubicación geográfica o en la red. Correlacionar los datos de eventos de anomalías anteriores y los datos secundarios puede comprender construir una distribución de datos de red de una segunda red de distribución de agua; donde identificar una probable ubicación de la anomalía comprende analizar los datos de eventos de anomalías contra la distribución de datos de la red de la segunda red de distribución de agua.

Realizar una pluralidad de pruebas puede comprender realizar por lo menos una de las pruebas: recibiendo un tiempo de detección de la anomalía por lo menos de uno de la pluralidad de medidores afectados por la anomalía; recibiendo datos que indican una velocidad de propagación a lo largo de la red de la anomalía detectada; y calculando la probable ubicación de la anomalía combinando el tiempo de detección de la anomalía y la velocidad de propagación para determinar una ubicación donde las diferencias entre los tiempos de llegada medidos concuerdan con los tiempos de llegada esperados.

Presentar la probable ubicación de la anomalía puede comprender además eliminar una probable ubicación de la anomalía comparando características de la anomalía y restricciones fijas. Las restricciones fijas se seleccionan del conjunto que comprende: datos de diámetro de tubería, datos de fallas del servicio y datos de trazado de la red.

- 5 Presentar la probable ubicación de la anomalía con una puntuación asignada a la ubicación de la anomalía puede comprender además presentar una ruta de la red que probablemente contenga la probable ubicación de la anomalía.

El método computarizado comprende informar de características de la anomalía y datos asociados con anomalías relacionadas detectadas anteriormente.

- 10 De acuerdo con un aspecto del invento, se proporciona un sistema computarizado para determinar una o más ubicaciones probables de una anomalía, estando dispuestas las una o más probables ubicaciones de la anomalía a través de una red de distribución de agua, comprendiendo la red de distribución de agua por lo menos una red de tuberías para entregar agua a los consumidores y una pluralidad de medidores colocados dentro de la red de distribución de agua, comprendiendo el sistema: una base de datos de información de la red para recibir datos de anomalías, representando los datos de anomalías una indicación de una anomalía que ha ocurrido dentro de la red de distribución de agua, estando asociada la indicación de la anomalía con datos de medidor producidos por uno o más de los medidores; un motor de análisis para realizar una pluralidad de pruebas separadas para determinar estadísticamente una probable ubicación de la anomalía combinando estadísticamente los resultados de la pluralidad de pruebas a fin de generar puntuaciones para cada una de las probables ubicaciones de la anomalía; y un módulo de interfaz de usuario para presentar a un usuario las probables ubicaciones y las puntuaciones asociadas.

- 25 El motor de análisis puede realizar pasos para calcular la probable ubicación de la anomalía que comprenden comparar magnitudes de los datos producidos por la pluralidad de medidores afectados por la anomalía; e informar de una indicación de la probable ubicación de la anomalía a un usuario a través de una interfaz de usuario.

- 30 El módulo de interfaz de usuario puede recuperar además de la base de datos de anomalías la probable ubicación de la anomalía y la puntuación asignada a la ubicación de la anomalía e informar a un usuario de la ubicación de la anomalía y la puntuación asignada a la ubicación de la anomalía.

- 35 Una prueba realizada por el motor de análisis puede comprender: recibir datos que indican la ocurrencia de una pluralidad de anomalías anteriores; calcular las relaciones entre cada una de la pluralidad de anomalías anteriores agrupando la pluralidad de anomalías anteriores basándose en eventos comunes y ubicaciones asociadas de cada una de la pluralidad de anomalías anteriores; y predecir la ubicación de la anomalía comparando datos de anomalías asociados con datos de agrupaciones y seleccionar la agrupación más próxima a los datos de anomalías asociados.

Breve Descripción de los Dibujos

- 40 El invento se ilustra en las figuras de los dibujos acompañados que se dan a modo de ejemplo y no son limitativas, y en las cuales se tiene la intención que referencias similares se refieran a partes similares o correspondientes, y en las cuales:

- 45 Las Figuras 1 y 2 presentan diagramas de bloques que ilustran sistemas para localizar anomalías dentro de una red de distribución de agua de acuerdo con realizaciones del presente invento.

Las Figuras 3 a 11 presentan diagramas de flujo que ilustran métodos para localizar anomalías dentro de una red de distribución de agua de acuerdo con realizaciones del presente invento; y

- 50 Las Figuras 12 a 14 presentan impresiones de pantalla que muestran una interfaz de usuario de Web que presenta información sobre eventos generada por el motor de geolocalización, de acuerdo con realizaciones del presente invento.

Descripción Detallada de las Realizaciones

- 55 En la descripción que sigue, se hace referencia a los dibujos acompañados que forman una parte de ésta, y en los cuales se muestra a modo de ilustración realizaciones específicas en las que se puede practicar el invento. Debe entenderse que es posible utilizar otras realizaciones y realizar cambios estructurales sin apartarse del alcance del presente invento.

- 60 La Figura 1 representa un diagrama de bloques que ilustra una realización de un sistema para localizar anomalías dentro de una red de distribución de agua. Como se muestra en la Figura 1, el sistema incluye un Motor de Geolocalización 100 compuesto por varios módulos de programas y bases de datos residentes en el equipo físico de un computador y que realizan las funciones que serán descritas más adelante. El Motor de Geolocalización 100 puede incluir uno o más dispositivos de procesamiento que realizan las operaciones descritas más adelante en respuesta a instrucciones ejecutables. El Motor de Geolocalización 100 analiza datos recibidos del Motor de

Anomalías 110, el cual recibe a su vez datos de la Base de Datos de la Red 120. La Base de Datos de la Red 120 recibe información de diferentes medidores, sensores, dispositivos de lectura u otros datos relacionados con una red de distribución (no se muestran). Un experto en la especialidad podrá apreciar que a menos que el contexto específico indique explícitamente otra cosa, en la forma en que son usados en la presente, los términos “medidor” y “sensor” se refieren generalmente a la misma clase de dispositivos de la red e incluyen cualquier medidor, sensor, calibrador u otro dispositivo capaz de medir parámetros o valores o un estímulo, especialmente estímulos relacionados con una red de distribución de agua. Se pueden usar diferentes tipos de sensor (para diferentes tipos de anomalías, incluyendo calidad de agua, acústica). Las cantidades que están siendo comparadas dependen del tipo de sensor. Por ejemplo, con medidores de caudal el sistema compara el cambio en el caudal (relativo o absoluto); con medidores de presión el sistema puede comparar la pérdida de carga o caída de presión entre pares de sensores hidráulicamente adyacentes, que indica el caudal a lo largo de las secciones de tubería que los conectan.

Como se describe más adelante en forma más detallada, la ubicación geográfica o en la red de una anomalía detectada por el Motor de Anomalías 110 es calculada por el Motor de Geolocalización 100 como se describe más adelante. El sistema almacena, manipula e informa al usuario, regiones en la forma de partes de una red definidas previamente (tal como un DMA, o zona de presión), un polígono en un mapa geográfico, una serie de direcciones (en una realización a partir de datos procedentes de un sistema de información geográfica (GIS), o un conjunto de bienes de la red marcados o nombrados, tales como tramos de tubería. Las anomalías y los eventos identificados por el Motor de Anomalías 110 incluyen fugas, reventones, consumo de agua inesperado, válvulas que han sido rotas o abiertas por equivocación, medidores defectuosos, problemas de calibración de los medidores, cambios en la calidad del agua, otros temas importantes para la cantidad del agua que está siendo entregada por la red, funcionamiento defectuoso de los dispositivos de la red, y otros temas conocidos por los expertos en la especialidad.

Como se muestra en la Figura 1, cuando el Motor de Geolocalización 100 ha calculado información de ubicación, esa información es transmitida a la Interfaz de Usuario 130.

Aunque se ilustra como un solo sistema, en varias realizaciones el sistema ilustrado puede ser integrado y/o distribuido a través de múltiples dispositivos físicos y puede estar distribuido en forma lógica, física o geográfica. El Motor de Geolocalización 100 puede ser cualquier dispositivo de procesamiento físico adecuado que realice operaciones de procesamiento como se describe en la presente, en respuesta a instrucciones ejecutables. El Motor de Geolocalización 100 puede incluir también cualquier tipo adecuado de dispositivo de almacenamiento que opere para almacenar datos en forma electrónica.

Un experto en la especialidad podrá apreciar también que si hay múltiples oportunidades de medición independientes, éstas son combinadas como pruebas de repetición para mejorar la exactitud, por ejemplo, cuando hay una anomalía prolongada (proporcionando mediciones que cronológicamente están suficientemente distanciadas para que sean estadísticamente independientes) o una anomalía recurrente tal como una fuga que es activa sólo en la noche, o un consumidor que hace un uso excepcional en horas específicas.

La Figura 2 presenta un diagrama de bloques que ilustra otros detalles de un sistema para localizar anomalías en una red de distribución de agua de acuerdo con ciertas realizaciones. En una realización, los elementos 200a-200c forman el Motor de Geolocalización 100 de la Figura 1. La Figura 2 incluye el Motor de Geolocalización 200, el Motor de Anomalías 210, el Detector de Anomalías 211, Datos Externos 212, Base de Datos de la Red 220, e Interfaz de Usuario 230.

