

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 816 999**

51 Int. Cl.:

**G01P 13/00** (2006.01)

**G01M 3/00** (2006.01)

**G01M 3/28** (2006.01)

**G01F 1/68** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.01.2016 PCT/GB2016/050021**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.07.2016 WO16110696**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.01.2016 E 16700659 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2020 EP 3243080**

54 Título: **Dispositivo de detección de flujo**

30 Prioridad:

**07.01.2015 GB 201500174**

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

**06.04.2021**

73 Titular/es:

**HOMESERVE PLC (100.0%)  
Cable Drive  
Walsall, West Midlands WS2 7BN, GB**

72 Inventor/es:

**BAILEY, SAMUEL**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 816 999 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**

Dispositivo de detección de flujo

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere en general a un detector de fugas de agua para detectar flujo de fluido en un sistema de tuberías. La divulgación se refiere a un dispositivo para detectar flujo en tuberías, en particular, un detector de flujo de fluido, un detector de fugas y un sistema de suministro de agua que comprende dicho detector de fugas.

10

**Antecedentes de la invención**

Ser capaz de detectar el flujo de fluido en una tubería tiene muchas aplicaciones útiles. Una clave es detectar la presencia de fugas en un sistema de tuberías. La detección de flujo en un sistema cuando todas las tomas y válvulas están cerradas generalmente indicará la presencia de una fuga en el sistema que se está monitorizando.

15

Se pueden usar sistemas de tuberías para transmitir una gama completa de fluidos de aire y otros gases, incluyendo gases combustibles a líquidos. Los líquidos pueden ser agua, aceites o cualquier otro líquido. En cualquier sistema de tuberías es importante saber si hay fugas en el sistema de tuberías.

20

Existen muchas tecnologías para medir el flujo. Muchas implican un dispositivo mecánico en el flujo, por ejemplo, un impulsor o un disco de nutación. Con el fin de adaptarse a estos, el sistema debe ser drenado y el dispositivo insertado en la tubería. Esto puede ser inconveniente. Adicionalmente, existe el riesgo de fugas en el área donde se ha insertado el dispositivo de medición.

25

También existen técnicas de medición no invasivas, por ejemplo, ultrasonidos y medición de flujo de masa térmica. No obstante, los sistemas de ultrasonidos tienden a ser relativamente caros y no detectan velocidades de flujo inferiores a aproximadamente 1 cm/seg. La medición del flujo de masa térmica requiere que el fluido sea calentado por un elemento que requiere demasiada energía para que un sistema funcione con baterías durante un período prolongado de tiempo.

30

Es un objetivo de las realizaciones de la presente invención proporcionar un método preferiblemente no invasivo para detectar el flujo de fluido en un sistema de tuberías.

35

También es deseable en las realizaciones poder monitorizar los caudales, o la falta de los mismos de forma remota desde una unidad de control central o estación de monitorización.

Las realizaciones de la presente invención proporcionan un sistema, un dispositivo y un método para detectar de forma no invasiva el flujo de fluido en una tubería. Ventajosamente, el método y sistema o dispositivo puede ser un método de baja potencia adecuado para un monitor alimentado por batería.

40

Para su uso en la comprensión de la presente invención, Se hace referencia a las siguientes divulgaciones:

- US2010/206090 A1 (Stack);

45

- EP2840362 (Kamstrup);

- WO2015/097407 A1 (GRDF);

50

- US2012/206272 A1 (Borlee) divulga un medidor de fluido mecánico, para líquido o gas. El medidor comprende un medio de análisis para establecer la diferencia de temperatura entre la temperatura del fluido y la temperatura ambiente y para tener en cuenta el valor del caudal de fluido suministrado por el medidor, estando programados dichos medios de análisis para mostrar y/o transmitir información que indica un bloqueo del medidor cuando la diferencia de temperatura es mayor que un límite predeterminado y el valor del caudal suministrado por el medidor es cero;

55

- US9146172 B2 (Trescott);

- US7308824 B2 (Trescott);

60

- [http://www.aircon.panasonic.eu/GB\\_en/happening/4679/](http://www.aircon.panasonic.eu/GB_en/happening/4679/) encontrado disponible el 24.11.15;

- <http://www.neptuneoceanographics.com/thermal-leak-detection.php> encontrado disponible el 24.11.15;

65

- El documento WO01/25743 A1 (Espensen) describe un indicador de fugas que controla una diferencia de temperatura entre la superficie de la tubería de suministro de agua fría y la temperatura de los alrededores. La

figura 2 se refiere a un ejemplo en el que un dispositivo de medición de intervalos de tiempo funciona siempre que la diferencia de temperatura sea superior a 0, y la alarma se iniciará cuando el intervalo de tiempo exceda de 24 horas. La figura 3 se refiere a un ejemplo en el que un dispositivo de medición de intervalos de tiempo funciona siempre que la diferencia de temperatura esté entre 0 y 5 C y la alarma se activará cuando el intervalo de tiempo exceda de 3 horas; y

- El documento WO2011107101 A1 (Klokker) se refiere a un aparato para la detección de fugas en tubos presurizados para el flujo de sustancias, cuyo aparato comprende al menos un detector conectado al exterior de un tubo, cuyo detector mide la temperatura real. Una realización tiene un procesador que repite el almacenamiento de un nuevo conjunto de datos dependiente de la temperatura en una memoria después de un primer período de tiempo definido, realiza un análisis del perfil de temperatura analizando el cambio de temperatura hacia atrás en un segundo período de tiempo, y realiza una búsqueda en el perfil de temperatura de al menos un cambio rápido de la temperatura de la superficie del tubo.

## Sumario

La presente invención es un detector de fugas de agua para detectar el flujo de fluido en un sistema de tuberías, en el que el fluido comprende agua, teniendo el detector un primer sensor de temperatura configurado para detectar temperatura ambiente, un segundo sensor de temperatura para detectar la temperatura de la tubería configurada para ser acoplada en contacto térmico con una tubería de dicho sistema de tuberías, un medio de procesamiento configurado para determinar un valor de diferencia de temperatura entre el primer y el segundo sensores de temperatura y para detectar una fuga en función del valor de diferencia de temperatura, comprendiendo dicha detección de fugas, si el valor de la diferencia de temperatura está por encima de un valor umbral predeterminado para un período de tiempo que tiene una duración predeterminada, una determinación de que fluye fluido en el sistema de tuberías, en el que los medios de procesamiento están configurados para reiniciar la determinación del período de tiempo si la temperatura de la tubería cambia a una velocidad superior a un valor predeterminado.

Realizaciones preferentes se definen mediante las reivindicaciones dependientes.

## Breve descripción de los dibujos

A continuación, se describirán realizaciones con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 muestra un ejemplo de un dispositivo detector de flujo conectado a una tubería.

La figura 2 muestra una vista superior del dispositivo detector.

La figura 3 muestra un alzado lateral que indica cómo se hace contacto con la tubería.

La figura 4 muestra un diagrama de bloques de la interconexión de los componentes.

La figura 5a es un gráfico que muestra la temperatura de la tubería y el aire ambiente durante un período de prueba de 5 horas sin flujo en la tubería donde el agua está más caliente que la temperatura ambiente.

La figura 5b es un gráfico que muestra la temperatura de la tubería y el aire ambiente durante un período de prueba de 5 horas con una pequeña cantidad de flujo en la tubería donde el agua es más caliente que la temperatura ambiente.

La figura 6a es un gráfico que muestra la temperatura de la tubería y el aire ambiente durante un período de prueba de 5 horas sin flujo en la tubería donde el agua está más caliente que la temperatura ambiente.

La figura 6b es un gráfico que muestra la temperatura de la tubería y el aire ambiente durante un período de prueba de 5 horas con una pequeña cantidad de flujo en la tubería donde el agua es más fría que la temperatura ambiente.

La figura 7 es el diagrama de bloques del sistema donde se utiliza una válvula de cierre para cerrar el suministro de agua en caso de que se detecte una fuga.

La figura 8a es un gráfico que muestra la temperatura de la tubería y el aire ambiente durante un período de prueba sin flujo en la tubería donde el agua es más caliente que la temperatura ambiente.

La figura 8b es un gráfico que muestra la temperatura de la tubería y el aire ambiente durante un período de prueba con una pequeña cantidad de flujo en la tubería donde el agua es más caliente que la temperatura ambiente.

La figura 9a es un gráfico que muestra la temperatura de la tubería y el aire ambiente durante un período de prueba sin flujo en la tubería donde el agua es más caliente que la temperatura ambiente.

La figura 9b es un gráfico que muestra la temperatura de la tubería y el aire ambiente durante un período de prueba con una pequeña cantidad de flujo en la tubería donde el agua es más fría que la temperatura ambiente.

Las figuras 10 y 11 muestran otros ejemplos de trazas de temperatura-tiempo.

La figura 12 muestra un ejemplo de implementación de un sistema/dispositivo detector de flujo de fluido.

La figura 13 muestra un ejemplo de dispositivo o sistema informático en el que al menos los medios de procesamiento, por ejemplo, unidad de control electrónico, de una realización puede implementarse.

Realizaciones que no comprenden todas las características de la reivindicación independiente 1, en particular, aquellas que no consideran la tasa de cambios de temperatura de la tubería, no son parte de la presente invención.

### Descripción detallada

Primero describimos un detector de flujo de fluido. Una realización del detector de flujo de fluido es para detectar el flujo de fluido en un sistema de tuberías, teniendo el detector un primer sensor de temperatura para detectar la temperatura ambiente, un segundo sensor de temperatura configurado para montarse adyacente o en contacto térmico con una tubería del sistema de tuberías, unos medios de procesamiento configurados para determinar una diferencia de temperatura entre el primer y el segundo sensores de temperatura y si la diferencia de temperatura está por debajo de un umbral predeterminado durante un período predeterminado, para determinar que ningún fluido fluye en el sistema de tuberías. Los medios de procesamiento pueden comprender uno o más procesadores.

El inventor ha determinado que en un sistema de tuberías, si no hay flujo de fluido en el sistema de tuberías, la temperatura del fluido en la tubería, suficientemente distante de cualquier otra fuente de calefacción o refrigeración, se acercará a la temperatura ambiente durante un período de tiempo. Al determinar la temperatura ambiente del aire u otro medio alrededor del sistema de tuberías y la temperatura del fluido en el sistema, es posible determinar si fluye fluido en el sistema de tuberías. Si la temperatura del fluido en el sistema de tuberías se controla durante un período y se compara con la temperatura ambiente y los dos valores se acercan entre sí y mantienen una diferencia predeterminada o menos durante un tiempo predeterminado, se puede determinar que existe un estado sin flujo. Si las diferencias de temperatura permanecen fuera de un conjunto predeterminado de parámetros, se puede suponer que hay un flujo en el sistema de tuberías.

Si, por otro lado, la diferencia de temperatura entre el "ambiente" y el fluido en la tubería es mayor que un valor predeterminado durante un período predeterminado, se puede suponer que hay un estado de flujo.

El detector de flujo de fluido puede comprender un solo dispositivo o un sistema que tiene más de un dispositivo. De este modo, las referencias a un dispositivo a lo largo de esta memoria descriptiva son intercambiables con referencias a un sistema.

Se puede proporcionar el dispositivo en el que se determina un estado de flujo cero si la diferencia de temperatura entre los sensores de temperatura es inferior a aproximadamente 1,0 grados C (grados centígrados) durante al menos una hora. (El detector de flujo de fluido se denomina dispositivo; como se señaló, el detector puede ser un sistema que comprende más de un dispositivo).

Se puede proporcionar además el dispositivo en el que se determina un estado de flujo cero si la diferencia de temperatura entre los sensores de temperatura es inferior a aproximadamente 0,5 grados C y preferiblemente (es decir, opcionalmente) menos de 0,3 grados C durante al menos una hora.

Además, se puede proporcionar el dispositivo en el que se determina un estado de flujo cero si la diferencia de temperatura entre los sensores de temperatura es inferior a 0,1 °C durante al menos una hora.

