

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 741 578**

51 Int. Cl.:

G01M 3/16 (2006.01)

G01M 3/18 (2006.01)

G01N 22/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.07.2011 E 11425169 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 2538192**

54 Título: **Aparato y método para la detección y localización de fugas en tuberías subterráneas**

30 Prioridad:

23.06.2011 IT BA20110034

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

11.02.2020

73 Titular/es:

**MONITECH SRL MONITORING TECHNOLOGIES
(100.0%)
P.zza Mazzini, 56
73100 Lecce, IT**

72 Inventor/es:

**CATALDO, ANDREA MARIA;
CANNAZZA, GIUSEPPE y
DE BENEDETTO, EGIDIO**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 741 578 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

Aparato y método para la detección y localización de fugas en tuberías subterráneas

La presente invención se refiere, en general, a un aparato y a la metodología relevante para la identificación de fugas en tuberías de fluido, y más particularmente a un sistema basado en reflectometría de microondas para detectar fallas y fugas en tuberías de agua.

La identificación de fugas en tuberías de agua (y, más generalmente, en tuberías de fluido) es extremadamente importante: de hecho, la localización eficaz y efectiva de fugas no solo tiene efectos beneficiosos en diversos contextos, sino que también proporciona muchas ventajas prácticas en cuanto a la optimización y racionalización de recursos hídricos y de sistemas de distribución de agua. De hecho, en muchos sistemas de distribución de agua, se pierde una cantidad considerablemente importante de agua debido a las fugas y fallas en tuberías, medidores de agua inexactos, el uso con fines públicos (tales como lucha contra incendios o limpieza de tuberías de agua), robos, etc. Sin embargo, las fallas, fugas o fracturas en las tuberías representan la gran parte de motivos de pérdida de agua.

También se conoce bien que, en el estado de la técnica, los programas de control de fugas implican, normalmente, dos etapas principales: auditorías de agua (estimación del flujo de agua dentro y fuera de la totalidad del sistema de distribución o dentro y fuera de un distrito específico) y estudios de detección de fugas, que tienen como objetivo la localización detallada de la fuga. En la actualidad, los estudios de detección de fugas se llevan a cabo, habitualmente, a través de técnicas electroacústicas. En estos estudios, para llevar a cabo una "campaña de escucha" preliminar, normalmente, el personal técnico emplea "dispositivos de escucha" específicos, que deben ponerse en contacto con la tubería a través de los puntos accesibles del sistema de distribución de agua (es decir, válvulas, orificios de acceso o bocas de incendios). De esta manera, es posible obtener una idea aproximada de la posible presencia de fugas (o fallas) y de su ubicación. Posteriormente, las fugas deben detallarse de manera precisa escuchando sonidos de fuga en la tierra directamente por encima de la tubería. Un ejemplo que se encuentra en esta categoría puede ser la patente estadounidense US5287884, que se refiere a un sistema de monitorización de flujo de agua para determinar la presencia de fugas en tuberías de fontanería que presentan agua que fluye a través de las tuberías a alta presión; un sistema de este tipo, que tiene el objetivo de individualizar las fugas, está equipado con diversos instrumentos de medición (colocados al comienzo y al final de la tubería que va a monitorizarse), con diversos sensores (por ejemplo, micrófonos con amplificador), y con un sistema de control.

Los dispositivos de escucha acústicos que se emplean normalmente pueden ser tanto del tipo mecánico como del tipo electrónico (por ejemplo, vástagos de escucha, geófonos o micrófonos). Estos dispositivos recurren a mecanismos de detección o a elementos de detección (tales como materiales piezoeléctricos, con el fin de detectar el sonido o vibración inducido por las fugas de agua. Los dispositivos de escucha electrónicos actuales también incluyen amplificadores de señal y filtros de ruido, para mejorar la calidad de las señales medidas.