En una realización, los Módulos de Geolocalización 200a contienen un número N de módulos individuales que usan diversas técnicas separadas y distintas para predecir estadísticamente la ubicación o la ubicación estadísticamente probable de una anomalía que ocurre en algún lugar de la red de distribución de agua. Como se describe mejor más adelante, los Módulos de Geolocalización 200a analizan conjuntos de datos recibidos del Motor de Anomalías 210, el Detector de Anomalías 211, y Datos Externos 212. Un informe típico de anomalías incluye un tipo de la anomalía, una ubicación aproximada, un tiempo de inicio o detección, opcionalmente un tiempo final, opcionalmente datos de medidor relevantes, o indicación de los medidores relevantes, y opcionalmente otras características recibidas del motor detector de anomalías, tales como la magnitud del evento. Los Módulos de Geolocalización 200a usan en forma paralela múltiples pruebas, cada una de las cuales está incorporada en uno o más módulos de programación, los que determinan dónde es probable que esté la anomalía a lo largo de la red. Los resultados se transmiten después al Motor de Decisión de Ubicación 200b y los resultados se combinan estadísticamente para determinar una ubicación de la anomalía. Los Módulos de Geolocalización 200a pueden transmitir instrucciones a medidores, registros de datos, u otros sistemas de datos de la empresa para cambiar temporalmente la rapidez o forma en la que ellos recolectan datos. En algunas realizaciones, las entradas en los Módulos de Geolocalización 200a pueden incluir datos de sensores que miden caudal, presión, sonido/ruido, u otros indicadores de movimiento del agua en la red, además de un mapa digital de la red (GIS) y su entorno, o datos históricos esquemáticos archivados de tales sensores, y registros de reparaciones y datos externos. El sensor o los sensores que deben ser analizados son aquellos sensores que tienen más probabilidad de ser afectados por una anomalía en la región general de la que se sabe que contiene la anomalía. Por ejemplo, para algunas pruebas, estos pueden ser los sensores en tuberías que llevan hacia el área geográfica o área medida del distrito (“DMA”) que contiene la anomalía, que están dentro de

ésta o que están en la cercanía de ésta. Un experto en la especialidad podrá apreciar que en la selección de sensores relevantes para algunas de las pruebas, un sensor típicamente no es útil si el sensor y la ubicación de la anomalía conocida de una manera general están separados por otro sensor similar (en funcionamiento) o por un dispositivo activo de la red que impediría la propagación de la anomalía que puede ser medida por el sensor (por ejemplo, señales de “interrupción” de caudal y presión en depósitos).

El Detector de Anomalías 211 que proporciona también entradas a los Módulos de Geolocalización 200a puede incluir información de métodos o procesos alternativos de detección de anomalías, tales como informes de reventones visibles y quejas de consumidores relacionadas con fallas del servicio.

Datos Externos 212 pueden suministrar también información adicional a los Módulos de Geolocalización 200a para facilitar la predicción de la ubicación o de la ubicación estadísticamente probable de una anomalía que ocurre en algún lugar en la red de distribución de agua. Los datos suministrados por Datos Externos 212 incluyen información adicional relevante para el consumo de agua y las condiciones de la red, pero que no está estrictamente dentro de las categorías anteriores, tal como informes de condiciones atmosféricas, días festivos u otros eventos del calendario que afectan el consumo del agua y el comportamiento de la red dentro de la red de distribución de agua, o cualquier otro evento de la empresa misma o de sus clientes que pueda producir un impacto en la función de la red. En algunas realizaciones, Datos Externos 212 incluye registros de llamadas telefónicas de usuarios a operadores de la red de distribución de agua informando a los operadores de fugas visibles. A partir de esta información, Datos Externos 212 proporciona información, tal como puntos en un mapa de ubicaciones de fugas, a los Módulos de Geolocalización 200a. En otras realizaciones, Datos Externos 212 incluye colecciones de informes externos que indican una región donde está localizada una fuga o anomalía, pero no una ubicación precisa de la fuga o anomalía. Las fallas del servicio aguas abajo de la anomalía u otros informes de reventones visibles pueden ser suministrados por Datos Externos 212. Datos Externos 212 puede incluir además datos suministrados por cuadrillas de detección en el terreno u otro personal de la empresa que están implicados en la recolección de datos adicionales en un esfuerzo por localizar la anomalía (por ejemplo, una supervisión acústica en terreno fijado como objetivo por algunos resultados iniciales de la geolocalización). Cualquiera o todos los Datos Externos 212 indicados anteriormente pueden ser suministrados a los Módulos de Geolocalización 200a para facilitar resultados más precisos.

El Motor de Decisión de Ubicación 200b transmite después la información de ubicación a la Base de Datos de Geolocalización 200c, la cual transmite después la información a la Interfaz de Usuario 230. La Interfaz de Usuario 230 exhibe información de ubicación a un usuario. En algunas realizaciones, la información de ubicación exhibida al usuario por medio de la Interfaz de Usuario 230 incluye una lista de áreas geográficas y/o tuberías de la red que tienen la mayor posibilidad de contener la anomalía, con una puntuación de estadística (tal como un valor p o probabilidad) asignada a cada una o una representación simplificada tal como una indicación de “alta probabilidad” o “baja probabilidad”, o un mapa con código de colores, por ejemplo, para ayudar a priorizar la inspección que realizan las cuadrillas en el terreno. En algunas realizaciones, las informaciones de salida incluyen datos procesados, tales como la magnitud relativa de la anomalía registrada en cada ubicación de sensor, y las áreas/tuberías anteriores exhibidas en un mapa para que un usuario mejore de forma interactiva la ubicación estimada.

El Motor de Decisión de Ubicación 200b puede instruir también en forma remota a los sensores o sistemas de recolección de datos de la Base de Datos de la Red 220 (no están ilustrados) conectados a la red de distribución de agua para aumentar las velocidades de muestreo de agua o de recursos que fluyen a través de las tuberías o depósitos una vez que se detecta la anomalía para mejorar la capacidad de ubicación para cambios futuros en la anomalía. Una excepción notable es con respecto a aquellas señales que son portadas típicamente a la velocidad de flujo (o aún más lentas), tal como algunos indicadores de calidad del agua, donde velocidades de muestreo de menos de una vez por minuto podrían seguir proporcionando resolución en los cientos de metros.

Un experto en la especialidad podrá apreciar que el uso de múltiples módulos o pruebas, representados por el Módulo de Geolocalización 200a, para comparar probabilidades estadísticas de los Módulos de Geolocalización N 200a, puede tener como resultado un aumento en la confianza de que una ubicación detectada sea la probable ubicación de la anomalía, o puede tener como consecuencia una disminución de la confianza de que una ubicación sea la probable ubicación de la anomalía. En una realización, el Motor de Decisión de Ubicación 200b puede ponderar los datos de ubicación de Módulos de Geolocalización N 200a por igual. En otra realización, el Motor de Decisión de Ubicación 200b puede asignar ponderaciones a las ubicaciones enviadas desde cada Módulo de Geolocalización N 200a basándose en una configuración definida previamente. En otra realización, el motor de decisión de ubicación utiliza un motor de reglas para determinar precedencia entre resultados que están en conflicto basándose en reglas definidas previamente.

La Figura 3 presenta un diagrama de flujo que ilustra una realización de un método computarizado para determinar una o más ubicaciones geográficas estadísticamente probables de una anomalía en una región o zona de una red de distribución de agua. En el paso 301, se reciben datos de eventos de anomalías. En esta realización, los datos de eventos de anomalías representan una indicación de una anomalía que ocurre o que ha ocurrido dentro de una región o zona de la red de distribución de agua, estando asociados los datos de eventos de anomalías con datos de medidor producidos por uno o más de los medidores. En algunas realizaciones los datos de anomalías son

calculados previamente, como se divulga en la Solicitud de Patente de Estados Unidos No. 12/717.944 mencionada anteriormente. En seguida en el paso 302, una pluralidad de pruebas son efectuadas en los datos de eventos de anomalías, estando diseñada cada prueba para determinar estadísticamente una probable ubicación geográfica de la anomalía dentro de la región o zona, produciendo la ejecución de cada prueba un resultado. En seguida, en el paso 303, se combinan los resultados de la pluralidad de pruebas para generar puntuaciones de las probables ubicaciones determinadas. En algunas realizaciones, los pasos 302 y 303 son realizados por el elemento 100 en la Figura 1, o más específicamente por cualquier combinación de los elementos 200a-200c en la Figura 2. Por último, en el paso 304, se presenta al usuario una o más de las probables ubicaciones determinadas. En algunas realizaciones, el paso 304 es realizado por el elemento 130 en la Figura 1, o por el elemento 230 en la Figura 2.

La Figura 4 presenta un diagrama de flujo que ilustra una realización de una de la pluralidad de pruebas en los datos de eventos de anomalías. En la realización presentada por la Figura 4, se comparan magnitudes relativas de la anomalía en múltiples sensores, para tipos de señales tales como de caudal y ruido. En el paso 401, se evalúa la señal de anomalía en cada sensor de acuerdo por lo menos con uno de los métodos representado en los elementos 402 a 404. En el elemento 402 se computa un aumento absoluto en los uno o más valores afectados en cada uno de los medidores en relación con un valor predicho o esperado, y después se compara los aumentos absolutos a través de los medidores. Alternativamente, en el paso 403, se computa un aumento relativo en los uno o más valores afectados en cada uno de los medidores en relación con un valor predicho o esperado, y esa computación es comparada con los aumentos relativos a través de los medidores. Alternativamente, en el paso 404 se computa un cambio estadístico en los uno o más valores afectados en cada uno de los medidores en relación con un valor predicho o esperado, y se compara los cambios estadísticos a través de los medidores. En seguida, en el paso 405, se hace salir la señal de anomalía evaluada. Las posibles informaciones de salidas de este paso incluyen, pero no están limitadas a: (1) una información de salida de "sensor más próximo"; (2) una información de salida de decisión-soporte para un usuario que incluye puntuaciones para cada sensor más aquellas informaciones de salida anteriores de anomalías históricas similares, con su geolocalización conocida; (3) una información de salida completa para continuar el procesamiento a través del método de Aprendizaje Automático que es proporcionado más detalladamente más adelante con respecto a la Figura 7.

Como ocurre con frecuencia en las redes de distribución de agua, los sensores de presión están diseminados más densamente (en un conjunto de sensores fijos, o como sensores móviles traídos para ayudar a localizar la anomalía). Una determinación estadística puede ser una caída de presión entre dos o más sensores relacionados con el caudal en esa sección de la red. De este modo, aún si no se conoce los caudales exactos entre los sensores, lo que puede requerir un modelo hidráulico complejo, esta caída de presión estadísticamente significativa indica un cambio posible en el caudal. La Figura 5 presenta un diagrama de flujo que ilustra una realización para efectuar por lo menos una de la pluralidad de pruebas a fin de determinar estadísticamente una probable ubicación geográfica de la anomalía. En el paso 501 se computa un cambio en los uno o más valores de la diferencia entre los valores de un par de medidores conectados hidráulicamente entre sí a partir de los uno o más valores anteriores o esperados de esa diferencia. Un ejemplo de valores podría ser un valor de presión tomado de múltiples mediciones de la red de distribución de agua. En seguida en el paso 502, se determina si cualquiera de los uno o más cambios computados es estadísticamente significativo. Después en el paso 503, se identifica la sección entre un par de medidores conectados hidráulicamente como una probable ubicación de la anomalía, si se determina que el cambio en uno o más valores entre tales medidores conectados hidráulicamente es estadísticamente significativo.