La determinación de un estado de flujo cero es particularmente útil en una serie de entornos o instalaciones tales como sistemas de agua domésticos, de oficina o industriales, sistemas de tuberías de fluidos de reserva o repuesto, como los que pueden emplearse en sistemas de emergencia o de respaldo.

En tales sistemas hay períodos en los que se puede anticipar que no habrá flujo de fluido. Esta falta de flujo proporcionará tiempo suficiente para que la temperatura del fluido converja a la temperatura ambiente. Tales períodos pueden ser, por ejemplo, durante la noche o los fines de semana.

Se pueden proporcionar además medios que comprenden en los que se genera una señal de alarma si las diferencias de temperatura caen fuera de los parámetros predeterminados durante un tiempo predeterminado. Tales medios pueden implementarse de diferentes maneras, por ejemplo, usando una indicación y/o comunicación audible y/o visual a una entidad remota, y puede describirse como un generador de alarma.

En un ejemplo, idealmente adecuado para tal sistema es un sistema de suministro de agua doméstico o de oficina. En

- 5 estos sistemas, el agua se suministra desde un sistema de red que normalmente ingresa a un edificio por debajo del suelo. En circunstancias normales, cuando fluye fluido, habrá una diferencia de temperatura entre el fluido entrante y la temperatura del aire que rodea la tubería a varios centímetros del suelo. Al monitorizar estas dos temperaturas durante un período de tiempo, se puede monitorizar su convergencia y siempre que la diferencia en las temperaturas determinadas sea menor que un valor predeterminado durante un período predeterminado, se puede considerar que se logra un estado libre de fugas. No obstante, si hay una pequeña diferencia continua de temperatura, particularmente durante un tiempo cuando no se esperaría flujo, se puede considerar que surge un estado de fuga y se puede generar una alarma o alerta.
- 10 Preferentemente, el sensor de temperatura utilizado para detectar la temperatura del agua está en buen contacto térmico con la tubería. Como alternativa, si el sensor está muy cerca de la tubería, puede ser posible medir la temperatura del fluido en la tubería con suficiente precisión para permitir que una unidad de control y monitorización detecte una diferencia de temperatura.
- 15 Se pueden prever varios mecanismos para garantizar que el sensor de la tubería esté en buen contacto con la tubería. Estos podrían incluir empujar el sensor para que se empuje en contacto con la tubería por resorte u otros medios de empuje. Alternativamente, y más ventajosamente desde el punto de vista de la construcción del dispositivo, se puede usar un clip de resorte para asegurar que el dispositivo esté bien sujeto a la tubería y se pueda colocar para garantizar que el sensor de temperatura esté en buen contacto con la tubería. Alternativamente, una correa u otro mecanismo de amarre podría pasar alrededor de la tubería, fijando el sensor a la tubería. Esto podría aplicar una presión manteniendo el contacto térmico con la tubería.
- 20 El dispositivo está provisto de una Unidad de Control Electrónico (ECU) o un microcontrolador que se puede configurar para tener una de las muchas disposiciones. Se le puede proporcionar una gran cantidad de calibraciones preprogramadas y medir temperaturas y alarmas de señal de acuerdo con un conjunto de instrucciones preprogramadas.
- 25 Como alternativa, cada dispositivo puede estar provisto de una ECU que sea capaz de calibrar las mediciones obtenidas desde los dos sensores de temperatura y calibrarse más de acuerdo con el tipo y los detalles de la instalación. Esto último es ventajoso porque debería garantizar una mayor precisión y reducir el número de falsas alarmas.
- 30 La ECU debe ser capaz de monitorizar las salidas proporcionadas por cada uno de los sensores de temperatura y compararlas durante un período prolongado de tiempo para determinar cualquier diferencia y si las diferencias caen dentro de umbrales predeterminados. Si se cumplen los criterios apropiados, se puede generar una señal de alarma.
- 35 En un entorno doméstico u oficina, la temperatura del agua fría entrante en un suministro de agua varía a lo largo del año, pero es normalmente diferente a la temperatura ambiente debido al agua que se enfría o calienta por la tierra que rodea las tuberías de suministro subterráneas. El agua que fluye a través de las tuberías tenderá a enfriarlas (o calentarlas, dependiendo del clima o época del año) en un grado medible, incluso a caudales muy bajos (hasta 5 ml/min). Este fenómeno se puede usar para detectar si el agua fluye o no en la tubería.
- 40 Al medir la diferencia de temperatura durante un período prolongado de tiempo, se puede detectar la presencia (o ausencia) de flujo. Para una vivienda doméstica típica, se pueden esperar periodos de flujo cero (por ejemplo, de noche). Si se detecta flujo, probablemente indica la presencia de una fuga de agua o un grifo o válvula que gotea en un inodoro. Un usuario puede ser alertado de la presencia de la fuga para que pueda solucionar el problema, reduciendo el daño del agua a una propiedad y reduciendo el desperdicio de agua.
- 45 Ahora también es bien sabido que en entornos domésticos modernos es cada vez más común operar electrodomésticos que consumen agua, tales como lavadoras o lavavajillas, por la noche para beneficiarse de tarifas de energía más baratas disponibles. La operación de tales aparatos dará como resultado un flujo de agua rápido y significativo en períodos durante el ciclo de operación. Este flujo rápido causará un cambio repentino en la temperatura del agua en la tubería. Por lo tanto, el sistema de monitorización puede estar provisto de medios, que generalmente comprenden un procesador y/o al menos un sensor de temperatura, para detectar el cambio repentino y significativo de temperatura y se puede programar una ECU para ignorar o descontar tales sobretensiones repentinas y no producir un estado de alarma.
- 50 En tales circunstancias, el sistema de monitorización puede activarse para reiniciarse, por lo que nuevamente espera que las temperaturas converjan y comience a monitorizar nuevamente.
- 55 Se proporciona además un detector de fugas que comprende el detector de flujo de fluido, en el que el detector de fugas está configurado para indicar una detección de fugas si la diferencia de temperatura no está por debajo de un umbral predeterminado para el período predeterminado, en el que el detector de fugas está configurado para indicar una fuga del sistema de tuberías, preferiblemente en el que el sistema de tuberías es de un edificio doméstico o de un sistema de suministro de agua de oficina.
- 60
- 65

- Ventajosamente, el detector de fugas es para detectar una fuga en un edificio doméstico o sistema de suministro de agua de oficina que comprende una tubería, teniendo el detector de fugas un primer sensor de temperatura que detecta la temperatura ambiente, un segundo sensor de temperatura configurado para montarse adyacente o en contacto térmico con una tubería del sistema de tuberías, y un procesador configurado para determinar una diferencia de temperatura entre el primer y el segundo sensores de temperatura, en el que los medios de procesamiento están configurados para determinar un indicador de transferencia de calor basado en una relación de un indicador de gradiente de tiempo de la temperatura detectada de la tubería en relación con la diferencia de temperatura determinada entre el primer y el segundo sensores de temperatura, en el que dicha temperatura de la tubería es detectada por el segundo sensor de temperatura, estando los medios de procesamiento configurados además para determinar si el indicador de transferencia de calor está por debajo de un umbral predeterminado durante un período predeterminado y para: si el indicador de transferencia de calor está por debajo de un umbral predeterminado durante un período predeterminado, indicar una detección de fugas; y/o si el indicador de transferencia de calor no está por debajo de un umbral predeterminado durante un período predeterminado, indicar ausencia de detección de fugas.
- Los medios de procesamiento pueden configurarse para determinar una función exponencial de mejor ajuste a la temperatura detectada de la tubería y determinar dicho indicador de gradiente de tiempo de temperatura de la tubería sobre la base de dicha función exponencial.
- El detector de fugas implementa la detección de fugas anterior en función de si la diferencia de temperatura no está por debajo de un umbral predeterminado durante el período predeterminado e implementa además la detección de fugas anterior en función de la relación de un indicador de gradiente de tiempo de la temperatura detectada de la tubería con respecto a la diferencia de temperatura determinada. Los dos métodos, el primero basado en si la diferencia de temperatura no está por debajo de un umbral predeterminado para el período predeterminado, el segundo, basado en la relación de un indicador de gradiente de tiempo de la temperatura detectada de la tubería con respecto a la diferencia de temperatura determinada, se combinan, en el que la determinación del período de tiempo se reinicia si la temperatura de la tubería cambia a una velocidad superior a un valor predeterminado.
- Los medios de procesamiento pueden configurarse para controlar un indicador de una derivada de segundo orden con respecto al tiempo de la temperatura de la tubería detectada por el segundo sensor de temperatura y para detectar si dicho indicador de derivada de segundo orden ha estado por debajo de un valor predeterminado durante un tiempo predeterminado, en el que el detector de fugas está configurado para realizar, en respuesta a dicha detección de que dicho indicador derivado de segundo orden ha estado por debajo de un valor predeterminado durante un tiempo predeterminado, dicha determinación si la diferencia de temperatura está por debajo de un umbral predeterminado durante un período predeterminado o dicha determinación si el indicador de transferencia de calor está por debajo de un umbral predeterminado durante un período predeterminado. Esto puede ser ventajoso, por ejemplo, para permitir que se establezca la falta de uso de agua durante un período antes de permitir que comience la monitorización de fugas.
- El detector de fugas puede configurarse para detectar cuándo un indicador de un derivado de segundo orden de la temperatura de la tubería con respecto al tiempo excede un valor predeterminado y para iniciar un período predeterminado en respuesta a dicha detección. Esto puede ser ventajoso, por ejemplo, si se desea asegurar que siempre se inicie un período predeterminado para la monitorización de una fuga desde la última detección de uso de agua.
- Además, el detector de fugas puede configurarse para variar el umbral predeterminado dependiendo de dicha diferencia de temperatura al comienzo del período predeterminado. Dicha variación puede implementarse en una unidad remota de la tubería, por ejemplo, depende de un pronóstico del tiempo.
- El detector de fugas puede configurarse para determinar un momento en que la tubería no debe tener flujo en ausencia de fugas y, si hay alguna diferencia de temperatura residual entre la tubería y la temperatura ambiente en ese momento, ajustar dicho umbral predeterminado dependiendo de dicha diferencia de temperatura residual. Esto se puede ver como una forma de calibración. La determinación del momento en que la tubería no debe tener flujo puede basarse en los datos existentes almacenados internamente, por ejemplo, el detector de fugas ya sabe que no debe producirse flujo en, por ejemplo, 3 am, cada noche, o el detector de fugas puede aprender ese tiempo en función de la información recibida desde una entidad remota. Preferiblemente, el detector de fugas monitoriza tal diferencia de temperatura residual solo durante un período establecido, por ejemplo, las primeras 24 horas, del dispositivo que se está encendiendo, antes de permitir que comience la operación normal de monitorización de fugas.
- Preferentemente, el detector de fugas comprende un generador de alarmas para emitir una alarma en respuesta a al menos una de dichas detecciones de fugas, estando el detector de fugas configurado para detectar un cambio en la temperatura de la tubería detectada y para desactivar el generador de alarma hasta que se haya detectado un número predeterminado de dichos cambios en la temperatura de la tubería detectada (preferiblemente en relación con la temperatura ambiente), en el que el número predeterminado es al menos uno, preferiblemente en el que la detección de cambio comprende una detección de que un cambio de temperatura de la tubería (preferiblemente en relación con la temperatura ambiente) y/o una tasa de cambio de la temperatura de la tubería (preferiblemente en relación con la temperatura ambiente) excede un valor predeterminado respectivo. La detección del número predeterminado puede

requerir tal detección dentro de un intervalo de tiempo predeterminado, por ejemplo, puede requerir que se detecten 3 de estos cambios durante un lapso de tiempo de 24 horas. Ventajosamente, El requisito de detectar tal cantidad de cambios puede garantizar que el detector de fugas solo comience a monitorizar las fugas después de que se establezca con una certeza razonable de que el detector de fugas está realmente instalado en una tubería.