Los elementos de correlación de ruido de fuga, que también son dispositivos electroacústicos, son más sofisticados que los dispositivos mencionados anteriormente; de hecho, incluyen microprocesadores integrados que permiten la adquisición y procesamiento de datos automáticamente. Un elemento de correlación de ruido intenta detectar el sonido de la fuga en dos puntos que aíslan la posible fuga (normalmente individualizada a través de un estudio preliminar), empleando sensores de vibración (o, alternativamente, hidrófonos) unidos a dos puntos de contacto con la tubería implicada. Las señales detectadas se transmiten inalámbricamente desde los sensores hasta el elemento de correlación y, dado que la fuga no se encuentra necesariamente en el punto intermedio entre los dos sensores, se producirá un periodo de retardo (provocado por la propia presencia de la fuga). Dicho periodo de retardo se evalúa aplicando la función de correlación cruzada, que debe presentar un pico significativo en correspondencia con el punto en el que se encuentra la fuga. Una técnica similar para la detección de fugas se describe en la patente estadounidense US5038614, que describe un método de detección de fugas, basándose en el análisis de vibraciones axial y torsional y de las fluctuaciones de presión (creadas por tales situaciones) que se detectan colocando acelerómetros y/o extensómetros y sensores de presión en puntos seleccionados en la tubería. La ubicación de la fuga se determina llevando a cabo procedimientos de correlación cruzada y deconvolución para estimar la diferencia de la velocidad de onda acústica de ondas axial frente a torsional.

De manera similar, la solicitud de patente europea EP0831316 describe un aparato de correlación de ruido para la localización de fugas en tuberías.

Métodos de la técnica anterior convencionales para detección de fugas de agua incluyen técnicas no acústicas, tales como la técnica de gas indicador, la obtención de imágenes infrarrojas, y el radar de penetración en la tierra (GPR).

En resumen, las aplicaciones basadas en técnicas electroacústicas (que, tal como se mencionó, son las más generalizadas) tienen ciertas desventajas. En primer lugar, para los dispositivos de escucha que se emplean normalmente (por ejemplo, geófonos o micrófonos), independientemente de su tipología (mecánica o electrónica), a pesar de su relativa facilidad de uso, la eficacia al detectar fugas depende en gran medida de la experiencia del operario. De hecho, la eficacia de los propios métodos se ve influida por diversos factores, tales como dimensiones, material y profundidad de la tubería; tipo de suelo; presión de agua, sensibilidad; intervalo de frecuencia de la

instrumentación; etc. De hecho, la aplicabilidad y la eficacia de detección de dichos dispositivos de escucha se ven fuertemente limitadas a condiciones de funcionamiento específicas de la tubería; en particular, la presión debe ser lo suficientemente elevada (al menos 2-3 bar). Asimismo, el uso de los dispositivos de escucha mencionados anteriormente se caracteriza a menudo por errores en la localización de las fugas, y grandes incertidumbres en la posición de la fuga; finalmente, las mediciones requieren un tiempo excesivamente largo (que, claramente, termina aumentando los costes de personal). Algunos instrumentos, tales como los relacionados con los métodos de correlación, están caracterizados por unos elevados costes de implementación y elevados costes de funcionamiento. Adicionalmente, al emplear las técnicas de la técnica anterior, no es posible llevar a cabo una monitorización continua controlada de manera remota, lo que permitiría comprobar de manera sistemática la "salud" de la infraestructura. Además, las técnicas de la técnica anterior no son adecuadas para individualizar fugas en tuberías de plástico. Finalmente, existen problemas prácticos adicionales relacionados con las técnicas mencionadas anteriormente, tales como el hecho de que el material y el diámetro de las tuberías influyen considerablemente en la atenuación de las señales de fuga. De hecho, un gran diámetro de la tubería provoca una mayor atenuación de la señal de fuga, dificultando, por tanto, la individualización de la fuga; la fuerza de la señal de fuga también se ve profundamente influida por el tipo de suelo; los sonidos debido a las fugas cambian considerablemente dependiendo del tipo de la fuga y de su dimensión (grietas, pozos de corrosión, etc.).

Como nota final adicional, con respecto a las otras técnicas mencionadas anteriormente (termografía, método de gas indicador, y GPR), debido a su dificultad de uso intrínseca, los elevados costes que implican y la necesidad de personal altamente cualificado, son raramente empleadas y solo en casos específicos.