La Figura 6 presenta un diagrama de flujo que ilustra una realización para comparar los datos de eventos de anomalías con los datos de eventos de anomalías anteriores, a partir de un registro histórico. En el paso 601 los parámetros en los datos de eventos de anomalías son comparados estadísticamente con parámetros correspondientes de los datos de eventos de anomalías anteriores. Los ejemplos de parámetros en los datos de eventos de anomalías incluyen datos sin procesar de medidores, datos geográficos, y/o condiciones externas (tales como fecha, condiciones atmosféricas u operaciones/condiciones concurrentes en la red). Por ejemplo, se considera que una anomalía es similar a anomalías anteriores si los valores individuales de medidor o las magnitudes de las anomalías de medidores individuales son similares. Para dar otro ejemplo, tal análisis puede determinar que una sección particular de tubería es una probable ubicación para una fuga detectada durante un procedimiento conocido de alta presión planificado por los operadores de la red, si un medidor de caudal en particular es el afectado más fuertemente.

Un ejemplo de comparación estadística incluye un método de agrupación, tal como K-Vecino más Próximo ("KNN"), el cual agrupa las anomalías en agrupaciones de eventos con características similares y una distribución de información de la ubicación significativamente única (tal como una tendencia marcada a estar en un distrito particular de un DMA).

En seguida, en el paso 602, se identifica la ubicación geográfica de los datos de eventos de anomalías anteriores como una probable ubicación de la anomalía si los parámetros de los datos de eventos de anomalías son similares estadística y significativamente a los parámetros de los datos de anomalías anteriores. En una forma más detallada para la presente realización, con el fin de predecir la ubicación más probable de un nuevo evento que está siendo analizado, el sistema encuentra la agrupación (o agrupaciones) más próxima a él, y devuelve la distribución de ubicación de esa agrupación (o una combinación de esas distribuciones). Otras realizaciones para comparar los

datos de eventos de anomalías con los datos de eventos de anomalías anteriores incluyen además calcular las relaciones entre cada una de la pluralidad de anomalías anteriores agrupando la pluralidad de datos de eventos de anomalías anteriores basándose en ubicaciones asociadas para cada una de la pluralidad de las anomalías anteriores, e identificar una probable ubicación de la anomalía incluye comparar datos de eventos de anomalías con los datos de anomalías anteriores agrupados y seleccionar una agrupación que más se aproxime a los datos de anomalías asociados.

En algunas realizaciones, aún cuando los datos específicos de los eventos no ayudan a determinar la ubicación, el sistema construye una distribución a priori que describe dónde es más probable que ocurran fugas (u otros tipos de anomalías). En otras realizaciones, el sistema determina donde es históricamente probable que ocurran eventos de un tipo particular, basándose en eventos registrados y reparados previamente (por ejemplo, si el 40% de los eventos en un cierto DMA ocurrieron a lo largo de una sección de tubería particular, entonces se considera que un nuevo evento tiene 40% de probabilidad de estar en esa sección). El modelado de la probable ubicación de anomalías usando este conjunto de adiestramiento de datos históricos proporciona una predicción de probabilidad fija de geolocalización (sin importar otros datos, más allá de la ubicación general, por ejemplo en el nivel de DMA). De una manera similar, si se dispone de datos, el sistema construye una distribución, usando datos geográficos y/o de la red detallados tales como el tipo de suelo o el material y la edad de la tubería. Por ejemplo, el mapeo del tipo de suelo y la edad de la tubería a una probabilidad relativa de reventón es entrada (a partir de investigación anterior), o medido directamente de los datos, o (si el espacio es grande y los puntos de datos escasos) predicho por una técnica genérica de Aprendizaje Automático tal como agrupamiento KNN. Este aprendizaje puede basarse también en datos de otras redes de agua, si son suficientemente similares, y los parámetros que están siendo usados captan razonablemente las diferencias relevantes (tales como distribución de edades de las tuberías).

Más generalmente, la Figura 7 presenta un diagrama de flujo que ilustra una realización para realizar por lo menos una de una pluralidad de pruebas para determinar estadísticamente una probable ubicación geográfica de una anomalía dentro de una región o zona, por ejemplo, como se describe en el párrafo anterior. En el paso 701, se reciben datos secundarios, representando los datos secundarios información adicional distinta a los datos de medidor sobre la red de distribución de agua o condiciones que afectan el consumo del agua entregada por la red de distribución de agua. En seguida en el paso 702, los datos de eventos de anomalías anteriores son correlacionados con los datos secundarios. Los datos de eventos de anomalías se comparan después con los datos de eventos de anomalías anteriores y los datos secundarios correlacionados. En seguida, en el paso 703, los datos de eventos de anomalías se comparan con los datos de eventos de anomalías anteriores y los datos secundarios correlacionados. Las Figuras 8 y 9 proporcionan más detalles, en otras realizaciones, para correlacionar los datos de eventos de anomalías anteriores y los datos secundarios.

Dependiendo de los datos disponibles, puede ser que ciertos métodos para ubicar fugas no puedan proporcionar una ubicación muy acotada, en términos del radio geográfico. Además, puede ser que la detección de la anomalía haya sido proporcionada por los métodos o procesos alternativos para detectar anomalías, los que naturalmente tienden a proporcionar la ubicación en términos geográficos más que en términos de la estructura de la red. Para un manejo efectivo de la anomalía puede tener también un valor considerable identificar una ruta de la red que contiene la anomalía, por ejemplo, habilitar a los operadores de la red para que cierren una válvula aguas arriba, ya que múltiples tuberías matrices corren a menudo paralelas y/o en estrecha proximidad geográfica (por ejemplo bajo el mismo camino) por largas distancias y aún una ubicación muy precisa de un reventón de la red puede ser difícil de correlacionar con el bien exacto de la red. En tales situaciones la información de salida se basa en la ubicación de la red más que en una anotación geográfica. (Cuando el área geográfica determina en forma única el área de la red, tal como en un escenario típico de distribución, se puede exhibir la información de salida como una región geográfica aproximada, para mayor conveniencia. Esto no siempre es suficiente, ya que dos zonas que tienen presiones diferentes pueden traslaparse significativamente, por ejemplo, si ellas alimentan el piso inferior y los pisos superiores de edificios en un vecindario dado). Una de las informaciones de salida del sistema puede basarse en la ubicación en la red tal como una lista de bienes nombrados, o en una ubicación geográfica o esquemática donde es probable que esté ubicada la anomalía.

La Figura 8 presenta un diagrama de flujo que ilustra una realización para correlacionar los datos de eventos de anomalías anteriores y los datos secundarios descritos en la Figura 7. Primero, en el paso 801, se construye una distribución de datos de ubicación geográfica o de ubicación en la red de anomalías anteriores. Después, en el paso 802, se identifica una probable ubicación de la anomalía analizando los datos de eventos de anomalías comparados con la distribución de datos de ubicación geográfica o en la red.

La Figura 9 presenta un diagrama de flujo que ilustra otra realización para correlacionar los datos de eventos de anomalías anteriores y los datos secundarios descritos en la Figura 7. Primero, en el paso 901 se construye una distribución de datos de la red a partir de una segunda red de distribución de agua. Después, en el paso 902 se identifica una probable ubicación de la anomalía analizando los datos de eventos de anomalías comparados con la distribución de datos de la red de la segunda red de distribución de agua.

La Figura 10 presenta un diagrama de flujo que ilustra una realización para efectuar una de la pluralidad de pruebas para determinar estadísticamente una probable ubicación geográfica de la anomalía. En el paso 1001 se recibe un

tiempo de detección de la anomalía desde por lo menos dos de la pluralidad de medidores afectados por la anomalía. Esta realización compara los tiempos de detección de anomalías en cada sensor, cuando el inicio de la anomalía o algún otro elemento está definido con suficiente precisión, y el muestreo de la cantidad relevante es suficientemente rápido en comparación con la velocidad de propagación de esa señal. En seguida, en el paso 1002 se determina datos que indican una velocidad de propagación a través de cada tubería en la red de distribución de agua para la anomalía detectada. En seguida, en el paso 1003 se calcula la probable ubicación de la anomalía combinando el tiempo de detección de la anomalía y la velocidad de propagación para determinar una ubicación o ubicaciones donde las diferencias entre los tiempos de llegada medidos concuerdan con los tiempos de llegada esperados entre probables ubicaciones de la anomalía. El área o las áreas de las cuales se podría recibir señales con tales diferencias de tiempos, tomando en cuenta la inexactitudes de los timbres de hora y fecha (por ejemplo +/- 1 minuto) son presentadas al usuario. La intersección de tuberías determinada entre las probables ubicaciones de la anomalía es presentada en algunas realizaciones a un usuario a través de la Interfaz de Usuario 130 o 230 de las Figuras 1 y 2, respectivamente.

Este método representado por la realización de la Figura 10 es similar al cálculo de Tiempo de Llegada Delta en RADAR. Sin embargo, en las redes de agua las señales más relevantes se propagan sólo a lo largo de rutas de la red. Para algunos tipos de sensores, este cálculo puede requerir un muestreo muy rápido (y con timbre de fecha y hora preciso) de los sensores, por ejemplo, debido a que los cambios en el caudal y en la presión son llevados a través de tuberías a presión a la velocidad del sonido, haciendo que una diferencia de un segundo sea equivalente a un desplazamiento de cientos de metros. Por lo tanto, en algunas realizaciones el sistema instruye en forma remota a los sensores, o a los sistemas de recolección de datos conectados a ellos, que aumenten las velocidades de muestreo una vez que se detecte la anomalía a fin de mejorar la capacidad de ubicación para cambios futuros en la anomalía. Una excepción notable es con respecto a aquellas señales que son llevadas típicamente a la velocidad de flujo (o aún más lentamente), tal como algunos indicadores de calidad del agua, donde velocidades de muestreo de menos de una vez por minuto podrían proporcionar resolución aún en los cientos de metros.

En lugar de las técnicas de Aprendizaje Automático descritas con respecto a la Figura 6, y también del método descrito con respecto a la Figura 10, o además de éstas, las características de la anomalía actual y la información relacionada, junto con los mismos datos de eventos similares anteriores (pertenecientes por lo menos al mismo DMA, quizás filtrados en forma más estrecha) pueden ser presentadas visualmente al usuario a través de una interfaz de usuario. El usuario puede hacer después una suposición bien fundamentada con respecto a la ubicación precisa, posiblemente teniendo en cuenta otros datos o experiencias que no están presentes en el sistema.