5 Un detector de fugas puede comprender un generador de alarmas para emitir una alarma en respuesta a al menos una de dichas detecciones de fugas y que comprende una interfaz de usuario para permitir a un usuario detener la alarma, estando el detector de fugas configurado para almacenar internamente y/o comunicarse externamente que, y preferiblemente también cuando, la alarma ha sido detenida. De este modo, un tercero puede establecer que la alarma se ha reiniciado.

10 Preferentemente, el detector de fugas comprende un generador de alarmas para emitir una alarma en respuesta a un número predeterminado de dichas detecciones de fugas, en el que dicho número predeterminado es al menos dos y cada detección de fuga se produce durante un respectivo de dichos períodos predeterminados sucesivos. Tal realización puede filtrar efectivamente las detecciones de fugas para prevenir o reducir las falsas alarmas.

15 El detector de fugas puede comprender un generador de alarmas para emitir una alarma en respuesta a al menos una fuga de dicha detección durante un período predeterminado, estando el detector de fugas configurado además para desactivar dicha salida de alarma (preferiblemente durante un tiempo predeterminado) mediante el generador de alarma si: un cambio de al menos la temperatura detectada de la tubería (preferiblemente en relación con la temperatura ambiente) indica la presencia de una fuga durante un primer período predeterminado; y luego un cambio de al menos la temperatura detectada de la tubería (preferiblemente en relación con la temperatura ambiente) indica la ausencia de una fuga durante un segundo período predeterminado, en el que dichos primer y segundo períodos predeterminados son períodos predeterminados sucesivos, y opcionalmente si un cambio de al menos la temperatura detectada de la tubería (preferiblemente en relación con la temperatura ambiente) indica la presencia de una fuga durante un tercer período predeterminado, en el que dichos segundo y tercer períodos predeterminados son períodos predeterminados sucesivos. De este modo, las falsas alarmas pueden prevenirse o reducirse en función de la detección de patrones, por ejemplo, fuga - sin fuga, fuga - sin fuga - fuga, o un patrón más largo. Los períodos predeterminados sucesivos pueden comprender, por ejemplo, períodos nocturnos sucesivos, por ejemplo, comenzando a las 3 am en cada una de las noches sucesivas. En una realización, la decisión de fuga/sin fuga puede no ser una decisión binaria. Podría basarse en un promedio de la diferencia de temperatura en varias mediciones. Por ejemplo, si hay dos mediciones sucesivas, una donde la diferencia de temperatura está significativamente por encima del umbral y otra donde está solo ligeramente por debajo, la diferencia promedio puede estar por encima del umbral y se puede activar la alarma. Alternativamente, el detector puede monitorizar la diferencia de temperatura promedio para una instalación dada, y si cambia en una cantidad por encima de un umbral, luego para dar la alarma.

20 Una realización del detector de fugas comprende un generador de alarmas para emitir una alarma en respuesta a al menos una de dichas detecciones de fugas, estando el detector de fugas configurado para detectar si la temperatura detectada de la tubería es sustancialmente constante durante un tiempo predeterminado a una temperatura que difiere de la temperatura ambiente detectada en más de una cantidad predeterminada y, en respuesta a la detección, inmediatamente activar el generador de alarmas para emitir dicha alarma, preferiblemente en el que dicho período predeterminado es al menos una hora. Esta realización puede ser ventajosa para detectar un estado de alto flujo indeseable, por ejemplo, con flujo de agua similar al de un baño. (En comparación, se produce un estado de flujo bajo, por ejemplo, cuando se deja gotear un grifo). La realización puede ser ventajosa para detectar una tubería rota. Para una tubería rota u otro estado de alto flujo detectada por tal realización, la temperatura de la tubería puede tender a la temperatura máxima (mínima) de extracción dependiendo de si la temperatura del agua es más alta (más baja) que la temperatura ambiente y puede hacerlo durante el día. Algunos valores de ejemplo de la diferencia de temperatura sustancialmente constante pueden ser 2-3 grados, por ejemplo, 1, 2, 3, 4, 5 o 10 grados C.

25 Además, puede proporcionarse el detector de fugas que comprende un generador de alarmas para emitir una alarma en respuesta a al menos una de dichas detecciones de fugas, en el que los medios de procesamiento están configurados para detectar cuándo un cambio en la temperatura detectada de la tubería sigue inmediatamente a una duración de tiempo predeterminada durante la cual la temperatura detectada de la tubería sigue la temperatura ambiente detectada, en el que la duración de tiempo predeterminada comprende preferiblemente al menos un número predeterminado de períodos de 24 horas (por ejemplo, siete, es decir, 1 semana) y el número predeterminado es al menos dos, en el que los medios de procesamiento están configurados para activar inmediatamente el generador de alarmas para emitir dicha alarma en respuesta a dicha detección de cambio, preferiblemente en el que la detección de cambio comprende una detección de que la temperatura de una tubería (preferiblemente relativa a la temperatura ambiente) cambia y/o una tasa de cambio de la temperatura de la tubería (preferiblemente relativa a la temperatura ambiente) excede un valor predeterminado respectivo. El seguimiento de la temperatura puede ser causado por un estado sin flujo y puede identificarse al detectar que hay un desplazamiento constante sustancial, por ejemplo, cero o más, entre la tubería y la temperatura ambiente durante el tiempo predeterminado. Tal detector de fugas puede establecer efectivamente que un usuario está de vacaciones (en el que puede no haber flujo para que la tubería y la temperatura ambiente se sigan) y, sobre esta base, establecer que es probable que una fuga provoque una nueva detección de flujo. Esto puede ser particularmente ventajoso para detectar una probable tubería rota. Los valores de ejemplo de tal desplazamiento entre la temperatura de la tubería y la temperatura ambiente son, por ejemplo, 2-3

grados, por ejemplo, 1, 2, 3, 4, 5 o 10 grados.

El detector de fugas puede comprender un generador de alarmas para emitir una alarma en respuesta a al menos una de dichas detecciones de fugas, en el que los medios de procesamiento están configurados para detectar un punto de cruce de la temperatura detectada de la tubería y la temperatura ambiente detectada, y para desactivar (durante al menos una duración de tiempo predeterminada y/o la duración de un período predeterminado concurrente durante el cual se monitoriza una fuga que se está produciendo) el generador de alarma de fuga cuando se detecta dicho punto de cruce. Esto puede prevenir o reducir una falsa alarma, que de otro modo podría generarse debido a un efecto de retraso de masa térmica.

Preferentemente, el detector de fugas está configurado para procesar una salida del segundo sensor de temperatura para filtrar cambios periódicos de temperatura durante dicho período predeterminado y, de este modo, proporcionar un perfil de temperatura de tubería filtrado, en el que la temperatura detectada de la tubería para su uso en la detección de fugas es una temperatura del perfil, preferiblemente en el que el filtrado reduce el efecto de una válvula Torbeck en dicha detección de fugas. Dicha periodicidad puede ser cada, por ejemplo, 5 o 10 minutos, o cada, por ejemplo, 5 horas. Para identificar tales cambios periódicos de temperatura, preferiblemente se aplica una máscara para filtrar los cambios periódicos que pueden producirse por el uso diario normal del agua, por ejemplo, eventos que se producen cada 24 horas.

El detector de fugas puede comprender una disposición que tiene dichos sensores de temperatura y los medios de procesamiento, comprendiendo además el detector de fugas una unidad remota, en el que el detector de fugas está dispuesto para transmitir a la unidad remota puntos de datos que comprenden al menos uno de: al menos una temperatura de tubería detectada, incluyendo preferiblemente una temperatura de la tubería tal como se detecta al comienzo de dicho período predeterminado; al menos una temperatura ambiente detectada, incluyendo preferiblemente una temperatura del ambiente tal como se detectó al comienzo de dicho período predeterminado, en el que la unidad remota está dispuesta para variar dicho umbral predeterminado sobre la base de los puntos de datos transmitidos. Cualquiera de estos dos comienzos de dicho período predeterminado es preferiblemente un momento en el que se detectó por última vez el uso del agua.

Además, puede proporcionarse un detector de fugas que tenga una unidad de control electrónico configurada para determinar si el dispositivo está sujeto a un calentamiento o enfriamiento repetido desde una fuente de calor externa o disipador, en el que dicho calentamiento o enfriamiento comprende al menos dos puntos de cruce sucesivos de la tubería detectada y la temperatura ambiente, preferiblemente en el que la unidad de control electrónico está configurada para alertar a un usuario de que no puede determinar si existe un estado de fuga.

En general, el calentamiento o enfriamiento repetido es intermitente. Por ejemplo, la fuente/disipador de calor externo puede ser una tubería de agua del sistema de calefacción central a través de la cual agua caliente fluye de manera intermitente. Los puntos de cruce pueden ocurrir cuando la temperatura de la tubería aumenta (disminuye) para cruzar la temperatura ambiente y luego cae (aumenta) para volver a cruzar la temperatura ambiente. Preferiblemente, una ECU de dicho detector de flujo de fluido está configurada para determinar si el dispositivo está sujeto a calentamiento o enfriamiento repetidos y/o para alertar al usuario de que no puede determinar si existe un estado de fuga.

Tal detección de si el dispositivo, por ejemplo, el segundo sensor de temperatura para detectar la temperatura de la tubería, está sujeto a un calentamiento o enfriamiento repetido que puede ser útil cuando se coloca una tubería de agua junto a una tubería de calentamiento, por ejemplo, cuando el calentamiento se enciende de manera intermitente, lo que afecta la temperatura de la tubería vecina que se está monitorizando para detectar fugas. Esto puede ser similar al lugar donde la tubería está al lado de, por ejemplo, una losa de hormigón, de modo que las temperaturas ambiente y de la tubería pueden no converger dentro de un período predeterminado de tiempo, por lo que puede ser más difícil determinar si hay una fuga o no. Una realización puede determinar si la temperatura de la tubería es siempre diferente a, por ejemplo, por debajo, la temperatura ambiente. En este caso, las temperaturas pueden no converger debido a una fuga o una conducción térmica continua de la tubería a un objeto de alta capacidad térmica, tal como el suelo.

En este sentido, se observa que generalmente es necesario o al menos ventajoso haber visto una convergencia entre la temperatura ambiente y la temperatura de la tubería antes de decidir que la falta de convergencia significa algo relacionado con la presencia o ausencia de una fuga. Por lo tanto, un sistema de detección de fugas preferido puede configurarse para que solo pueda proporcionar una alarma de detección de fugas (por ejemplo, notificación o alerta visual y/o audible) si ha detectado previamente que ha transcurrido un período predeterminado sin flujo.

Una realización comprende un sistema de suministro de agua que comprende el detector de fugas y al menos una tubería de agua, preferiblemente en el que el detector de fugas está unido a dicha tubería de agua donde el agua entra en un edificio y/o en una llave de paso.

Las realizaciones pueden comprender un controlador que incluye un microprocesador, una memoria de trabajo y una memoria de programa acoplada a uno o más de los componentes del sistema. El o cada procesador puede implementarse en cualquier hardware adecuado conocido, tal como un microprocesador, un chip de procesamiento de señal digital (DSP), un circuito integrado especificado de la aplicación (ASIC), matrices de puertas programables



en campo (FPGA), etc. El o cada procesador puede incluir uno o más núcleos de procesamiento, con cada núcleo configurado para funcionar de forma independiente. El o cada procesador puede tener conectividad a un bus para ejecutar instrucciones y procesar información almacenada en, por ejemplo, una memoria.

5 Las realizaciones pueden proporcionar además un código de control del procesador para implementar el sistema y los procedimientos de control descritos anteriormente, por ejemplo, en un procesador incorporado. El código se puede proporcionar en un operador tal como un disco, CD o DVD-ROM, memoria programada, tal como una memoria de solo lectura (Firmware), o en un soporte de datos, tal como un soporte de señal óptica o eléctrica. El código (y/o datos) para implementar realizaciones puede comprender fuente, objeto o código ejecutable en un lenguaje de programación convencional (interpretado o compilado) tal como C, o código de ensamblaje, código para configurar o controlar un ASIC (circuito integrado de aplicación específica) o FPGA (matriz de puerta programable de campo), o código para un lenguaje de descripción de hardware tal como Verilog (marca comercial) o VHDL (lenguaje de descripción de hardware de circuito integrado de muy alta velocidad). Como apreciará la persona experta, dicho código y/o datos pueden distribuirse entre una pluralidad de componentes acoplados en comunicación entre sí.