Otros ejemplos de aplicaciones inherentes a metodologías de monitorización basadas en reflectometría de microondas son los siguientes: en el documento GB2462078 se describen las posibles configuraciones que puede tener un sistema (comprendido por una pluralidad de sensores/accionadores de punto distribuidos a lo largo de la tubería) para la identificación de grietas o fallas estructurales (corrosión, deformación, etc.) en tuberías que van a usarse para aplicaciones subterráneas; en la publicación internacional WO2008/066904 se describe un sistema y un método para la identificación de anomalías (por ejemplo, puntos de corrosión) en la superficie interior de estructuras alargadas huecas (y, por tanto, también de tuberías), que recurren a reflectometría de dominio de tiempo y reflectometría de dominio de frecuencia; en la publicación internacional WO 02/10709 se describe un sistema, basándose en la propagación de una señal electromagnética a lo largo de la tubería, para la identificación de anomalías (obstrucciones, óxido, soldadura inadecuada, deformación) en tuberías; en el documento EP 2065681 se describe un sistema para la detección de variaciones de propiedades fisicoquímicas de materiales a través de una técnica reflectométrica en la que el material cuyas características van a monitorizarse debe integrarse dentro de su estructura algunos elementos de detección que deben ser sensibles a los cambios de la propiedad que va a monitorizarse y que deben variar sus características eléctricas en función de los cambios que se producen en el material en el que se integran; la publicación internacional WO 97/14943 describe un sistema para la identificación de movimientos de burbuja de gas dentro de conductos que transportan líquido de refrigeración (las burbujas son un indicador del hecho de que el líquido está fugándose a la atmósfera) a través de un transmisor que envía una señal de microonda hacia un conducto de vidrio transparente a las microondas y un receptor que adquiere la señal reflejada.

Con respecto al sistema de detección de fugas basado en reflectometría de microondas, en su lugar, existen los siguientes sistemas: en el documento US 3981181, se describe un par de cables metálicos o un cable coaxial (diseñado y fabricado específicamente, y equipado con un material dieléctrico con propiedades porosas con respecto al líquido cuyas fugas deben monitorizarse) colocados en las proximidades de la tubería o del recipiente cuyas fugas deben monitorizarse; en el documento EP 0298479 se describe un sistema basado en reflectometría de dominio de tiempo para la detección de fugas en el que se coloca un cable eléctrico en las proximidades de la tubería que va a monitorizarse y se individualiza la presencia de la fuga a medida que varía localmente la impedancia eléctrica del cable, provocado por el líquido cuando penetra en el material poroso integrado en el cable eléctrico; en el documento US 5134377 se describe un instrumento para mediciones de reflectometría de dominio de tiempo, este instrumento está destinado a detección de fugas de agua y debe emplear un cable integrado con un material poroso que debe absorber y retener el líquido que sale de la tubería, entonces se mide la variación de impedancia eléctrica correspondiente a través del instrumento descrito; el documento EP 0580903 describe un sistema de detección de fugas de "tubería dentro de una tubería", en el que el elemento de detección está constituido por un cable enrollado a lo largo de la tubería e integrado en el interior de un material poroso que retiene el líquido que se fuga de la tubería, la tubería debe fabricarse específicamente para alojar el elemento de detección; finalmente, el documento US 2010/171483 describe un sistema para detectar anomalías (por ejemplo corrosión) en tuberías metálicas, las tuberías deben estar rodeadas por un material dieléctrico que, a su vez, debe estar rodeado por otra tubería metálica.

Con respecto a las aplicaciones mencionadas anteriormente, algunas de ellas (los documentos GB2462078, las publicaciones internacionales WO 2008/066904, WO 02/10709, WO 97/14943, y los documentos EP 2065681 y EP 0527404) son sustancialmente diferentes del objeto de la invención que se describirá a continuación en el presente documento; por otro lado, las aplicaciones restantes (los documentos US 3981181, EP 0298479, US 5134377, EP 0580903, US 2010/171483) muestran la evidente desventaja que requieren el diseño y fabricación de elementos de detección *ad-hoc* específicos (para detectar la fuga de tubería), concretamente equipados con un material poroso que debe absorber y retener la fuga de líquido de la tubería. La presente invención, en su lugar, se refiere al

desarrollo de una técnica de detección de fugas alternativa basada en reflectometría de microondas, que pueda superar los límites de aplicación mencionados anteriormente, y que también pueda individualizar de manera rápida y eficaz fugas en tuberías subterráneas con longitudes de centenares de metros.

5 Por tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un aparato según la reivindicación 2 y la metodología relevante según la reivindicación 1, empleando ambas una técnica de reflectometría de microondas, para detectar y localizar de manera rápida y eficaz fugas de agua (y de fluidos en general) en tuberías subterráneas.