La Figura 11 presenta un diagrama de flujo que ilustra una realización para una prueba efectuada por un motor de análisis a fin de determinar estadísticamente una probable ubicación de la anomalía. En el paso 1101, se reciben datos que indican la ocurrencia de una pluralidad de anomalías anteriores. En seguida, en el paso 1102, las relaciones entre cada una de la pluralidad de anomalías anteriores se calculan agrupando la pluralidad de anomalías anteriores basándose en datos de anomalías, especialmente datos de medidor o las magnitudes de la anomalía de los medidores individuales y ubicaciones asociadas para cada una de la pluralidad de anomalías anteriores. Finalmente, en el paso 1103, se predice la ubicación de la anomalía comparando datos de anomalías asociados con datos de agrupaciones, y se selecciona la agrupación que se aproxima más a los datos de anomalía asociados. En algunas realizaciones, la agrupación seleccionada es presentada a un usuario a través de la Interfaz de Usuario 130 o 230 de las Figuras 1 y 2, respectivamente.

En una realización, se seleccionan (o se descartan) ciertos bienes o partes de la red como probables ubicaciones de la anomalía basándose en las características de la anomalía detectada, y su forma de detección, y restricciones físicas fijas, por ejemplo determinados por la estructura de la red. Por ejemplo, una fuga con un gran caudal asociado no puede estar a lo largo de una tubería de pequeño diámetro; si se estima que una tubería de 10 cm de diámetro tiene un caudal máximo de 60 m³/h, entonces cualquier reventón con una capacidad nominal más alta no puede estar a lo largo de esa tubería. Para dar otro ejemplo, si hay fallas del servicio relacionadas en el área de una anomalía de pérdida de agua que han sido detectadas o avisadas por clientes, (por ejemplo baja presión en varias conexiones de servicios), ellas deben ser aguas abajo de la anomalía.

La Figura 12 ilustra una impresión de pantalla de la interfaz de usuario ("UI") generada por el motor de geolocalización de acuerdo con una realización del presente invento. La Figura 12 incluye la pantalla 1201 que contiene ubicaciones de bienes, tales como medidores o sensores 1202a-f, y zonas 1203a-c. Los bienes 1203a-c están superpuestos en el mapa e ilustran probables ubicaciones de anomalías además de información de salida de los "sensores más próximos". La pantalla 1201 en la Figura 12 exhibe zonas coloreadas o sombreadas 1203a-c que indican a un usuario niveles diferentes de confianza en la ubicación de anomalía. Por ejemplo, el usuario puede ser un operario en una red de distribución de agua que tiene la tarea de inspeccionar la red de agua que está siendo analizada. Los colores también indican la magnitud de una anomalía del área geográfica encerrada por las ubicaciones de bienes de alrededor. En la realización mostrada, es más posible que un color rosa oscuro, tal como 1203c comparado con 1203b, contenga la anomalía, en tanto que la zona 1203b tiene más probabilidad de contener la anomalía que la zona 1203a. Por consiguiente, 1203c contiene una anomalía de magnitud mayor que 1203b o 1203a.

La Figura 13 ilustra una impresión de pantalla de otra UI generada por el motor de geolocalización de acuerdo con una realización del presente invento. La Figura 13 incluye la pantalla 1301 que contiene ubicaciones de bienes 1302a-b, tuberías 1303a-b y notificaciones 1304a-b. La pantalla 1301 exhibe indicaciones coloreadas de una tubería 1303a afectada por una anomalía detectada y ubicada entre los bienes 1302a-b. Se proporciona la notificación 1304a para indicar a un usuario de la UI que la tubería 1303a está afectada por la anomalía detectada. Además, en esta realización, hay dispuesta otra tubería 1303b próxima geográficamente, aproximadamente entre las ubicaciones de los bienes 1302a-b; sin embargo, la tubería 1303b no está afectada por la anomalía detectada y tiene un matiz verde. La pantalla 1301 incluye además la notificación 1304b que indica a un usuario de la UI tal información. Un experto en la especialidad podrá apreciar lo útil que es que se le proporcione notificaciones 1304a-b de las tuberías afectadas 1303a y no afectadas 1303b situadas en el mismo conjunto de bienes ubicados en los elementos 1302a-b o cerca de estos.

La Figura 14 ilustra una impresión de pantalla de otra UI generada por el motor de geolocalización de acuerdo con una realización del presente invento. La Figura 14 incluye la pantalla 1401 y las ubicaciones de los bienes 1402a-f. La pantalla 1401 exhibe indicaciones coloreadas de las ubicaciones de los bienes 1402a-f afectados por una anomalía detectada. Las indicaciones coloreadas asignadas a cada ubicación de los bienes 1402a-c presentan a un usuario de la UI confianza en la ubicación de anomalías, así como una magnitud de la anomalía detectada. En esta realización, la ubicación del bien 1402c, que incluye la probable ubicación de la anomalía detectada, tiene un matiz más oscuro que las ubicaciones de los bienes 1402a-b o 1402d-f debido a que el motor de geolocalización ha determinado que un nivel de confianza asociado con la ubicación del bien 1402c es mayor que en las otras ubicaciones de bienes. De igual manera, la ubicación del bien 1402e está sombreada debido a que el motor de geolocalización ha determinado, con algo de confianza, que la anomalía detectada está localizada en la ubicación del bien 1402e. Sin embargo, la ubicación del bien 1402e no tiene una sombra tan oscura como la ubicación del bien 1402c, indicando que el motor de geolocalización tiene menos confianza de que la anomalía detectada esté en la ubicación del bien 1402e que en la ubicación del bien 1402c. La ubicación del bien 1402c está también más sombreada que todas las otras ubicaciones de los bienes para indicar que la magnitud de la anomalía detectada es mayor en esta ubicación.

Las Figuras 1 a 14 son ilustraciones conceptuales que permiten explicar el presente invento. Debe entenderse que diversos aspectos de las realizaciones del presente invento podrían ser ejecutados en equipos físicos, soporte lógico fijo, programas o combinaciones de estos. En tales realizaciones, los diversos componentes y/o pasos serían ejecutados en equipos físicos, soporte lógico fijo y/o programas para realizar las funciones del presente invento. Es decir, la misma parte del equipo físico, el soporte lógico fijo o el módulo de programa podría realizar uno o más de los bloques ilustrados (por ejemplo, componentes o pasos).

Debe entenderse también que el invento no se aplica solamente a redes de distribución de agua, sino que a cualquier tipo de sistema de distribución. Otros tipos de sistemas de distribución pueden ser de petróleo, aguas residuales o servidas, gas, electricidad, telefonía, tránsito de vehículos, u otros sistemas de entrega de energía que incluyen recursos de fluidos o que fluyen desde un área hasta los consumidores. Por cierto, el invento puede aplicarse a cualquier sistema de distribución o recolección que tenga medidores o sensores en ubicaciones arbitrarias en la red que mide parámetros de distribución tales como caudal, presión, calidad o el flujo de datos mismo.

En ejecuciones de programas, el programa informático (por ejemplo, programas u otras instrucciones) y/o datos están almacenados en un medio legible por una máquina como parte de un producto de programa informático y es cargado en un sistema informático u otro dispositivo o máquina por medio de una unidad de almacenamiento removible, un disco duro o una interfaz de comunicaciones. Los programas informáticos (llamados también lógica de control de computador o código de programa legible por computador) son almacenados en una memoria principal y/o secundaria, y ejecutados por uno o más procesadores (controladores, o lo análogo) para hacer que los uno o más procesadores realicen las funciones del invento como se describe en la presente. En este documento, se usan generalmente los términos "medio legible por la máquina" "medio de programa informático" y "medio utilizable por computador" para referirse generalmente a medios tales como una memoria de acceso aleatorio (RAM); una memoria de solo lectura (ROM); una unidad de almacenamiento removible (por ejemplo un disco magnético o duro, un dispositivo de memoria flash, o lo análogo); un disco duro, o lo análogo.

En particular, no se tiene la intención que las figuras y los ejemplos anteriores limiten el alcance del presente invento a una sola realización, ya que son posibles otras realizaciones mediante el intercambio de algunos de los elementos descritos o ilustrados o de todos ellos. Además, cuando ciertos elementos del presente invento pueden ser puestos en ejecución parcial o totalmente usando componentes conocidos, sólo se describe aquellas porciones de tales componentes conocidos que son necesarias para comprender el presente invento, y se omite descripciones detalladas de otras porciones de tales componentes conocidos para no hacer confuso el invento. En la presente memoria descriptiva, una realización que muestra un componente singular no debe ser limitada necesariamente a otras realizaciones que incluyen una pluralidad del mismo componente, y viceversa, a menos que se afirme explícitamente otra cosa en la presente. Además, los solicitantes no tienen la intención de asignar un significado poco común o especial a ningún término en la memoria o en las reivindicaciones a menos que se manifieste explícitamente como tal. Además, el presente invento abarca equivalentes conocidos presentes y futuros a los

componentes conocidos mencionados en la presente a manera de ilustración.

La descripción anterior de las realizaciones específicas revela en forma tan completa la naturaleza general del invento que otros, aplicando el conocimiento dentro de la pericia de la(s) especialidad(es) relacionada(s) (incluyendo los contenidos de los documentos citados) pueden modificar y/o adaptar tales realizaciones específicas a diversas aplicaciones sin dificultad y sin una experimentación indebida, sin apartarse del concepto general del presente invento. Se tiene la intención, por lo tanto, de que tales adaptaciones y modificaciones estén dentro del significado y la serie de equivalentes de las realizaciones divulgadas, basándose en las enseñanzas y guías presentadas en la presente.