15 Una posible realización del dispositivo se describe a continuación.

Un ejemplo de tal dispositivo incluirá dos sensores de temperatura de alta precisión, una fuente de alimentación y una unidad de control electrónico (ECU) encerrada en un alojamiento que está conectado a una tubería. Un sensor de temperatura está colocado de tal manera que está en buen contacto térmico con la tubería, a una distancia suficiente de cualquier disipador de calor o fuentes, incluyendo la tierra o cualquier otro conducto o pasos por el que haya pasado la tubería, para que no calienten o enfrien indebidamente la tubería, también está suficientemente cerca de donde la tubería sale de la tierra, paso o conducto, de modo que cualquier fluido que fluya en la tubería durante una fuga no tenga tiempo de alcanzar la temperatura ambiente antes de que llegue al sensor. El otro sensor de temperatura está colocado de manera que tenga un buen contacto térmico con el aire ambiente en la región general del sensor de temperatura de la tubería, pero no tan cerca, ya que sus medidas se verán indebidamente afectadas por el mismo. Preferentemente está protegido de corrientes de aire de calefacción o refrigeración o corrientes de aire que puedan afectar los valores. Los sensores están conectados a una ECU o microcontrolador que monitoriza las mediciones durante un período de tiempo para determinar si hay un flujo en la tubería. El microcontrolador puede emitir una alerta mediante un método adecuado si el flujo está presente cuando está fuera de los parámetros predeterminados o no se espera.

Bajo operación normal (sin fugas presentes), si todos los grifos y válvulas del circuito están cerrados de manera que no haya flujo, la temperatura de la tubería (y su contenido) tenderá lentamente a converger a la del aire ambiente. Para una tubería de agua doméstica típica, tomará alrededor de 3 horas para estar dentro de 0,1C de la temperatura del aire.

Si hay un flujo en la tubería, la temperatura de la tubería no tenderá a igualar la temperatura del aire. Para caudales mayores, la temperatura de la tubería se mantendrá cerca de la temperatura del fluido entrante, mientras que para caudales más lentos, la temperatura de la tubería se mantendrá más cercana a la temperatura ambiente que en el otro caso.

La ECU o el microcontrolador se pueden programar para detectar las diferencias de temperatura y controlarlas a lo largo del tiempo. Es claramente ventajoso que si hay un aumento repentino en los caudales causados por, por ejemplo, la descarga de un inodoro o la extracción de agua para bañarse o ducharse, que el sistema no señale una alarma. Después de este caso, la ECU normalmente se programará para reiniciar el período de monitorización. Ventajosa y opcionalmente, la ECU estará provista de medios, por ejemplo, reloj y/o calendario, para determinar la hora del día y más preferiblemente, la fecha real. La ECU programada de esta manera debería poder determinar que se espera un período de flujo de fluido bajo o cero, como sería el caso en medio de la noche.

También será evidente que las diferencias de temperatura entre la temperatura ambiente y la temperatura de la tubería también variarán de acuerdo con el material del que está hecha la tubería y su diámetro. Para tuberías de mayor diámetro que contienen más líquido, claramente les tomará más tiempo acercarse y alcanzar la temperatura ambiente que una tubería de menor diámetro. Asimismo, se apreciará que las tuberías hechas de metales tales como el cobre, el acero o el plomo conducirán el calor de manera mucho más eficiente que las tuberías hechas de materiales plásticos. Por lo tanto, se puede esperar una tasa diferente de convergencia de temperatura en vista de tales diferencias.

Ventajosamente, la ECU o el microcontrolador se pueden calibrar y configurar para tener en cuenta tales variaciones.

60 Ahora se describirán ejemplos con más detalle con referencia a los dibujos en los que referencias similares se refieren a características similares en las diversas figuras.

La figura 1 muestra un ejemplo de un dispositivo de detección de flujo de fluido. El dispositivo está contenido dentro de un alojamiento 10, se puede conectar a una tubería 12 por medio de un clip de tubería que se puede presionar 14. Este dispositivo en particular se usa como detector de flujo de agua para un entorno doméstico o de oficina. Dispositivos y alojamientos de mayor escala podrían usarse para una fábrica, pero con frecuencia las fábricas operan

durante grandes porciones de un día y pueden no tener períodos de flujo cero lo suficientemente largos para una operación satisfactoria y requieren sistemas de monitorización más sofisticados y complejos.

5 La figura 2 muestra una vista superior del dispositivo que puede incluir convenientemente elementos indicadores o de visualización para mostrar el estado de funcionamiento del dispositivo. Estos podrían incluir un indicador de funcionamiento del sistema 22, un indicador de alarma 24, o un altavoz ruidoso 26 desde el cual podría emitirse una alarma audible.

10 La figura 3 muestra un alzado lateral del alojamiento 10 fijado a una tubería 12 mediante el conector 14. Un sensor de temperatura 16 se extiende desde la carcasa del alojamiento y se muestra en contacto con el tubo 12 para determinar la temperatura exterior del tubo 12.

15 La figura 4 muestra un diagrama de bloques de los componentes que comprenden el dispositivo y sus interconexiones. El alojamiento 10 encierra una unidad de control electrónico (ECU) 40 para monitorizar temperaturas, tiempo y controlar el dispositivo. El dispositivo está alimentado por una fuente de alimentación 42, que normalmente comprende una o más baterías. La selección de baterías se elegirá para proporcionar una larga vida en el entorno en el que está instalado el dispositivo. El sensor de temperatura 16 se muestra en contacto con la tubería 12 para medir la temperatura de la tubería. La temperatura ambiente se mide con el sensor de temperatura 20. Una unidad de alarma 46 puede incluir un medio de alarma visible, normalmente un LED, o un medio audible o controlador para el mismo. 20 Para algunas aplicaciones, también se proporcionará una conexión inalámbrica 48, permitiendo que el dispositivo transmita periódicamente datos a una estación remota y envíe una señal de alarma cuando sea necesario. La conexión inalámbrica también podría recibir información o datos desde una estación remota.

25 En otra realización ejemplar, la energía puede ser suministrada por una red. En un ejemplo adicional, se proporciona un sistema de fuente de alimentación más sofisticado en el que la fuente de alimentación comprende una fuente de alimentación principal conectada con una o más baterías.

30 Sensores de temperatura adecuados son, por ejemplo, los sensores de temperatura Resol FKP6 PT1000. Se pueden encontrar otros dispositivos que funcionan bien en la clase de sensores de platino PT1000.

35 La figura 5a muestra un gráfico de la temperatura medida por cada uno de los sensores durante un período de tiempo. El gráfico muestra la temperatura a lo largo del eje Y y el tiempo a lo largo del eje X. La línea discontinua es un rastro de temperatura ambiente durante un período de medición seleccionado, en este ejemplo 2 - 3 horas. La línea continua muestra cómo varía la temperatura del agua en la tubería. En la región A, se ha producido un flujo significativo y la temperatura del agua es significativamente más alta que la temperatura ambiente. Esto puede ocurrir en algunos climas tropicales y a fines del verano cuando la temperatura del suelo ha aumentado y es constantemente (durante el transcurso de un día más o menos) más alta que la temperatura general del aire. Los picos indican cómo la temperatura ha aumentado bruscamente a medida que se produce una reducción significativa y muestran que la temperatura ha comenzado a descender hacia la temperatura ambiente. Este descenso podría ser la descarga de un inodoro o agua para un lavabo o fregadero. 40

En la región B, se puede ver que la temperatura del agua cae hacia la temperatura ambiente.

45 En la región C, las temperaturas se consideran dentro de las condiciones predeterminadas y, por lo tanto, iguales. Este el estado indicaría que no hay flujo de agua en el sistema.

50 La figura 5b muestra una situación similar a la de la figura 5a, pero en este ejemplo, las dos temperaturas nunca convergen del todo, como se puede ver en todas las regiones. De esto se puede concluir que siempre hay un flujo y una fuga en el sistema.

55 La figura 6a muestra un gráfico de la temperatura medida por cada uno de los sensores durante un período de tiempo. El gráfico muestra la temperatura a lo largo del eje Y y el tiempo a lo largo del eje X. En este ejemplo, la temperatura ambiente mostrada por la línea punteada es más alta que la temperatura de la tubería de agua entrante mostrada por la línea continua. Tales situaciones pueden surgir en climas fríos o templados donde la temperatura del suelo puede ser y con frecuencia es más baja que la temperatura ambiente. En la región A, se pueden ver eventos de desconexión según lo indicado por los picos en la temperatura de la tubería. En la región B, la temperatura de la tubería aumenta hacia la temperatura ambiente. En la región C, las dos temperaturas son más o menos convergentes, y por lo tanto satisfacen los criterios establecidos que las temperaturas deben estar dentro de bandas estrechas. Este conjunto convergente de temperaturas indicaría que no hay fugas en el sistema. 60

65 La figura 6b muestra que la temperatura ambiente (mostrada por la línea punteada) es más alta que la temperatura de la tubería de agua entrante mostrada por la línea continua. Los diversos picos en la Región A muestran cómo la temperatura del agua de entrada cae a medida que el agua se extrae a través del sistema y luego sube hacia la temperatura ambiente, hasta la próxima extracción, cuando cae de nuevo. En la región B, hay un período prolongado sin una extracción significativa de agua. No obstante, como se puede ver en la región C, las dos temperaturas no convergen estrechamente dentro de los límites predefinidos, siempre manteniendo una diferencia de temperatura T.