Estas y otras características y ventajas relacionadas de la presente invención también se describirán en mayor detalle a través de la ilustración de algunas realizaciones preferidas no limitativas de la invención, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 10 • la figura 1 es una vista esquemática, simplificada de una realización preferida de la invención prevista para tuberías de metal subterráneas existentes (es decir, que ya están instaladas y en uso);
- la figura 2 muestra la vista detallada de los componentes, relevantes al diagrama mostrado en la figura 1 y de sus métodos de interconexión,
- 15 • la figura 3 muestra un ejemplo de un resultado de medición habitual obtenido en presencia de una fuga de agua en una tubería de metal cuando se emplean el aparato representado en la figura 1 y un cable de acero (con una sección transversal circular que tiene un diámetro de 5 mm) usado como elemento de detección para la identificación de la fuga;

20 La técnica reflectométrica, que opera en el dominio de tiempo (TDR) o dualmente en el dominio de frecuencia (FDR), y, en particular, la reflectometría de microondas (es decir, una técnica de reflectometría que se basa en el uso de señales electromagnéticas de microondas) se usa de manera general con fines de evaluación y monitorización, gracias a su elevada precisión de medición, alta versatilidad, y robustez; gracias a los costes de implementación relativamente bajos; y gracias a la posibilidad de llevar a cabo mediciones continuas, automatizadas, controlables de manera remota, en tiempo real. Tales metodologías se usan de manera general para caracterizaciones dieléctricas y espectroscópicas; para mediciones de impedanciometría; para evaluación de fallas; y también para controles cualitativos, cuantitativos y/o estructurales en diversos tipos de materiales, dispositivos y componentes.

25 El principio básico en el que se basa este método de medición se encuentra en la propagación de una señal electromagnética apropiada (normalmente, una señal escalonada de tensión con tiempo de elevación muy corto), a lo largo de una línea de transmisión, a través del sistema sometido a prueba. A partir de la señal reflejada correspondiente, es posible obtener el perfil de impedancia eléctrica del sistema sometido a prueba, y, por tanto, las características intrínsecas (cualitativa y cuantitativa) de dicho sistema sometido a prueba. De hecho, las variaciones de permitividad dieléctrica, que están directamente relacionadas con la impedancia eléctrica, pueden detectarse de manera eficaz a través de las técnicas basadas en reflectometría. La reflectometría es particularmente útil para mediciones de contenido de humedad; de hecho, el agua muestra un valor elevado de permitividad dieléctrica relativa (aproximadamente igual a 80), y, por tanto, la presencia de agua en un medio, tal como el suelo, puede detectarse y medirse fácilmente. Normalmente, tales aplicaciones tradicionales de reflectometría de microondas se basan en el uso de sondas de medición metálicas adecuadas (generalmente, las sondas tienen una configuración coaxial, bifilar o trifilar), que se conectan a través de conexiones apropiadas a la unidad reflectométrica y permiten que la señal se propague a través del sistema sometido a prueba, también permitiendo, por tanto, el análisis de la señal reflejada.

30 Mediante el aprovechamiento de los principios mencionados anteriormente de una metodología de evaluación de este tipo, un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema, que puede trabajar en diferentes configuraciones, para la localización de fugas, fallas o un mal funcionamiento en tuberías subterráneas. En una realización preferida no limitativa de la invención, es posible implementar una configuración del aparato para la detección y localización no invasiva de fugas en tuberías metálicas subterráneas ya existentes (es decir, que ya están instaladas y en uso). Esta última categoría incluye la inmensa mayoría de las tuberías de agua que se instalan en la actualidad en el sistema de distribución de agua. Tal como puede observarse a partir de la figura 1 y a partir de la figura 2, en este caso, el diseño del aparato de detección de fugas comprende dos secciones principales: una sección incluye la instrumentación electrónica, las herramientas adquisición y procesamiento de datos, el software de gestión de sistema (con posibilidad de mediciones automáticas, de adquisición de datos remotamente, y de transmisión de datos); mientras que la otra sección incluye los elementos de detección y los accesorios necesarios para las conexiones. La figura 2 muestra una vista detallada de los componentes que pueden usarse y de los métodos de conexión correspondientes. Haciendo referencia continuada a la figura 1 y a la figura 2, para el caso de detección de fugas en tuberías de agua que ya están instaladas, los componentes principales que constituyen el aparato de la presente invención son una unidad 1 reflectométrica; una calculadora 2 electrónica que proporciona contacto con la unidad 1 reflectométrica; un elemento 3 de detección (fabricado a partir de material eléctricamente conductor) que debe colocarse en la superficie 11 de carretera (por ejemplo, pavimento) en correspondencia con la tubería 5 de metal subterránea y que debe conectarse a la unidad 1 reflectométrica a través de una conexión 6 apropiada que, a su vez, puede realizarse a través de una longitud de cable 7 coaxial (cuya parte positiva se conecta a la unidad 1 reflectométrica) y otro elemento 9 de conexión eléctrica (por ejemplo, una longitud de cable unipolar