Aunque en lo que precede se han descrito diversas realizaciones del presente invento, debe entenderse que ellas han sido presentadas a manera de ejemplo y no de limitación. Sería evidente para un experto en la(s) especialidad(es) pertinente(s) que se podría hacer en ellas diversos cambios en la forma y en los detalles sin apartarse del espíritu y alcance del invento. De este modo, el presente invento no debe ser limitado por ninguno de los ejemplos de realizaciones descritos anteriormente, sino que debe ser definido sólo de acuerdo con las reivindicaciones que siguen y con sus equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Un método computarizado para determinar una o más ubicaciones geográficas estadísticamente probables de una anomalía en una región o zona de una red de distribución de agua, comprendiendo la red de distribución de agua por lo menos una red de tuberías para entregar agua a los consumidores y una pluralidad de medidores ubicados dentro de la red de distribución de agua que incluyen una pluralidad de medidores que captan datos relacionados con la distribución del agua dentro de la región o zona de la anomalía, comprendiendo el método:
 - recibir datos de eventos de anomalías, representando los datos de eventos de anomalías una indicación de una anomalía que ocurre o que ha ocurrido en el caudal, presión o calidad del agua suministradas dentro de una región o zona de la red de distribución de agua, derivándose los datos de eventos de anomalías de los datos de medidor generados por la pluralidad de medidores; recibiendo los datos de eventos de anomalías desde una base de datos o por un red;
 - realizar una pluralidad de pruebas en los datos de eventos de anomalías diseñada cada una para determinar estadísticamente una probable ubicación geográfica de la anomalía dentro de la región o zona, produciendo la realización de cada prueba un resultado;
 - combinar los resultados de la pluralidad de pruebas para generar puntuaciones para las probables ubicaciones determinadas de la anomalía; y
 - presentar a un usuario una o más de las probables ubicaciones determinadas.
2. El método computarizado de la reivindicación 1, que comprende recibir los datos de medidor asociados con los datos de eventos de anomalías recibidos, y donde la realización de una pluralidad de pruebas comprende realizar por lo menos una prueba en los datos de eventos de anomalías y los datos de medidor asociados.
3. El método computarizado de la reivindicación 2, donde recibir los datos de medidor comprende recibir datos de medidor que representan el caudal o la presión del agua en la red de distribución de agua.
4. El método computarizado de la reivindicación 1, que comprende recibir datos secundarios que representan información adicional distinta de los datos de medidor acerca de la red de distribución de agua o condiciones que afectan al consumo del agua entregada por la red de distribución de agua y donde realizar las pruebas comprende realizar por lo menos una prueba en los datos de eventos de anomalías y los datos secundarios recibidos; donde recibir datos secundarios comprende recibir datos secundarios seleccionados del grupo que comprende:
 - datos de mapa que representan un mapa geográfico de la red de distribución de agua;
 - datos históricos que representan datos de medidor pasados para los datos de medidor asociados con los datos de eventos de anomalías;
 - datos de reparación que representan una o más reparaciones efectuadas en la red de distribución de agua; y
 - datos externos que representan condiciones atmosféricas u otras condiciones que afectan al consumo de agua en la red de distribución de agua.
5. El método computarizado de la reivindicación 1 donde realizar una pluralidad de pruebas comprende (a) realizar dos o más de las pruebas en paralelo con los datos de eventos de anomalías; o (b) realizar por lo menos una de las pruebas en los datos de eventos de anomalías y el resultado de otra de las pruebas.
6. El método computarizado de la reivindicación 1, donde recibir datos de eventos de anomalías comprende recibir una pluralidad de conjuntos de datos de eventos de anomalías a través del tiempo que representan una indicación de la misma anomalía que continúa ocurriendo en la red de distribución de agua en momentos diferentes y donde realizar una pluralidad de pruebas comprende realizar repetidas veces por lo menos una de las pruebas, siendo cada realización en cada uno de los conjuntos de datos de eventos de anomalías recibidos.
7. El método computarizado de la reivindicación 1, que comprende recibir los datos de medidor asociados con los datos de eventos de anomalías, incluyendo los datos de medidor uno o más valores de parámetros afectados por la anomalía, y donde realizar una pluralidad de pruebas comprende realizar por lo menos una de las pruebas comparando los uno o más valores afectados de los datos de medidor a través de una pluralidad de medidores e identificar uno de los medidores como el más afectado por la anomalía.
8. El método computarizado de la reivindicación 7, donde comparar los uno o más valores afectados de los datos de medidor comprende por lo menos uno de:
 - computar un aumento absoluto en los uno o más valores afectados en cada uno de los medidores en relación con un valor predicho o esperado y comparar los aumentos absolutos a través de los medidores;
 - computar un aumento relativo en los uno o más valores afectados en cada uno de los medidores en relación con un valor predicho o esperado y comparar los aumentos relativos a través de los medidores; y
 - computar un cambio estadístico en los uno o más valores afectados en cada uno de los medidores en relación con un valor predicho o esperado y comparar los cambios estadísticos a través de los medidores.

9. El método computarizado de la reivindicación 7, donde los datos de eventos de anomalías representan una indicación de una fuga, y donde comparar uno o más valores afectados comprende comparar valores de caudal o de presión en los medidores.

10. El método computarizado de la reivindicación 1, que comprende recibir los datos de medidor asociados con los datos de eventos de anomalías que incluyen uno o más valores de parámetros afectados por la anomalía, y recibir datos de medidor anteriores que presentan datos proporcionados por los medidores de uno o más momentos anteriores a la ocurrencia de la anomalía que incluyen uno o más valores anteriores de los parámetros afectados por la anomalía, y donde realizar una pluralidad de pruebas comprende realizar por lo menos una de las pruebas:

computando un cambio en los uno o más valores de la diferencia entre los valores de un par de medidores conectados hidráulicamente entre sí a partir de uno o más valores anteriores o esperados de esa diferencia; determinando si cualquiera de los uno o más cambios computados es estadísticamente significativo; e identificando la sección entre un par de medidores conectados hidráulicamente como una probable ubicación de la anomalía si se determina que el cambio en uno o más valores entre tales medidores conectados hidráulicamente es estadísticamente significativo.

11. El método computarizado de la reivindicación 10, donde recibir los datos de medidor y los datos de medidor anteriores comprende recibir valores de presión y valores de presión anteriores, respectivamente, y donde computar un cambio comprende computar una caída de presión entre uno o más pares de medidores conectados hidráulicamente y una caída de presión anterior entre los uno o más pares de medidores conectados hidráulicamente.

12. El método computarizado de la reivindicación 1, que comprende recibir datos de eventos de anomalías anteriores que representan una o más ocurrencias anteriores del mismo tipo de anomalía en la red de distribución de agua y una ubicación geográfica de cada una de las una o más ocurrencias anteriores, y donde realizar una pluralidad de pruebas comprende realizar por lo menos una de las pruebas comparando los datos de eventos de anomalías con los datos de eventos de anomalías anteriores.

13. El método computarizado de la reivindicación 12, donde comparar los datos de eventos de anomalías con los datos de eventos de anomalías anteriores comprende:

comparar estadísticamente parámetros en los datos de eventos de anomalías con parámetros correspondientes en los datos de eventos de anomalías anteriores; e identificar la ubicación geográfica de los datos de eventos de anomalías anteriores como una probable ubicación de la anomalía si los parámetros de los datos de eventos de anomalías son similares de una manera estadísticamente significativa a los parámetros de los datos de anomalías anteriores.

14. El método computarizado de la reivindicación 13, que comprende calcular las relaciones entre cada una de la pluralidad de anomalías anteriores agrupando la pluralidad de datos de eventos de anomalías anteriores basándose en las ubicaciones asociadas de cada una de la pluralidad de anomalías anteriores, y donde identificar una probable ubicación de la anomalía comprende comparar datos de eventos de anomalías con los datos de anomalías anteriores agrupados y seleccionar una agrupación más próxima a los datos de anomalías asociados.

15. El método computarizado de la reivindicación 1, que comprende recibir datos secundarios que representan información adicional distinta a los datos de medidor acerca de la red de distribución de agua o condiciones que afectan el consumo del agua entregada por la red de distribución de agua, y donde realizar una pluralidad de pruebas comprende realizar por lo menos una de las pruebas correlacionando los datos de eventos de anomalías anteriores y los datos secundarios y comparando los datos de eventos de anomalías con los datos de eventos de anomalías anteriores y los datos secundarios correlacionados.

16. El método computarizado de la reivindicación 15, correlacionar los datos de eventos de anomalías anteriores y los datos secundarios comprende:

(a) construir una distribución de datos de ubicación geográfica o en la red de anomalías anteriores, donde identificar una probable ubicación de la anomalía comprende analizar los datos de eventos de anomalías comparados con la distribución de datos de ubicación geográfica o en la red; o
(b) construir una distribución de datos de red de una segunda red de distribución de agua, donde identificar una probable ubicación de la anomalía comprende analizar los datos de eventos de anomalías contra la distribución de datos de la red de la segunda red de distribución de agua.

17. El método computarizado de la reivindicación 1, donde realizar una pluralidad de pruebas comprende realizar por lo menos una de las pruebas:

recibiendo un tiempo de detección de la anomalía por lo menos de uno de la pluralidad de medidores afectados por la anomalía;

recibiendo datos que indican una velocidad de propagación a lo largo de la red de la anomalía detectada; y calculando la probable ubicación de la anomalía combinando el tiempo de detección de la anomalía y la velocidad de propagación para determinar una ubicación donde las diferencias entre los tiempos de llegada medidos concuerdan con los tiempos de llegada esperados.