- Siempre que esta diferencia de temperatura (o temperatura) sea mayor que un valor predeterminado, que puede variar según la ubicación geográfica y física del dispositivo, se puede suponer que hay una fuga en el sistema. Si es una diferencia de temperatura (o temperatura) significativamente grande, como en este ejemplo, se puede suponer que hay un caudal razonable de fuga, en lugar de solo un grifo que gotea. En algunas regiones, se espera una diferencia de temperatura de aproximadamente 1 °C, pero más comúnmente se espera que la diferencia de temperatura permanezca por debajo de aproximadamente 0,3 °C y preferentemente 0,1 °C para que no exista un estado de flujo.
- Una alerta audible, tal como un altavoz, normalmente se utilizará para proporcionar la señal de alerta. Opcionalmente, el dispositivo también se proporcionará con un enlace inalámbrico u otro enlace de comunicaciones. El enlace inalámbrico se puede implementar para recibir comandos y transmitir información a una estación remota, ya sea de forma continua en un período predeterminado.
- Por lo tanto, es posible discriminar entre los dos estados principales determinados por el dispositivo, flujo y sin flujo. Al monitorizar las temperaturas durante un período en el que no se espera flujo, cualquier flujo detectado indica que hay una posible fuga presente en el sistema. La fuga puede deberse a un fallo de la tubería o la unión de la tubería, grifos que gotean, cisternas defectuosas en inodoros o cualquier otro estado que resulte en un flujo continuo de agua en un sistema de tuberías presurizadas.
- En una posible realización del dispositivo, el dispositivo funciona las 24 horas del día en una tubería de agua doméstica. Por lo general, por la noche no fluirá agua por las tuberías, ya que no se utilizarán grifos y los aparatos, tales como lavadoras, habrán terminado sus ciclos.
- El dispositivo está programado para monitorizar y reconocer un patrón de cambio de temperatura en los detectores. Después de un período en el que no se han detenido cambios repentinos en la temperatura de la tubería (debido al encendido de los grifos) o se están utilizando los dispositivos, la ECU se puede programar para determinar si la temperatura de la tubería no ha cambiado rápida o significativamente y compararla con la temperatura ambiente. También reconoce que la temperatura del aire ambiente es estable (dentro de los límites), por lo que el dispositivo no se ve afectado negativamente por otras fuentes de calor (por ejemplo, cerca de un radiador o tubería de agua caliente).
- La ECU se puede programar para monitorizar los cambios medidos por los medios de detección de temperatura de la temperatura de la tubería de agua y el aire ambiente. La temperatura de la tubería de agua generalmente será un enfoque exponencial hacia la temperatura del aire con una pendiente dentro de ciertos límites. En un estado "sin fugas", la diferencia asintótica entre la temperatura de la tubería y del aire estará por debajo de un valor calibrado, entre 0 y 0,5 °C, normalmente entre 0 y 0,3 °C, pero preferiblemente entre 0 y 0,1 °C. Si la diferencia de temperatura asintótica es mayor que estos valores durante un período de tiempo mayor que el predeterminado, digamos una hora o más, entonces generalmente hay flujo en la tubería que indica una fuga.
- En otra posible realización, la ECU en el detector puede determinar si el dispositivo está sujeto a un calentamiento o enfriamiento constante desde una fuente de calor externa o disipador. En este caso, puede alertar al usuario de que no puede determinar si existe un estado de flujo.
- En otra realización, el dispositivo puede detectar que sus sensores están dando valores no válidos debido a un error o fallo de un componente y alertar a un usuario sobre el fallo.
- Al detectar una fuga, el dispositivo puede alertar al usuario por uno de los muchos medios diferentes típicos de tales alarmas domésticas. Por ejemplo, puede usar una alerta audible. Como alternativa o adicionalmente, también puede incluir una luz o una pantalla. Para evitar despertar a un usuario por la noche, puede esperar hasta que detecte el flujo (porque un usuario se ha despertado) antes de emitir una alerta.
- El dispositivo también puede emitir alertas y otra información a través de un sistema de telemetría remoto. Esta podría ser una de tales tecnologías conocidas en la técnica. Por ejemplo, usando un módem de teléfono celular, una conexión a Internet, un protocolo de automatización del hogar (por ejemplo, Z Wave), un módem de teléfono fijo, un módem acústico o cualquier otro mecanismo de transmisión de este tipo.
- En otra posible realización, el dispositivo detecta los cambios repentinos en la temperatura de la tubería en relación con la temperatura del aire, que son característicos de los grifos que se abren o de los inodoros. Se puede calibrar para estimar la frecuencia y la cantidad de uso de agua. Las caídas (o picos) en la temperatura de la tubería muestran el uso del agua. El recuento de caídas cortas muestra la frecuencia del uso de agua para artículos de bajo uso (lavado de manos, inodoro). La altura de las caídas da una estimación de la temperatura del agua entrante. Cuando la temperatura de la tubería es aproximadamente la misma que la temperatura del agua de entrada durante un período prolongado de tiempo, podemos suponer que tenemos un flujo constante durante ese período de tiempo. Esto indica cualquiera de ducha, relleno de baño u otro uso prolongado, tal como regar un césped.
- De acuerdo con otra característica de una realización, la ECU reinicia la determinación del período de tiempo predeterminado si la diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura de la tubería cambia repentinamente para ser mayor que el valor predeterminado. Por lo tanto, si se detecta una repentina diferencia brusca de temperatura

entre los dos sensores, la ECU se puede programar para determinar que se ha producido un flujo de agua y así reiniciar su proceso de monitorización.

5 De acuerdo con otra característica de una realización, la ECU determina si la diferencia de temperatura entre los sensores ambientales y de tubería tiende o se aproxima a un enfoque exponencial de 0 y, de ser así, indica que no hay flujo en el sistema de tuberías. Si las dos temperaturas no convergen exponencialmente después de un período de, digamos, una hora, el dispositivo se puede programar para generar una señal de alarma.

10 En otra posible realización más, el dispositivo se puede programar para notar la ausencia de uso de agua durante un período de tiempo. Esta información se puede utilizar para verificar la presencia y la actividad de una persona en el hogar. Por ejemplo, si una persona mayor o vulnerable no ha usado agua durante un período predeterminado, tal como un día, puede indicar que tienen un problema y que se puede alertar a un cuidador.

15 En otra posible realización más, el dispositivo se puede programar para clasificar una tasa de fuga de agua de acuerdo con el tamaño de la diferencia de temperatura (suponiendo que haya alcanzado una diferencia constante o sustancialmente constante durante un período de tiempo), proporcionando así una indicación de la gravedad de la fuga. Si la temperatura de la tubería se mantiene cercana a la temperatura estimada del agua entrante (utilizando el método de altura de caída anterior), entonces la fuga es un caudal razonablemente alto. Si está dentro de 0,5 °C más o menos de la temperatura del aire, es normalmente una fuga de goteo. Las temperaturas en el medio indican una fuga de flujo medio.

20 En otra realización más, el dispositivo puede tener un modo de "vacaciones" que puede configurar un usuario que sepa que no debe esperarse ningún flujo de agua, por ejemplo, durante 72 horas o 14 días o durante el tiempo que el usuario esté ausente. Si se detecta flujo de agua durante ese período, entonces se activaría una alerta.

25 En una realización adicional, el dispositivo puede conectarse a un servicio que podría alertar al usuario (por ejemplo, por texto, aplicación de correo electrónico o teléfono inteligente) de la presencia de fugas automáticamente, o podría enviar la alerta directamente a una empresa de mantenimiento. El servicio también puede alertar a un proveedor de servicios o un fontanero que luego podría verificar la fuga. El dispositivo también podría contactar, por ejemplo, a un vecino que puede verificar una propiedad.

30 La figura 7 muestra una posible característica adicional en la cual el dispositivo está conectado y controla una válvula de cierre motorizada. El dispositivo puede entonces, dependiendo de la gravedad estimada de la fuga, cerrar el suministro de agua en respuesta a una fuga. También podría cerrar el agua cuando el dispositivo está en modo de vacaciones, o solo si se detecta algún flujo cuando está en modo de vacaciones. La figura 7 muestra un dispositivo 10 controlado por la ECU 40 y montado en la tubería 12. Si se detecta una fuga o hay flujo durante más de un período de tiempo predeterminado, entonces el controlador puede cerrar el suministro en la tubería 12 usando la válvula 50.

35 En esta realización, el usuario también puede cerrar el suministro de agua, por ejemplo, usando un interruptor remoto u otra interfaz, tal como una aplicación de teléfono inteligente.

40 En una realización alternativa y adicional, la ECU puede configurarse para controlar el flujo y señalar una alarma si no hay flujo durante un período de tiempo dado. Por ejemplo, la alarma puede sonar si no hay flujo durante más de 36 horas.

45 En otra realización, la señal de alarma puede enviarse si no se detecta flujo durante períodos entre 18 y 24 horas. Esta realización podría ser particularmente útil como ayuda para controlar a las personas que viven en lugares protegidos o con apoyo donde la falta de flujo de agua durante un período prolongado podría ser una indicación de que la persona o las personas necesitan ayuda. Claramente, se debe lograr un equilibrio entre tener un período que no sea demasiado largo para que la persona no se quede durante mucho tiempo si se necesita ayuda y un período que es demasiado corto como para generar falsas alarmas.

50 Se puede generar una señal de alarma si se cumplen las condiciones predeterminadas de flujo (o falta de flujo). La alarma podría ser una alarma audible generada por los medios de generación de señal audible en el propio dispositivo. Alternativa o adicionalmente, se podría generar una señal de alarma visible.

55 Se puede esperar que normalmente los dispositivos según las realizaciones se ubicarán cerca del lugar donde la entrada de agua ingresa a un edificio y, por lo tanto, se ubican con frecuencia en armarios, bodegas, posiblemente incluso en una llave de cierre remota, y por lo tanto no está convenientemente visible. Por lo tanto, es conveniente que el dispositivo esté equipado con un transmisor inalámbrico que transmita la alarma a una estación donde sea más convenientemente recibida y monitorizada. Alternativamente, el dispositivo puede ubicarse afuera en un pozo de medición, en cuyo caso, un transmisor inalámbrico también puede ser más conveniente, ya que es posible que no se escuche una alerta audible.

60 Ventajosamente, el transmisor inalámbrico también se puede programar para transmitir información adicional de vez en cuando. Dicha información podría incluir convenientemente información sobre caudales y períodos de flujo cero,

información sobre el estado y el estado de las baterías para proporcionar advertencias de batería baja, otros mensajes de error para indicar errores del sensor o similares.

5 Preferiblemente, la fuente de alimentación es una batería o un conjunto de baterías seleccionadas para proporcionar una larga vida sin mantenimiento en un entorno en el que opera el dispositivo. No obstante, podría conectarse ventajosamente a una fuente de alimentación de red.

10 En otra disposición alternativa más, la fuente de alimentación comprende una fuente de alimentación de red conectada a un sistema de batería para proporcionar energía en caso de fallo de la red.

10 A continuación, se describen características, cualquiera o más de las cuales pueden estar presentes adicional o alternativamente en cualquier realización tal como una realización descrita anteriormente o a continuación.

15 Uso en interiores

15 En general, la ECU, o al menos el sensor de temperatura de la tubería, puede estar conectada a una tubería interior, por ejemplo, una tubería de agua preferiblemente cerca de donde la tubería ingresa a un edificio (por ejemplo, a través del suelo). En este sentido, se observa que la tubería puede estar cerca de fuentes de calor adicionales, por ejemplo, otra fontanería, por ejemplo, que transporta agua caliente, tal como un sistema de calefacción central.

20 Efecto de retardo de masa térmica

25 En algunas circunstancias, un objeto local de alta capacidad calorífica, por ejemplo, un bloque de hormigón y/u otra tubería como se indica anteriormente, puede dar lugar a una progresión diferente de la temperatura frente al tiempo de la temperatura de la tubería en relación con la presión ambiental durante un período sin flujo. Esto puede conducir a que la temperatura de la tubería cruce la temperatura ambiente, por ejemplo, del aire, como se mencionó anteriormente, y puede restringir la capacidad de confirmar la presencia o ausencia de una fuga.

30 En el caso de una diferencia de temperatura residual después de un período sin flujo de tres a cuatro horas, por ejemplo, es preferible que no haya alarma (por ejemplo, notificación o alerta visual y/o audible) que indica que se genera una fuga si la diferencia de temperatura residual se debe al retraso de la masa térmica. De este modo, si se detecta un punto de cruce, puede ser preferible desactivar dicha alarma. Por ejemplo, la alarma se puede desactivar independientemente de si se detecta que las temperaturas del aire y de la tubería están convergiendo (consulte los métodos de detección de fugas a continuación en función del gradiente de tiempo de la temperatura de la tubería). Se puede configurar una realización para detectar un punto de cruce y así concluir que está ocurriendo el efecto de retraso de masa, y para habilitar o deshabilitar una alarma de fuga en consecuencia, por ejemplo, durante un período de tiempo predeterminado hasta que se pueda reiniciar la monitorización de una fuga.

40 Umbral de detección de fugas variable

40 Cuando en una realización se determina un estado de fuga usando un umbral, por ejemplo, al menos en función de una diferencia de temperatura entre la tubería y el ambiente con respecto a un umbral predeterminado durante un período predeterminado como se ha descrito anteriormente y/o basado en un gradiente de temperatura y en un umbral predeterminado como se describe a continuación (ver ecuaciones 4a, 4b, 6a, 6b a continuación), puede ser ventajoso variar tales umbrales, por ejemplo, según la época del año. Independientemente de si el sistema de detección de flujo, por ejemplo, ECU del mismo, es capaz o no de rastrear la época del año, por ejemplo, mediante un calendario electrónico interno, el umbral puede variar según una diferencia inicial entre la tubería y la temperatura ambiente.