que termina con una pinza de cocodrilo) que conecta la tierra de referencia de la unidad 1 reflectométrica a la tubería 5 de metal a través del punto 8 de acceso a la tubería, garantizando, por tanto, una continuidad eléctrica; diversos accesorios, conectores y cables y alambres de conexión. Con referencia a la unidad 1 reflectométrica, teniendo en consideración la aplicación específica, es preferible usar un instrumento compacto, portátil, que pueda alimentarse con baterías y que pueda generar la señal incidente y digitalizar, adquirir y mostrar los datos de medición. Sin embargo, este componente puede sustituirse por un osciloscopio que va a usarse junto con un generador de señal apropiado. El elemento 3 de detección puede ser un cable metálico o cinta metálica de longitud adecuada; dicho elemento de detección puede fijarse a la superficie 11 de carretera y también puede realizarse como una serie de módulos de diferente longitud. Por otro lado, la conexión 6 está constituida por una longitud de cable coaxial con impedancia que se hace coincidir con la impedancia de la unidad 1 (normalmente, 50 ohms). Finalmente, puede realizarse una conexión 9 eléctrica entre la referencia de tierra de la unidad 1 y el punto 8 de acceso a la tubería 5.

La continuidad eléctrica entre 9 y 5 puede verificarse de manera preliminar a través de un multímetro; en caso de no garantizarse la condición de continuidad eléctrica, es necesario desgastar el elemento de metal que proporciona acceso a la tubería subterránea.

El principio de funcionamiento del sistema para la detección y localización de fugas puede deducirse de la figura 1 y la figura 2: al emplear el procedimiento descrito anteriormente, la señal reflectométrica se propaga a través del elemento 3 de detección y a través de la tubería 5 (debe señalarse que la polaridad de los dos electrodos también puede invertirse). La posible presencia de agua asociada con una fuga (indicada como 4), ubicada a una distancia L_1 desde el punto de medición y a una distancia L_2 desde la terminación 10 de circuito abierto del elemento 3, provoca una variación significativa de la señal reflectométrica medida (normalmente asociada con la presencia de un máximo relativo o un mínimo relativo de la amplitud de dicha señal reflectométrica). Por otro lado, la terminación del elemento 3 provoca la señal reflectométrica habitual de un circuito abierto (es decir, el coeficiente de reflexión tiende al valor +1), lo que resulta útil para individualizar el punto final de la longitud de tubería sometida a prueba; dicho punto final se encuentra a una distancia $L_1 + L_2$ desde el punto de medición.

La señal reflectométrica se muestra en función de tiempo o, de manera equivalente, en función de la distancia aparente, que depende en gran medida de las características dieléctricas del suelo entre la tubería y el elemento de detección. Por tanto, al comparar la distancia $L_1 + L_2$ conocida con la distancia aparente medida, puede evaluarse fácilmente la ubicación de la fuga, tal como se muestra en la figura 3. Esta figura muestra la detección de una fuga de agua que se individualizó en realidad a través del elemento 3 de detección (un cable metálico de 60 m de longitud con una sección transversal circular), colocado a una distancia L_1 (igual a 27 m y correspondiente a una distancia aparente de aproximadamente 60 m) desde el punto de medición. Haciendo referencia continuada a la curva (figura 3) obtenida a través del aparato objeto de la presente invención, es posible individualizar diferentes "regiones" de la curva: la región más hacia la izquierda se refiere a las reflexiones falsas provocadas por la conexión a la tubería 6; la región central de la curva muestra la variación significativa de la señal reflectométrica que está asociada con la presencia de la fuga (en este caso específico, la curva muestra un mínimo relativo); y, finalmente, la región más hacia la derecha de la curva muestra el comportamiento típico de la terminación de circuito abierto del elemento 3 (el coeficiente de reflexión tiende a +1).