- 5 18. El método computarizado de la reivindicación 1, donde presentar la probable ubicación de la anomalía comprende además eliminar una probable ubicación de la anomalía comparando características de la anomalía y restricciones fijas.
- 10 19. El método computarizado de la reivindicación 18, donde las restricciones fijas se seleccionan del conjunto que comprende datos de diámetro de tubería, datos de fallas del servicio y datos de trazado de la red.
20. El método computarizado de la reivindicación 1, donde presentar la probable ubicación de la anomalía con una puntuación asignada a la ubicación de la anomalía comprende además presentar una ruta de la red que
15 probablemente contenga la probable ubicación de la anomalía.
21. Un sistema computarizado para determinar una o más ubicaciones probables de una anomalía, estando dispuestas las una o más probables ubicaciones de la anomalía a través de una red de distribución de agua, comprendiendo la red de distribución de agua por lo menos una red de tuberías para entregar agua a los
20 consumidores y una pluralidad de medidores colocados dentro de la red de distribución de agua, estando el sistema dispuesto para llevar a cabo un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

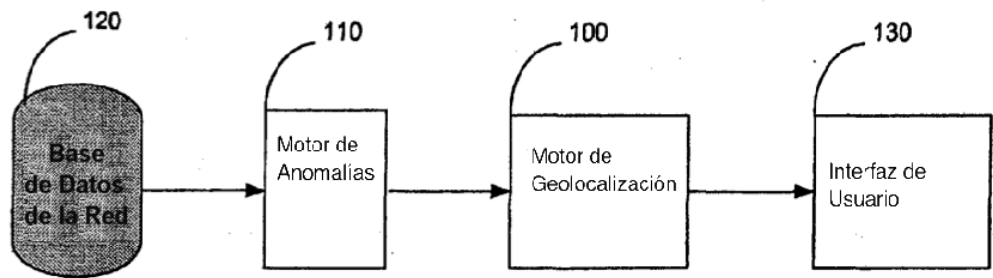


Fig. 1

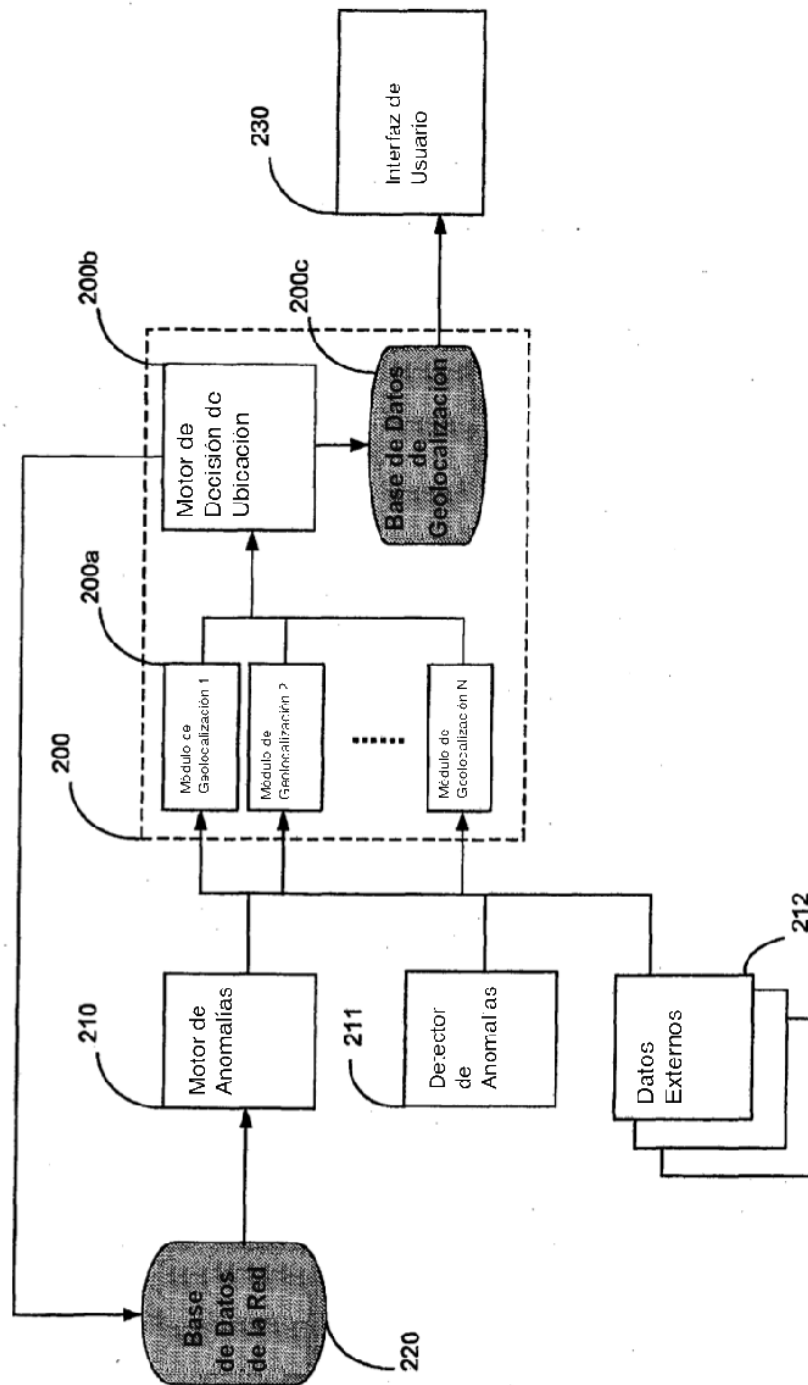


Fig. 2

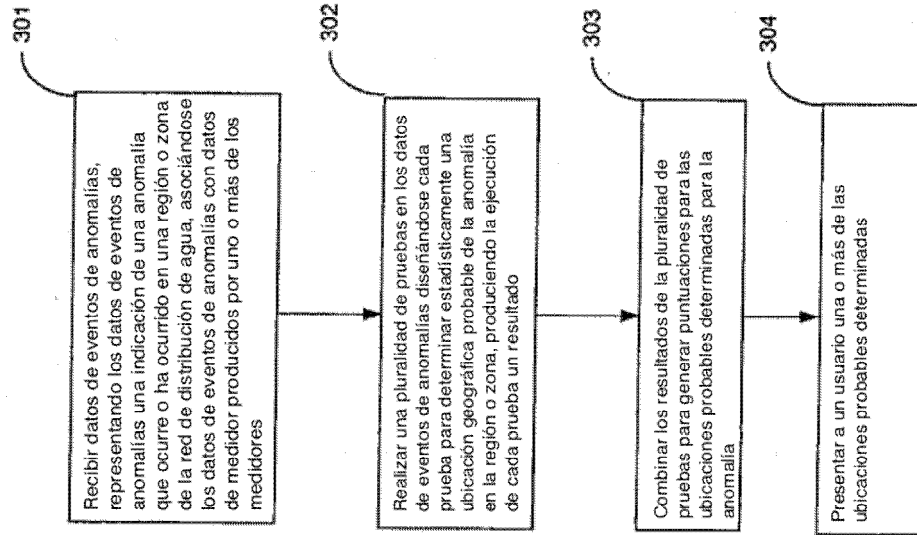


Fig. 3

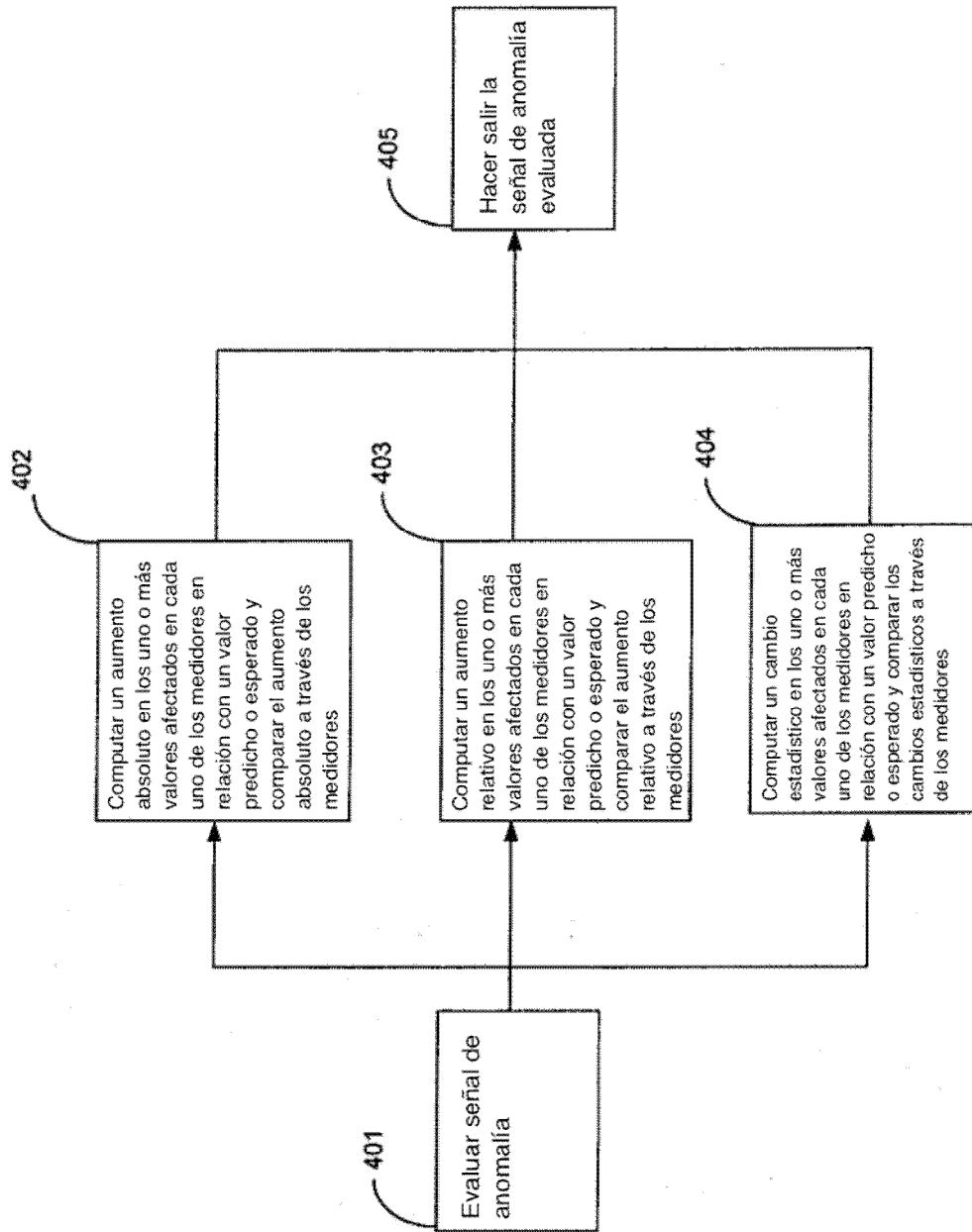
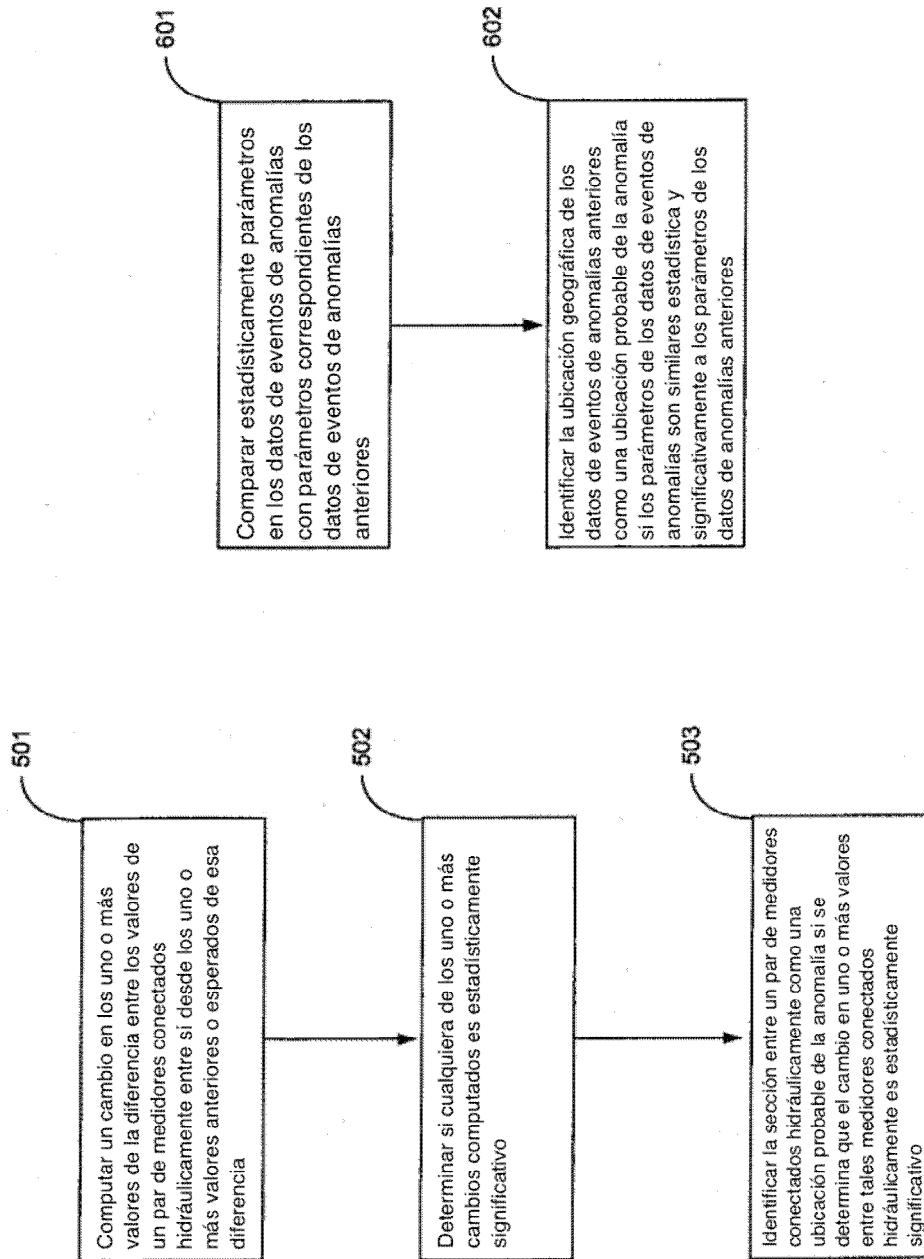