50 La diferencia de temperatura inicial puede ser la diferencia en las lecturas de los dos sensores de temperatura al comienzo del período predeterminado utilizado para controlar una fuga. El inicio del período predeterminado puede identificarse cuando se detecta que la diferencia entre las temperaturas cambia repentinamente a una velocidad superior a un valor predeterminado y/o puede ser el último punto de tiempo detectado donde la temperatura respecto al gradiente de tiempo de la temperatura de la tubería invierte el signo de tal manera que la temperatura de la tubería tiende hacia la temperatura ambiente.

55 Si la diferencia de temperatura inicial es menor, entonces un umbral más bajo puede ser aplicable. Por ejemplo, si la temperatura inicial es de 4 °C, entonces un umbral predeterminado puede tener un valor de 0,3 °C, o si la diferencia de temperatura inicial es de 0,5 °C, entonces el umbral puede ser de 0,1 °C.

60 Calibración

65 Cuando en una realización se determina un estado de fuga usando un umbral, por ejemplo, al menos en función de una diferencia de temperatura entre la tubería y el ambiente con respecto a un umbral predeterminado durante un período predeterminado como se ha descrito anteriormente y/o basado en un gradiente de temperatura y en un umbral predeterminado como se describe a continuación (ver ecuaciones 4a, 4b, 6a, 6b a continuación), la realización puede configurarse además para realizar un procedimiento de compensación similar a una calibración. Esto puede ser

ventajoso en vista del escenario potencial de que la temperatura de la tubería no se acerca a la temperatura ambiente al menos dentro del período predeterminado debido al efecto de retraso térmico de un objeto local que tiene una capacidad de masa térmica significativa.

- 5 Cuando una realización sabe que la tubería no debería tener flujo en ausencia de una fuga, por ejemplo, basado en una comunicación de una entidad remota y/o porque ha determinado que un grifo de cierre acoplado a la tubería está cerrado, la realización puede determinar si hay alguna diferencia de temperatura residual entre la tubería y la temperatura ambiente y, si la hay, ajustar, por ejemplo, incrementar o disminuir, el umbral predeterminado en consecuencia. De este modo, se puede realizar una forma de procedimiento de calibración o ajuste. Como alternativa,
- 10 en tal caso donde una realización determina si hay alguna diferencia de temperatura residual entre la tubería y el ambiente, la realización puede alertar al usuario, por ejemplo, mediante una señal o notificación visual y/o audible, que la realización no puede detectar una fuga y/o que la conexión a la tubería (por ejemplo, al menos el sensor de temperatura de la tubería) debe moverse a una posición diferente en la tubería, por ejemplo, lejos del suelo.
- 15 De manera similar, un procedimiento de calibración puede llevarse a cabo, por ejemplo, en una fábrica antes de la entrega a un usuario, para reducir cualquier efecto debido a la falta de coincidencia de los sensores de temperatura. Un desplazamiento que se aplicará a cualquier diferencia de temperatura determinada en la que se pueda detectar un estado de fuga se puede determinar colocando la unidad en un entorno con aislamiento térmico, por ejemplo, caja aislada, y esperando una duración relativamente larga, por ejemplo, seis horas, antes de medir cualquier diferencia
- 20 de temperatura entre las lecturas del sensor y ajustar el desplazamiento en consecuencia. Esto puede realizarse mediante un modo de prueba de la unidad cuando la unidad se enciende por primera vez.

#### Inicio de la operación de detección de fugas

- 25 Se puede configurar una realización para detectar cuando la unidad está montada en una tubería de tal manera que se pueda iniciar la operación para monitorizar cualquier fuga. La unidad se puede configurar para esperar hasta que se detecte un cambio repentino en la temperatura de la tubería en relación con la temperatura ambiente, preferiblemente de manera repetida tal como al menos tres veces en 24 horas. La unidad puede saber efectivamente que está en uso, es decir, ya no se separa de una tubería a monitorizar.
- 30 Esta característica puede dar confianza, por ejemplo, a una aseguradora de que cualquier lectura o notificación que surja de la unidad en relación con la detección de fugas ha sido el resultado de eventos que ocurrieron mientras la unidad estaba instalada en una tubería.
- 35 El inicio de la operación de detección de fugas puede indicarse comunicándolo a una entidad de control ubicada remotamente y/o puede registrarse internamente dentro de la unidad, preferiblemente registrando la fecha en que se montó la unidad en la tubería, o incrementando un temporizador interno para que se conozca el tiempo total que el dispositivo se ha instalado en una tubería.

#### 40 Reinicio de alarma

- Una realización puede tener un botón de reinicio para permitir que un usuario desactive una alarma (por ejemplo, notificación o alerta visual y/o audible) que se ha activado en caso de que el sistema/dispositivo indique una fuga. Preferentemente, el sistema, por ejemplo, ECU, está configurado para almacenar internamente y/o comunicar externamente que la alarma se ha restablecido (por ejemplo, incluyendo un tiempo de reinicio), y puede almacenar y/o comunicarse cuando la alarma se ha reiniciado (por ejemplo, incluyendo un tiempo de reinicio). Esto puede permitir la determinación, por ejemplo, de una aseguradora de cuándo se ha restablecido la alarma, pero no se ha iniciado ninguna llamada para atender una posible fuga. El reinicio de la alarma puede comunicarse, por ejemplo, de manera inalámbrica, a una entidad remota.

#### 50 Filtrado de alarma

- Una realización preferida no proporciona una alarma, por ejemplo, notificación al usuario y/o una indicación audible y/o visual mediante la unidad, cada vez que se detecta una fuga potencial. Dicha alarma solo se puede proporcionar
- 55 cuando se produce una posible detección de fugas repetidamente en cada uno de un número predeterminado de períodos en los que no se esperaría flujo en ausencia de una fuga, por ejemplo, tres noches de tales períodos.

- De manera similar, si se detecta un patrón de temperatura que tiene transición(es) correspondiente(s) a al menos una transición de fuga-sin fuga durante cada uno de un número predeterminado de tales períodos, entonces no se puede generar alarma. Este patrón puede indicar simplemente que un usuario tiene la tendencia de dejar a veces un grifo goteando y no completamente cerrado y luego cerrarlo completamente, por ejemplo. Preferentemente, no se genera ninguna alarma hasta que se hayan producido al menos siete períodos nocturnos (u otros períodos sin expectativa de flujo durante un período respectivo de 24 horas).

#### 65 Indicación de tubería rota

Se puede configurar una realización para detectar cuándo la temperatura de la tubería permanece sustancialmente constante a una temperatura que difiere significativamente en una cantidad predeterminada al menos de la temperatura ambiente. En este caso, la temperatura de la tubería puede haber variado previamente de acuerdo con el uso del fluido (por ejemplo, agua) pero luego permanecer a una temperatura sustancialmente constante sin comenzar ningún aumento hacia la temperatura ambiente. La temperatura sustancialmente constante puede detectarse como correspondiente a una temperatura del agua estimada basándose en las variaciones anteriores según el uso.

Si la temperatura de la tubería permanece a la temperatura constante durante un período predeterminado, preferiblemente más largo que el período de uso más largo esperado para el flujo completo, tal como cuando un usuario está lavando un automóvil (por ejemplo, más de 1 hora), esto puede indicar un estado de tubería rota. Preferentemente, la detección de la temperatura sustancialmente constante durante el período predeterminado hace que la unidad emita inmediatamente una alarma (por ejemplo, notificación o alerta visual y/o audible). Es preferible en este caso que la generación de una alarma de fuga no esté desactivada incluso para la verificación durante más de un período de 24 horas. En otras palabras, preferiblemente no se debe realizar ninguna verificación antes de emitir una alarma en el caso de una detección potencial de tubería rota.

#### Modo vacaciones

Se puede configurar una realización para detectar cuándo un número predeterminado de periodos, por ejemplo, 24 horas, han pasado sin flujo, por ejemplo, abarcando siete noches. Este flujo no puede detectarse determinando que la temperatura de la tubería sigue la temperatura ambiente durante el número predeterminado de tales periodos. Si se ha producido un período de ausencia de flujo prolongado y la realización detecta un cambio repentino en la temperatura de la tubería, por ejemplo, indicado por una tasa de cambio de temperatura de la tubería mayor que una cantidad predeterminada o un cambio en la magnitud de la temperatura de la tubería mayor que una cantidad predeterminada, preferiblemente durante un período mínimo predeterminado tal como 60 minutos, una alarma (por ejemplo, se puede generar una notificación o alerta visual y/o audible) debido al riesgo de que el cambio indique una tubería rota. Preferiblemente sin demora, por ejemplo, debido a una verificación, está permitido antes de que se emita dicha alarma.

#### Válvula Torbeck

Una propiedad puede tener una o más válvulas que permiten el llenado automático de tanques. Dicha válvula es, por ejemplo, una válvula Torbeck para rellenar el tanque o la cisterna de un inodoro. La válvula puede tener histéresis incorporada de manera que permita el flujo intermitente, por ejemplo, periódicamente, por ejemplo, cada pocas horas. Se puede configurar una realización para detectar un patrón de flujo repetitivo, por ejemplo, periódico, correspondiente a dicha válvula. Tal patrón puede detectarse a partir de cambios correspondientes de la temperatura de la tubería. La realización puede programarse para filtrar tales cambios desde el perfil de temperatura de la tubería a monitorizar para la detección de fugas en relación con la temperatura ambiente. De esta manera, las falsas alarmas de fugas pueden reducirse o prevenirse.

#### Comunicación remota

Una realización puede generar un mínimo de puntos de datos desde los perfiles de temperatura del aire y la tubería y enviarlos a una entidad remota para determinar un estado de fuga/sin fuga. Dichos puntos de datos pueden comprender la temperatura ambiente, la temperatura de la tubería, la temperatura inicial y/o gradiente(s) de temperatura-tiempo de los perfiles de temperatura ambiente y/o de la tubería en el momento en que se detectó el flujo por última vez, por ejemplo, el agua se utilizó por última vez. Dichos puntos de datos pueden transmitirse, por ejemplo, de forma inalámbrica, a una unidad de control remoto que decide si se ha producido una fuga en función de esos puntos de datos. Esto puede ser ventajoso cuando el sistema remoto decide cuál debería ser un umbral predeterminado apropiado de diferencia de temperatura, por ejemplo, dependiendo de los patrones/pronósticos climáticos. La entidad remota puede ajustar dicho umbral sobre la marcha, por ejemplo, en el caso de una ola de calor donde la temperatura ambiente es del orden de, por ejemplo, 30 °C y, por lo tanto, la temperatura de la tubería no puede alcanzarse durante el período predeterminado.

Al variar dicho umbral de forma remota, el sistema remoto puede garantizar que todos los dispositivos estén deshabilitados para proporcionar cualquier alarma de fuga y/o garantizar que se ignore dicha alarma. Tal control remoto del proceso de alarma puede ser ventajoso cuando no se pueden programar suficientes datos sobre las condiciones climáticas anteriores en una unidad de detección de fugas montada en una tubería. Al proporcionar la detección de fugas de forma remota, el sistema tiene cierta flexibilidad.

Teniendo en cuenta que una detección de fugas puede no estar necesariamente en comunicaciones de radio en todo momento con una entidad remota, una unidad de detección de fugas puede tener dos modos de operación. En un primer modo donde las comunicaciones por radio son posibles, el sistema remoto puede decidir en función de los puntos de datos de la unidad de detección de fugas cuándo se generará una alarma. En otro modo, la unidad detecta que no tiene comunicación por radio y luego se configura para tomar decisiones sobre alarmas internamente. Una

realización de la unidad de detección de fugas puede tener un indicador para indicar al usuario si la unidad puede o no realizar comunicaciones de radio con la entidad remota. Donde la unidad no está en comunicaciones de radio, se puede configurar para proporcionar notificaciones al usuario, por ejemplo, al teléfono móvil del usuario, para informar que la unidad está operando en modo independiente aislado.