Una identificación más precisa del punto en el que se producen las reflexiones significativas puede obtenerse a través del análisis de la derivada de la señal reflectométrica y a través de la implementación de filtros digitales de tiempo/frecuencia adecuados (posiblemente, automatizables), que están destinados a facilitar la identificación de los "picos" que corresponden a la reflexión significativa, también facilitando, por tanto, la interpretación de los datos de medición.

Además, la presencia de una longitud de cable 7 coaxial (normalmente, de unos cuantos metros de largo) sirve para un doble fin: en primer lugar, a través del uso de conectores de BNC, N o SMA habituales, el cable 7 coaxial permite conectar la unidad 1 al elemento 3 de detección, al que solo se conecta un polo (o bien el polo negativo o el positivo); en segundo lugar, el cable 7 coaxial reduce en gran medida el efecto de las reflexiones parásitas provocadas por los grandes desajustes de impedancia que se introducen por la conexión a la tubería en el punto 9 y por la parte vertical de línea que permite el acceso a la tubería. Tales métodos de conexión, sin embargo, provocan la presencia de "picos" de reflexiones falsas (tal como se muestra en la figura 3), que se deben a la transición del cable coaxial a la línea bifilar que forma el elemento 3 con la propia tubería 5. El efecto de dicha abrupta transición, que puede, sin embargo, tenerse en consideración (o verse compensado) comparando la señal adquirida con la correspondiente a una condición habitual de referencia, no compromete el rendimiento global del sistema, y resulta útil para facilitar la localización de punto 6 (correspondiente al comienzo del elemento 3), que es una acción necesaria para calibrar de manera precisa las distancias aparentes de la parte de tubería que se tiene en consideración.

Para la realización preferida descrita de la presente invención, es importante señalar algunos aspectos importantes. Si no existen ni fugas ni fallas, la amplitud de la señal reflectométrica adquirida será prácticamente constante a lo largo de toda la longitud de la tubería que se tiene en consideración. En este caso, puede considerarse que la señal reflectométrica adquirida indica la "condición de funcionamiento óptima" de la tubería que se tiene en consideración; dicho de otro modo, en este caso, las reflexiones detectadas son prácticamente iguales a las que se producirían en condiciones de funcionamiento "habituales" de las tuberías.

Si existe una fuga o una falla, entonces, al emplear el aparato y el método de evaluación que son objeto de la presente invención, se detecta una variación sustancial de la señal reflectométrica (tal como también puede deducirse de las consideraciones anteriores); una variación de este tipo se provoca por la presencia de agua en el suelo alrededor de la fuga o por una falla genérica o un mal funcionamiento (que se refiere, sin embargo, a un cambio local de impedancia eléctrica). Esta parte de señal reflejada contiene de manera intrínseca información que resulta útil para detectar y para ubicar los fenómenos mencionados anteriormente (figura 3). Dado que la medición se realiza simultáneamente a lo largo de toda la longitud de la tubería que se tiene en consideración y dado que la señal reflectométrica está directamente asociada con distancias (o con tiempos de recorrido), posibles variaciones de la señal reflectométrica provocadas, por ejemplo, por la presencia de una fuga están intrínsecamente relacionadas con la distancia de la fuga desde el punto de medición; por ende, dichas variaciones permiten ubicar la posición de la fuga. Adicionalmente, a partir del análisis de la señal reflectométrica, también es posible evaluar de manera cuantitativa la extensión de la fuga (de hecho, cuanto mayor sea la cantidad de agua de la fuga, mayor será la amplitud de la señal reflejada) o comprender el tipo de daño (por ejemplo, tuberías bloqueadas o interrumpidas, etc.).

Además, con respecto a la monitorización de fugas en tuberías subterráneas que ya están instaladas, si está disponible más de un "punto (8) de acceso" para la longitud de tubería de agua que se tiene en consideración, entonces la metodología descrita puede implementarse de manera consecutiva en cada punto de acceso, para obtener múltiples mediciones de correlación. La posibilidad de realizar mediciones en diversos puntos de acceso a la tubería también puede garantizarse para tuberías que todavía tienen que instalarse, siempre y cuando existan diversas conexiones a la línea de transmisión.