Fig. 4



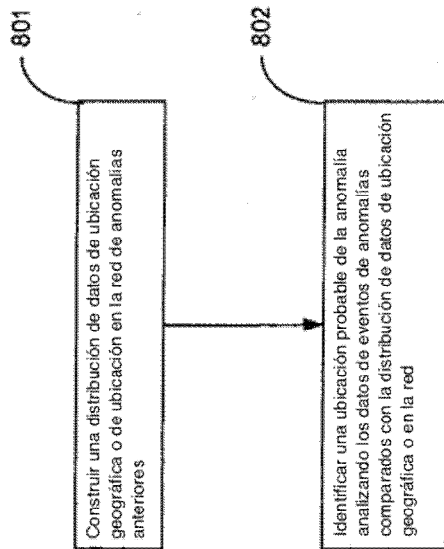


Fig. 8

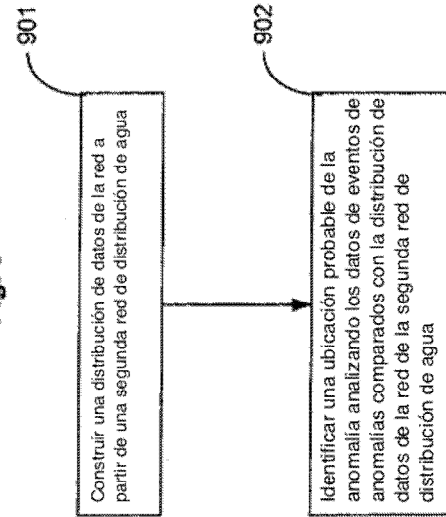


Fig. 9

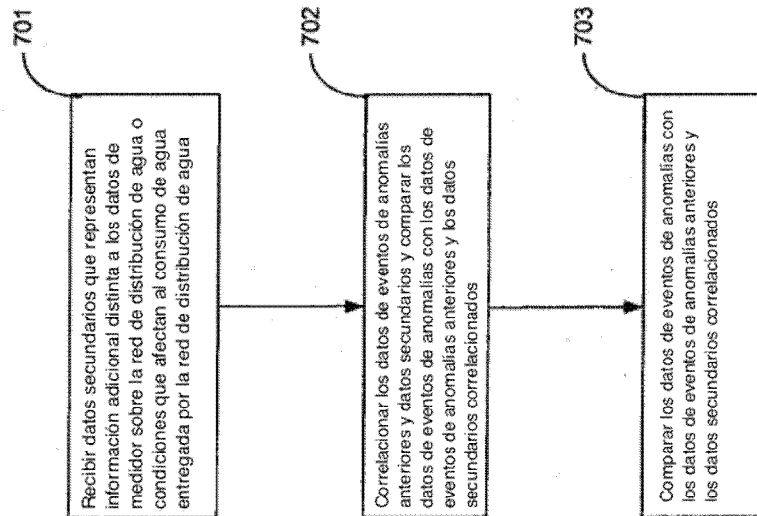
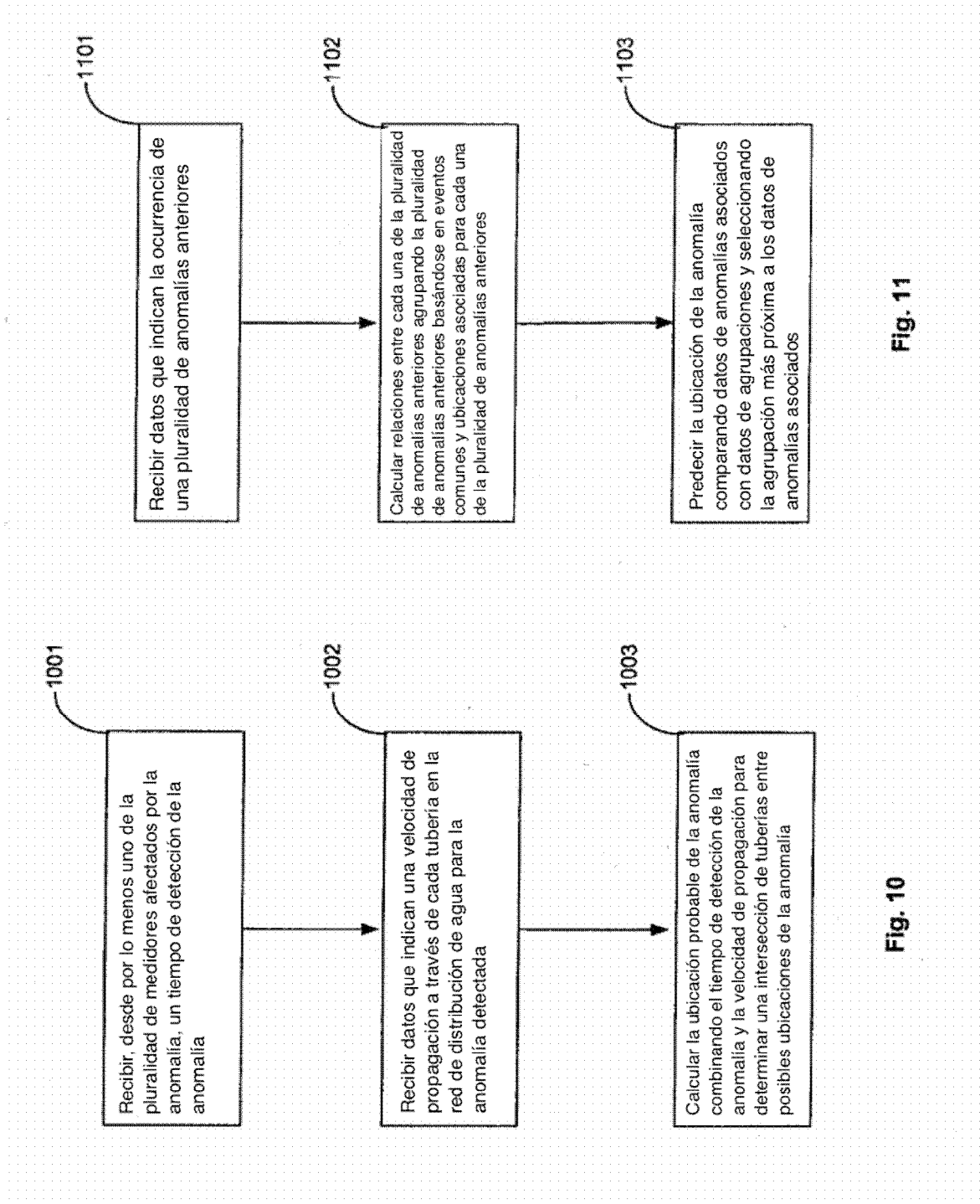