5 En una realización preferida, los datos pueden enviarse a una unidad remota de forma inalámbrica, por ejemplo, usando sigfox (RTM) (esto puede ser ventajoso cuando hay restricciones de ancho de banda). Una unidad que es local para, por ejemplo, unirse a, la tubería puede buscar regiones lisas donde podamos verificar si hay fugas (por ejemplo, puede buscar (re)iniciar un período predeterminado cada vez que se detecta un uso/flujo de agua), entonces se puede ajustar un umbral predeterminado para la detección de fugas en la unidad remota para permitir variaciones de temperatura, sensibilidad deseada de los detectores, y/o clasificar la fuga según la gravedad.

10 Datos que pueden enviarse usando, por ejemplo, sigfox (RTM), pueden comprender, por ejemplo: tipo de mensaje; recuento de mensajes; indicación de que la temperatura ambiente y de la tubería se han cruzado; muestra(s) de temperatura de la tubería, muestra(s) de temperatura ambiente; indicador de intervalo de tiempo entre cada muestra de temperatura de la tubería; y/o tensión de la batería.

20 Donde hay más ancho de banda disponible, las temperaturas ambiente/del aire y de la tubería pueden enviarse a la unidad remota en cada punto de muestra. Estas pueden agruparse y enviarse como un grupo para ahorrar batería (por ejemplo, enviar las últimas 10 muestras cada 1000 segundos). El algoritmo de detección de fugas puede ejecutarse de forma remota (permitiendo que se apliquen actualizaciones sin necesidad de reprogramar los detectores en el campo).

#### Inicio de período predeterminado

25 El período predeterminado durante el cual una realización controla una fuga, por ejemplo, monitorizando para detectar una diferencia de temperatura por debajo del umbral y/o convergencia de los perfiles de temperatura ambiente y de tubería, puede tener una duración predeterminada, por ejemplo, 2,7 horas, comenzando a la hora de inicio. El tiempo de inicio puede determinarse detectando un pico en  $d^2T/dt^2$ , teniendo en cuenta el signo de este segundo diferencial (el término 'diferencial' se usa indistintamente con 'derivado' en toda esta memoria descriptiva, por ejemplo, la derivada de segundo orden  $d^2T/dt^2$  es referible como una segunda derivada/diferencial de temperatura con respecto al tiempo). Tal pico puede interpretarse como indicativo de un uso/flujo de agua y, por lo tanto, puede usarse para desencadenar el inicio de un nuevo período predeterminado, por ejemplo, para reiniciar un período de monitorización existente. Cuando el diferencial de segundo orden es negativo y la temperatura de la tubería es mayor que la temperatura ambiente/aire, esto puede indicar el inicio del período predeterminado. Cuando el diferencial de segundo orden es positivo y la temperatura de la tubería es menor que la temperatura del aire, de manera similar, esto puede comenzar un período predeterminado.

#### Detección adicional de fugas

40 Un método de detección de fugas implica el uso de una determinación de la diferencia de temperatura entre los sensores de tubería y de aire ambiente y determinar si la diferencia de temperatura está por debajo de un umbral predeterminado durante un período predeterminado, como se describe en otra parte de esta memoria descriptiva. No obstante, dependiendo, por ejemplo, de la época del año y/o del clima local, la temperatura de la tubería puede no ser sustancialmente constante durante un período sin flujo. En consecuencia, adicionalmente al método anterior, una realización puede determinar un estado de fuga/sin fuga en función de si la temperatura de la tubería y la temperatura ambiente tienden a converger (en lugar de, por ejemplo, 'seguir', es decir, generalmente permanecen paralelas con un desplazamiento constante o cero).

50 En general, en un estado sin flujo (por ejemplo, sin fugas), las temperaturas de la tubería y del aire ambiente pueden tender a converger gradualmente. En un estado de flujo o fuga, la temperatura de la tubería puede tender a una temperatura constante sin volver a, o al menos converger hacia, la temperatura ambiente; esto puede incluso implicar que la temperatura de la tubería cruce la temperatura ambiente.

55 En un escenario, en el estado sin flujo, la temperatura de la tubería puede disminuir o aumentar gradualmente según el entorno, por lo que la diferencia de temperatura entre los sensores de temperatura ambiente y de la tubería generalmente se reduce. Teniendo esto en cuenta, puede ser ventajoso para detectar una fuga controlar la progresión de la tubería y/o la temperatura ambiente entre sí, por ejemplo, monitorizando la progresión de un gradiente de temperatura respecto al tiempo de al menos la temperatura de la tubería. Tal monitorización puede permitir la detección temprana de una fuga sin esperar a la detección de una diferencia de temperatura suficientemente baja y/o constante entre los sensores, por ejemplo, sin esperar a ver si la tubería y la temperatura ambiente se rastrean y/o se acercan más que una diferencia umbral.

65 De este modo, una realización preferida, adicionalmente a la monitorización de la diferencia de temperatura con respecto a un umbral, puede controlar si la temperatura de la tubería tiende a converger hacia la temperatura ambiente, cuando no ha habido otro uso de agua durante un período de tiempo prolongado (por ejemplo, 5 minutos). La detección



de tal falta de uso de agua se puede hacer monitorizando el segundo diferencial de la temperatura de la tubería en relación con el tiempo (es decir,  $d^2T_p/dt^2$ ), y esperando que esté por debajo de cierto umbral, indicando que no hay cambios repentinos en la temperatura y, por lo tanto, no hay cambios en el flujo debido a que los grifos se apagan y se encienden u otro uso intermitente. Para monitorizar la convergencia, una realización puede controlar la temperatura de la tubería y del aire basándose, por ejemplo, en las ecuaciones a continuación.

Se puede considerar que la tasa de cambio de la temperatura local medida de la tubería es:

$$dT_p/dt = h_1 \cdot (T_a - T_p) + h_2(T_w - T_p) \quad (1)$$

en el que  $T_p$  es la temperatura de la tubería,  $T_a$  es la temperatura ambiente y  $T_w$  es la temperatura del agua que ingresa a la tubería desde el suministro de la red.  $h_1$  puede considerarse un coeficiente de transferencia (generalmente constante) entre la tubería y el ambiente (por ejemplo, aire), y  $h_2$  puede considerarse dependiente del flujo (por lo tanto, puede ser un coeficiente de transferencia no constante) entre la tubería y el suministro de agua de la red.

$h_2$  puede depender mucho de la velocidad de flujo del agua en la tubería,  $q$ . Si  $q$  es cero (sin fugas), entonces  $h_2$  estará muy cerca de cero. Si  $q$  no es cero, entonces  $h_2$  puede comenzar a afectar y/o tener un mayor efecto en,  $dT_p/dt$ .

Si hay flujo a través de la tubería, entonces el coeficiente de transferencia de calor entre el agua y la tubería,  $h_2$  puede ser mayor en relación con  $h_1$ . Durante un período de tiempo (generalmente de 5 minutos a 3 horas),  $T_p$  generalmente tenderá hacia  $T_w$ . Cuando  $T_p$  se acerca a  $T_w$ , la tasa de cambio de  $T_p$ ,  $dT_p/dt$  puede ser pequeña, incluso si todavía hay una diferencia relativamente grande entre la temperatura del aire y la temperatura de la tubería ( $T_a - T_p$ ). Esto puede ser indicativo de flujo en la tubería y la presencia de una fuga.

Una realización de implementar esto en la práctica es la siguiente:  
Reorganizar (1) para  $h_1$  da

$$h_1 = [(dT_p/dt) - h_2(T_w - T_p)] / (T_p - T_a) \quad (2)$$

Cuando  $h_2$  es grande, (1) muestra que generalmente  $T_p$  tenderá hacia  $T_w$  con el tiempo a medida que  $T_p$  se acerque asintóticamente a la temperatura del agua.  $T_p$  puede acercarse a un estado estable a medida que el término  $h_2(T_w - T_p)$  se vuelve más pequeño, y luego podemos aproximarnos (2) basándonos en los observables  $T_p$  y  $T_a$  como

$$h_T = (dT_p/dt) / (T_p - T_a) \quad (3)$$

Si  $h_1'$  es pequeño, entonces el gradiente en la temperatura de la tubería con el tiempo es pequeño en relación con la diferencia entre la tubería y la temperatura ambiente/del aire. La temperatura de la tubería puede no estar tendiendo hacia la temperatura ambiente/del aire de una manera que se esperaría en un estado sin fugas, es decir, puede haber una fuente de calor adicional o un disipador aplicado a la tubería, potencialmente indicando la presencia de flujo en la tubería y, por lo tanto, una fuga.

De este modo, si se detecta que

$$(dT_p/dt) / (T_p - T_a) < \text{UMBRAL} \quad (4a)$$

durante un período de varios minutos a unas pocas horas, esto puede interpretarse como una indicación de fuga, donde UMBRAL es un valor que preferiblemente es cercano a cero, pero suficiente para permitir variaciones debido al ruido y/o cambios en la temperatura del agua.

Y si

$$(dT_p/dt) / (T_p - T_a) \geq \text{UMBRAL} \quad (4b)$$

entonces esto puede interpretarse como que indica que no hay una fuga. Los valores de ejemplo de UMBRAL pueden ser, por ejemplo, 0,001, 0,005, 0,01, 0,1 o 1.

En una realización, en lugar de calcular el primer diferencial  $dT_p/dt$  calculando la diferencia entre  $T_{p_n}$  y  $T_{p_{n-1}}$  donde  $T_{p_n}$  y  $T_{p_{n-1}}$  son los valores de  $T_p$  en períodos de tiempo sucesivos (cuyo cálculo puede amplificar cualquier ruido en las lecturas), se pueden ajustar funciones exponenciales (por ejemplo, encontrar un mejor ajuste, por ejemplo, mediante un método de ajuste de mínimos cuadrados) a las muestras de  $T_p$  y/o  $T_a$  sobre una región en la que no se haya calculado previamente el uso de agua (esto puede haber sido indicado por otros medios). La(s) función(es) exponencial(es) puede(n) usarse para calcular un valor indicativo de  $dT_p/dt$  mediante diferenciación analítica del exponencial ajustado. Cada función exponencial ajustada para la tubería y la temperatura del aire puede tener la forma  $a + bt + ce^{dt}$  donde  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y/o  $d$  se consideran generalmente constantes y  $t$  es un indicador de tiempo. En este caso, la diferenciación analítica de la función puede calcular el valor indicativo de  $dT_p/dt$  calculando  $b + cde^{ct}$ .

Ventajosamente, el uso de una ecuación anterior, por ejemplo, (3), (4a) y/o (4b), puede permitir una respuesta temprana y/o rápida a un estado de fuga.

5 En una realización, la detección de fugas basada en una relación tal como en la ecuación (4a) y/o (4b) puede combinarse con un método de detección descrito anteriormente basado en la detección cuando una diferencia de temperatura está por debajo/no por debajo de un umbral predeterminado durante un período predeterminado. Por ejemplo, pueden ejecutarse en paralelo para proporcionar redundancia y/o mejorar la robustez. Si cualquiera de los algoritmos predijo una fuga varias veces (1 o más), se podría informar de una fuga, por ejemplo, emitiendo una alarma.

10 Para comprender mejor una realización que implementa un método de detección de fugas, se considera primero una situación en la que generalmente no hay influencia en la temperatura de la tubería  $T_p$  que no sea la temperatura ambiente  $T_a$ : por ejemplo, no hay fugas. En este caso:

$$dT_p/dt \text{ es proporcional a } T_p - T_a$$

15 Si la tubería se está enfriando, entonces  $dT_p/dt$  es negativo; si la tubería se está calentando,  $dT_p/dt$  es positivo. Por lo tanto:

$$dT_p/dt = \frac{-Ah}{Mcp} (T_p - T_a)$$

20 donde Ah es una constante relacionada con un área de contacto entre la tubería y el fluido (por ejemplo, agua) y Mcp es una constante relacionada con una masa de la tubería y la masa de agua, es decir, Ah/Mcp puede considerarse como un coeficiente de transferencia de calor b.