REIVINDICACIONES

1. Metodología para la detección y localización de fugas, en tuberías subterráneas, basándose en el principio de la reflectometría de microondas, a través de un aparato que comprende una unidad (1) reflectométrica, una calculadora (2) electrónica, un elemento (3) de detección realizado de material eléctricamente conductor colocado en la superficie de carretera en correspondencia con la tubería (5) de metal subterránea, accesorios (9) para la conexión eléctrica entre la unidad (1) reflectométrica y la tubería (5) subterránea y accesorios (7) para la conexión eléctrica entre la unidad (1) reflectométrica y el elemento (3) de detección, estando dicha metodología caracterizada por las siguientes etapas:
- 5
- (i) configurar un elemento (3) de detección, que, junto con la tubería (5) de metal actúa como línea de transmisión en el que la conexión (6) eléctrica entre el elemento (3) de detección y la unidad (1) reflectométrica se realiza a través de un cable (7) coaxial con una impedancia eléctrica aproximadamente igual a la impedancia de salida de la unidad (1) reflectométrica y en el que la conexión (9) eléctrica se realiza a través de un cable unipolar que va a conectarse entre un punto de acceso a la tubería, permitiendo, por tanto, la continuidad eléctrica entre la tubería y la unidad (1) reflectométrica;
- 10
- (ii) enviar una señal electromagnética desde la unidad (1) que se propaga a través de una línea de transmisión que consiste en el elemento (3) de detección y la tubería (5) subterránea;
- 15
- (iii) detectar la señal reflectométrica;
- (iv) visualizar e interpretar la señal reflectométrica en función de tiempo o, alternativamente, en función de la distancia aparente correspondiente en función de propiedades dieléctricas del suelo entre dicha tubería (5) subterránea y dicho elemento (3) de detección, haciendo énfasis particular en la pérdida de agua;
- 20
- (v) identificar las variaciones dieléctricas significativas asociadas con la señal reflectométrica detectada (normalmente las correspondientes a la presencia de un máximo o mínimo relativo) haciendo énfasis particular en la pérdida de agua;
- (vi) localizar la posible situación de fuga a una distancia L_1 desde el punto de medición y L_2 desde el elemento (3) de terminación;
- 25
- (vii) calibrar entre la distancia $L_1 + L_2$ de referencia conocida y la distancia aparente medida correspondiente para evaluar la correcta localización espacial de la fuga;
- (viii) implementar filtrado de señal específico para mejorar la interpretación de la detección reflectométrica.
2. Aparato para llevar a cabo la metodología según la reivindicación 1, que comprende una unidad (1) reflectométrica, una calculadora (2) electrónica, un elemento (3) de detección realizado de material eléctricamente conductor colocado en la superficie de carretera en correspondencia con la tubería (5) de metal subterránea, un cable (9) unipolar para la conexión eléctrica entre la unidad (1) reflectométrica y la tubería (5) subterránea y un cable (7) coaxial con una impedancia eléctrica aproximadamente igual a la impedancia de salida de la unidad (1) reflectométrica para la conexión eléctrica entre la unidad (1) reflectométrica y el elemento (3) de detección.
- 30
- 35