Fig. 7



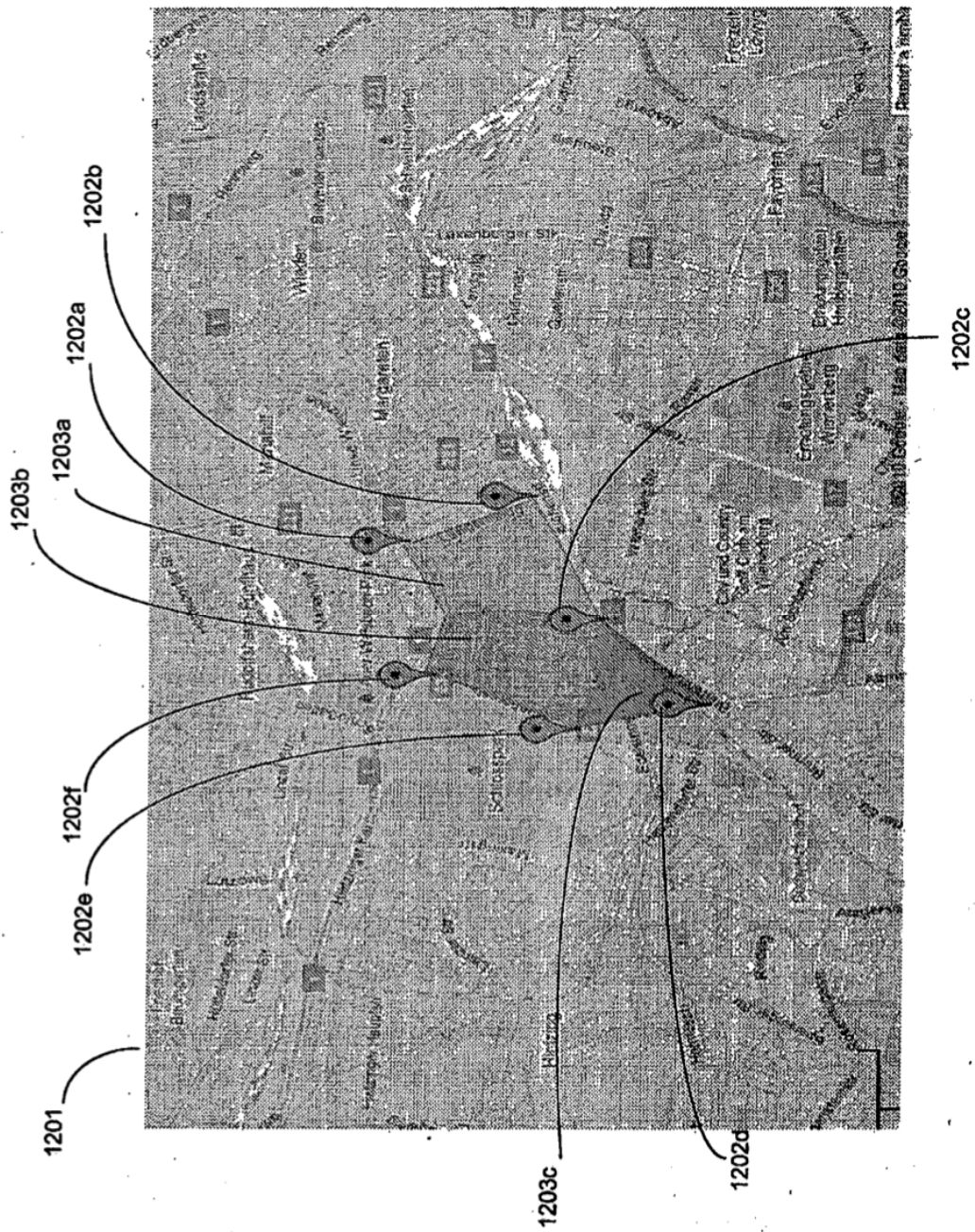


Fig. 12

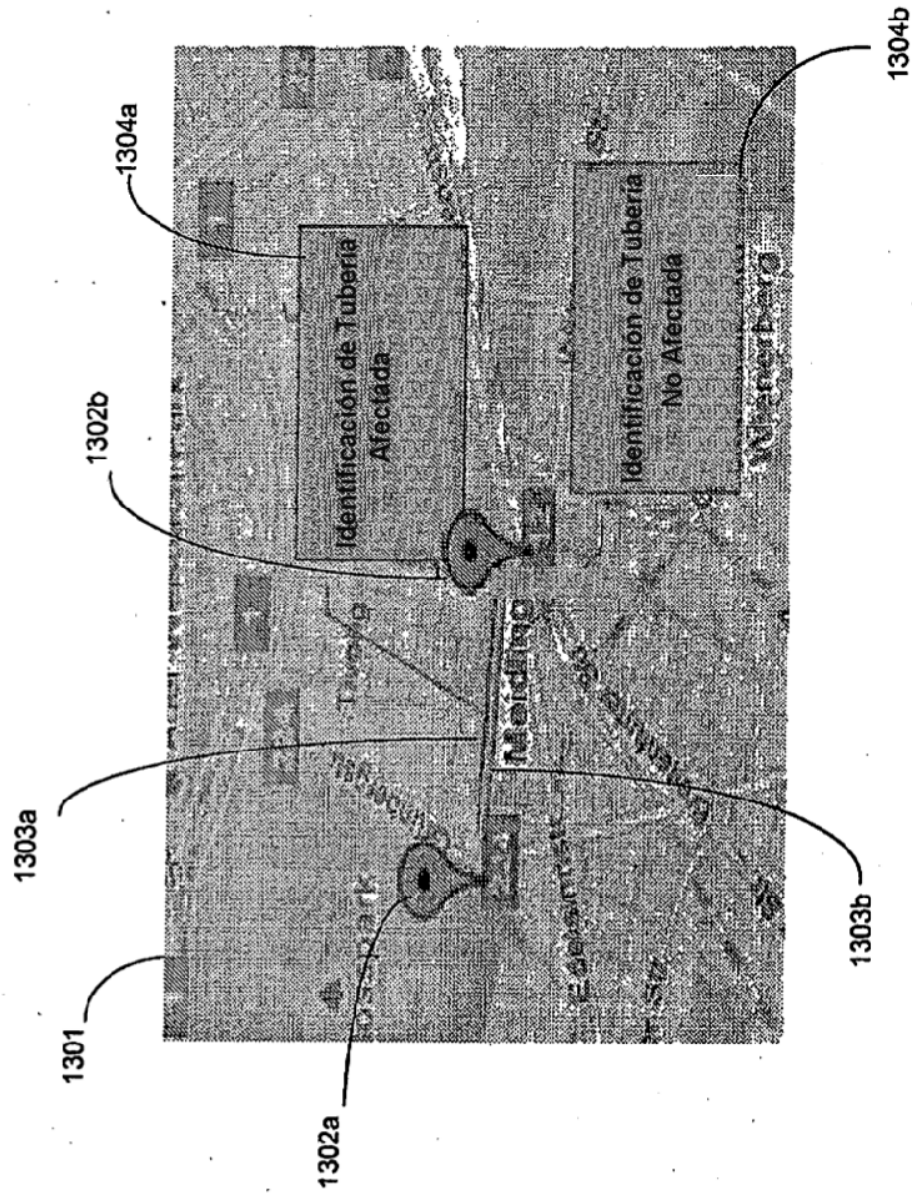


Fig. 13

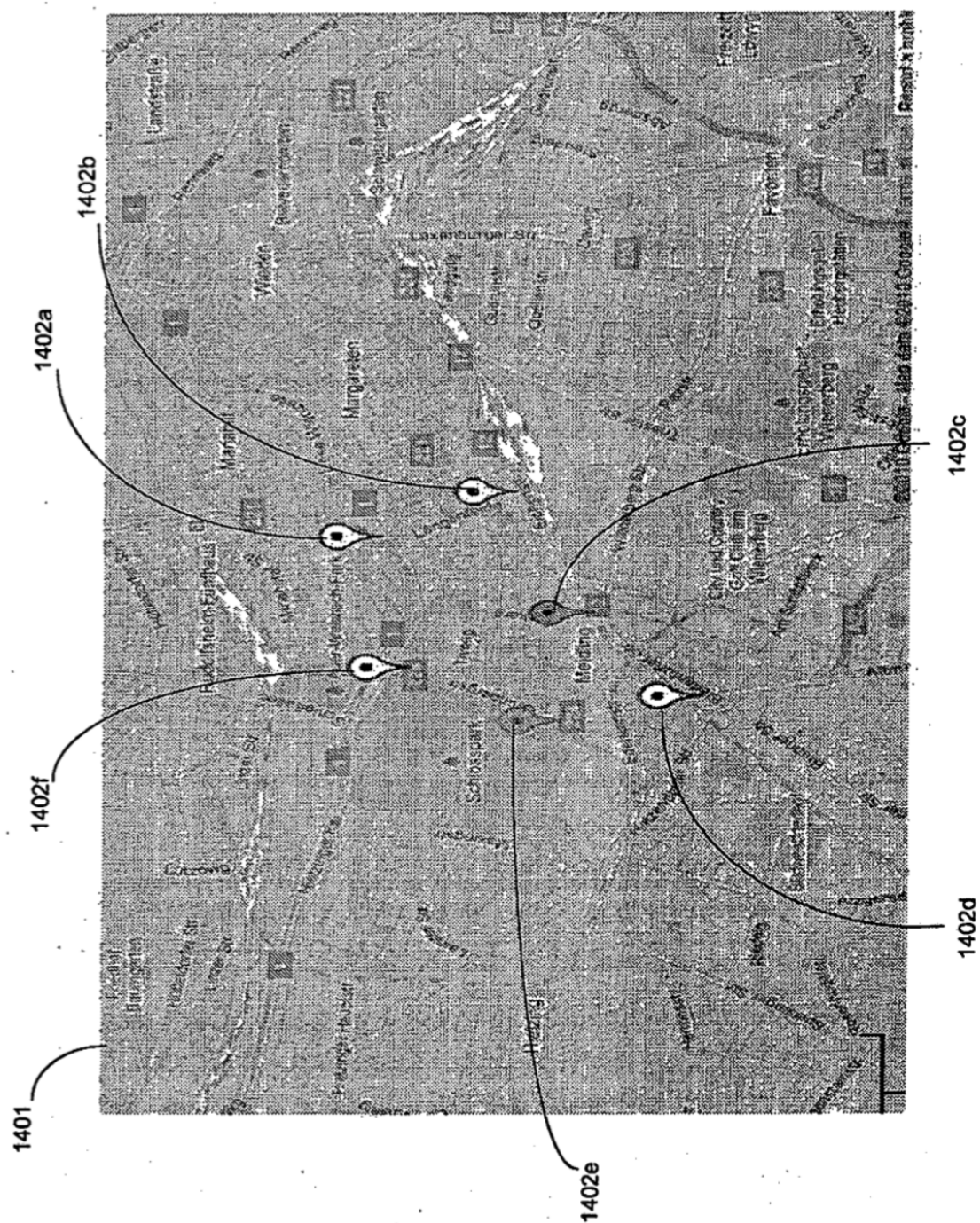


Fig. 14