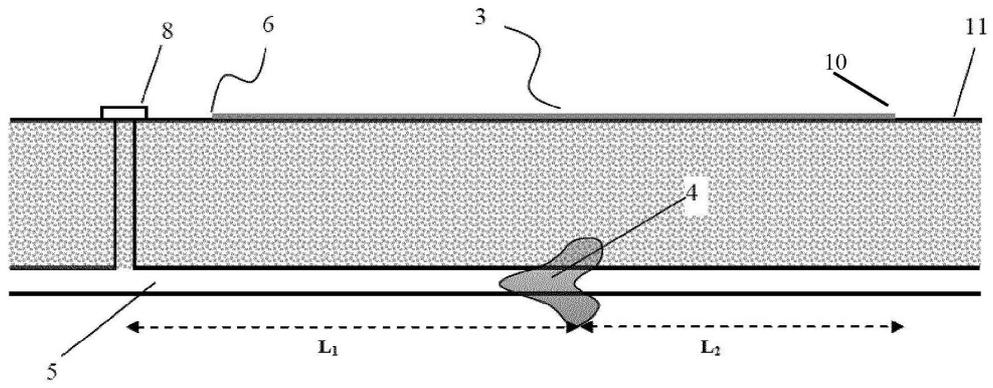


Fig.1

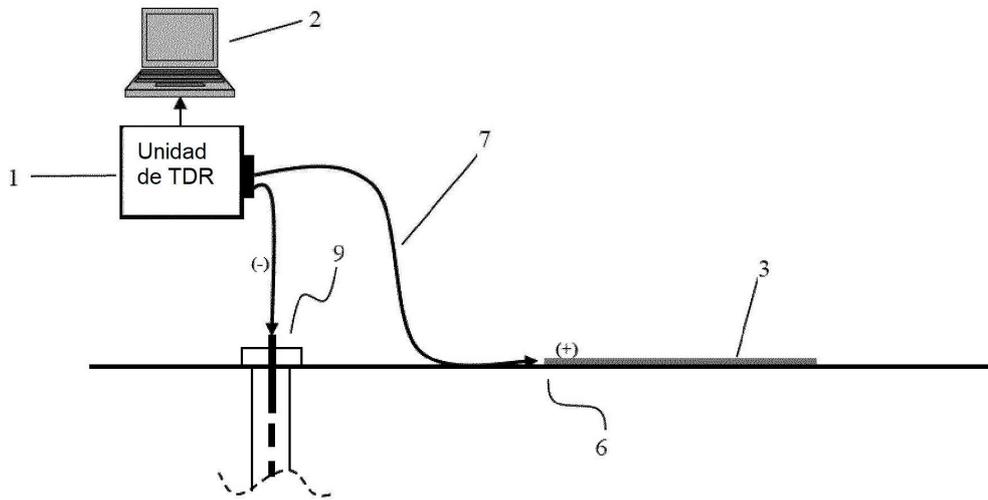


Fig. 2

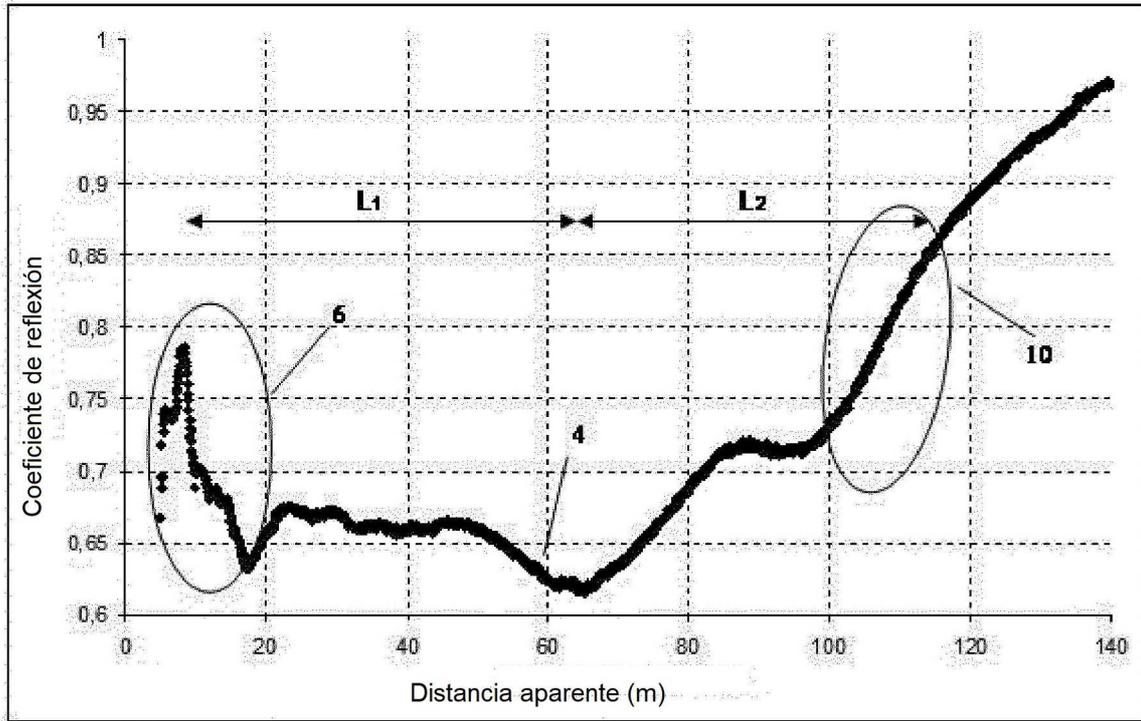


Fig.3