25 Si consideramos la relación matemática general:

$$dy/dt = - by; y = y_0 e^{-bt}$$

30 donde y es una función del tiempo t, entonces  $y = T_p - T_a$  significaría que:

$$T_p(t) - T_a = (T_o - T_a) e^{-bt}$$

donde  $k = \frac{Ah}{Mcp} = b$  de manera que:

$$35 \quad T_p(t) - T_a = (T_o - T_a) e^{-bt}$$

es decir,

$$T_p(t) = T_a + (T_o - T_a) e^{-bt}$$

40 donde  $T_o$  es la temperatura inicial de  $T_p$  en  $t = 0$ .

El escenario anterior 'ninguna otra influencia' puede usarse para comprender lo siguiente usando un término  $F = bF'$  para reflejar la presencia de una fuga.

45 Asumir que:

$$dT_p/dt = -b(T_p - T_a) + bF'$$

50 donde  $bF'$  es negativo, la fuga hace que la tubería se enfríe, y positiva es que la fuga hace que la tubería se calienta. Entonces:

$$dT_p/dt = -b(T_p - T_a - F') \quad (5)$$

55 Usando un término de temperatura x que incluye el efecto de temperatura  $F'$ :

$$x = T_p - (T_a + F')$$

entonces:

$$60 \quad X = T_p - (T_a + F') = [T_o - (T_a + F')] e^{-bt}$$

que se puede reescribir para dar:

$$65 \quad T_p(t) = (T_a + F') + [T_o - (T_a + F')] e^{-bt}$$

F' puede considerarse que representa una fuga, expresada aquí como una reducción efectiva de la temperatura ambiente. De este modo, determinar si F es grande o pequeño puede indicar la presencia o ausencia de una fuga.

5 A partir de (5):

$$dT_p/dt = -b(T_p - T_a) + F$$

Por lo tanto:

10

$$F = dT_p/dt + b(T_p - T_a)$$

Si:

15

$$dT_p/dt + b(T_p - T_a) > \text{UMBRAL} \quad (6a)$$

entonces esto puede indicar la presencia de una fuga, donde UMBRAL es un umbral predeterminado.

Por el contrario, si:

20

$$dT_p/dt + b(T_p - T_a) \leq \text{UMBRAL} \quad (6b)$$

entonces esto puede indicar la ausencia de una fuga.

25

De esta manera, los observables  $T_p$  y  $T_a$  pueden usarse para determinar la presencia y/o ausencia de una fuga. Los valores de ejemplo de UMBRAL pueden ser, por ejemplo, 0,001, 0,005, 0,01, 0,1 o 1.

30

A la vista de lo anterior, para implementar la detección de fugas, un detector de fugas para detectar una fuga en un sistema de suministro de agua que comprende una tubería puede tener un primer sensor de temperatura que detecta la temperatura ambiente, un segundo sensor de temperatura configurado para montarse adyacente o en contacto térmico con una tubería del sistema de tuberías, y unos medios de procesamiento configurados para determinar una diferencia de temperatura entre el primer y el segundo sensor de temperatura, en el que los medios de procesamiento están configurados para indicar la presencia de una fuga si una variable monitorizada está por encima de un umbral predeterminado durante un período predeterminado, en el que la variable monitorizada es la suma de un indicador de gradiente de tiempo de la temperatura detectada de la tubería y un múltiplo de la diferencia de temperatura, donde el múltiplo representa un coeficiente de transferencia de calor constante. El método de detección de fugas basado en dicha suma puede combinarse con uno o ambos métodos basados en la diferencia de temperatura con respecto a un umbral predeterminado y en  $h1'$ . Además, características opcionales proporcionadas para cualquiera de esos dos métodos, por ejemplo, con respecto a la identificación del punto de partida para el período predeterminado, etc., pueden aplicarse para este método basado en suma de manera similar.

35

40

45

En una realización, la detección de fugas en línea con la ecuación (6a) y/o (6b) puede combinarse con un método de detección descrito anteriormente basado en la detección cuando una diferencia de temperatura está por debajo/no por debajo de un umbral predeterminado durante un período predeterminado y/o con un método de detección basado en una relación como en la ecuación (4a) y/o (4b). Por ejemplo, dos o más de estos métodos pueden ejecutarse en paralelo para proporcionar redundancia y/o mejorar la robustez. Si cualquiera de los algoritmos predijo una fuga varias veces (1 o más), se podría informar de una fuga, por ejemplo, emitiendo una alarma.

50

Generalmente hablando, las realizaciones descritas en el presente documento se implementan en interiores, es decir, están conectados a una tubería dentro de una propiedad para detectar fugas. Esto puede ser ventajoso dependiendo de la ubicación geográfica, ya que una ubicación al aire libre puede requerir aislamiento térmico para evitar que la tubería se congele. Tal aislamiento puede interferir con la monitorización de la temperatura ambiente, dependiendo de la disposición de los sensores.

55

Con respecto a otros ejemplos de trazas de temperatura-tiempo, las descripciones anteriores de las figuras 5a, 5b, 6a y 6b sirven además para describir las figuras 8a, 8b, 9a y 9b, respectivamente, sin embargo, los últimos dibujos cubren diferentes períodos de tiempo.

60

La figura 10 muestra ejemplos adicionales de trazas de temperatura-tiempo de la temperatura de la tubería  $T_p$  y la temperatura ambiente  $T_a$ , incluyendo períodos de monitorización para instancias 'sin flujo' y 'flujo'.

65

La figura 11 muestra ejemplos adicionales de trazas de temperatura-tiempo de la temperatura de la tubería  $T_p$  y la temperatura ambiente  $T_a$ . Tal y como se muestra, se puede usar una temperatura ambiente/aire máximo para una diferencia de temperatura inicial para activar un período de monitorización. Como alternativa, la temperatura ambiente/aire utilizada para la diferencia inicial puede ser la temperatura ambiente/aire en el instante en que la curvatura de la temperatura de la tubería es máxima.

La figura 12 muestra un ejemplo de sistema detector de flujo de fluido 10a, para monitorizar una tubería 12a de un sistema de suministro de agua 100. El sistema de suministro de agua puede comprender además una llave de paso 150, una válvula 140 tal como una válvula Torbeck, y/o una válvula de cierre motorizada 130 que puede controlarse, por ejemplo, por los medios de procesamiento (que comprenden preferiblemente uno o más procesadores), por ejemplo, la ECU 40a. El sistema detector de flujo de fluido puede ser un dispositivo autónomo para unirse a la tubería 12a, o puede comprender un sistema de dispositivos acoplados, por ejemplo, el sensor de temperatura de la tubería 16a y/o el sensor de temperatura ambiente se pueden proporcionar externamente a un dispositivo que comprende los medios de procesamiento 40a, por ejemplo, puede estar acoplado por uno o más cables o de forma inalámbrica a dicho dispositivo. La fuente de alimentación 42a puede estar acoplada a una red de alimentación 120 y/o puede comprender una batería o baterías. El generador de alarmas 46a se muestra en el sistema detector de flujo de fluido, por ejemplo, en un dispositivo que aloja al menos los medios de procesamiento, sin embargo, dicho generador de alarmas puede proporcionarse adicional o alternativamente en una entidad remota 110. El generador de alarmas 46a puede enviar una alarma preferiblemente, de manera inalámbrica, a un usuario 160 y/o a través de unos medios de retransmisión 48a y/o una entidad remota. El sistema detector de flujo de fluido, por ejemplo, un dispositivo que comprende al menos los medios de procesamiento, puede comprender un medio de retransmisión, por ejemplo, una interfaz de comunicación que comprende un transmisor y/o receptor, preferiblemente inalámbricos, para la comunicación con una entidad remota 110 (por ejemplo, estación receptora de señal de alarma remota).

La figura 13 muestra un ejemplo de dispositivo o sistema informático en el que al menos los medios de procesamiento, por ejemplo, unidad de control electrónico, de una realización puede implementarse. De manera similar, la entidad remota, por ejemplo, la estación receptora de señal de alarma remota, puede implementarse mediante dicho dispositivo/sistema informático. Cada elemento de la figura 13 es opcional. El dispositivo/sistema informático de la figura 13 comprende un bus, al menos un procesador, al menos un puerto de comunicación (por ejemplo, RS232, Ethernet, USB, etc.), y/o una memoria, todo generalmente acoplado por un bus (por ejemplo, PCI, SCSI). La memoria puede comprender memoria no volátil tal como memoria de solo lectura (ROM) o un disco duro y/o memoria volátil tal como memoria de acceso aleatorio (RAM, por ejemplo, SRAM o DRAM), caché (generalmente RAM) y/o memoria extraíble (por ejemplo, EEPROM o memoria FLASH). El procesador puede ser cualquier procesador conocido, por ejemplo, un procesador Intel (marca registrada) o ARM (marca registrada). Una interfaz de usuario, por ejemplo, pantalla de visualización y/o teclado, se puede proporcionar. El procesador 24a puede ser un dispositivo ARM (RTM) o un procesador similar producido por otro fabricante tal como Intel (RTM).

Sin duda, muchas otras alternativas efectivas se le ocurrirán a la persona experta. Se entenderá que la invención abarca modificaciones evidentes para los expertos en la materia que se encuentran dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas a la misma.

## REIVINDICACIONES

1. Un detector de fugas de agua para detectar el flujo de fluido en un sistema de tuberías, en el que el fluido comprende agua, teniendo el detector un primer sensor de temperatura (20) configurado para detectar la temperatura ambiente, un segundo sensor de temperatura (16) para detectar la temperatura de la tubería configurada para ser acoplada en contacto térmico con una tubería /16) de dicho sistema de tuberías, unos medios de procesamiento (40) configurados para determinar un valor de diferencia de temperatura entre el primer y el segundo sensores de temperatura (16, 20) y para detectar una fuga en función del valor de diferencia de temperatura, comprendiendo dicha detección de fugas, si el valor de la diferencia de temperatura está por encima de un valor umbral predeterminado para un período de tiempo que tiene una duración predeterminada, una determinación de que fluye fluido en el sistema de tuberías, en donde los medios de procesamiento (40) están configurados para reiniciar la determinación del período de tiempo si la temperatura de la tubería cambia a una velocidad superior a un valor predeterminado.
2. Un detector de fugas de agua de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que los medios de procesamiento (40) están configurados para determinar si el detector de fugas de agua está sujeto a un calentamiento o un enfriamiento constantes desde una fuente o un disipador de calor externo.
3. El detector de fugas de agua de acuerdo con la reivindicación 2, en el que los medios de procesamiento (40) están configurados para alertar al usuario de que no puede determinar si existe un estado de fuga.
4. El detector de fugas de agua de acuerdo con las reivindicaciones 2 o 3, configurado para determinar si el detector está configurado para determinar cuándo el detector está afectado por una fuente de calor, reconociendo cuándo la temperatura ambiente es estable dentro de unos límites.
5. Un detector de fugas de agua de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que los medios de procesamiento (40) están configurados para, si el valor de la diferencia de temperatura está por debajo de un valor umbral predeterminado durante un período predeterminado, determinar que no fluye fluido en el sistema de tuberías.
6. Un detector de fugas de agua de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, configurado para determinar un estado de flujo cero si el valor de diferencia de temperatura entre los sensores de temperatura (16, 20) es inferior a aproximadamente 1,0 °C durante al menos una hora, preferiblemente menos de 0,5 °C durante al menos una hora, más preferiblemente menos de 0,3 °C durante al menos una hora, aún más preferiblemente menos de 0,1 °C durante al menos una hora.
7. Un detector de fugas de agua de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende medios (40, 24) para generar una señal de alarma si las diferencias de temperatura caen fuera de los parámetros predeterminados durante un tiempo predeterminado, preferiblemente en donde la alarma es una o más de una alarma audible, visible o de telemetría transmitida remotamente.
8. Un detector de fugas de agua de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que los medios de procesamiento (40) están configurados para reiniciar la determinación del período de tiempo si la diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura de la tubería, o los valores de la temperatura ambiente cambian repentinamente a una velocidad superior a un valor predeterminado.
9. Un detector de fugas de agua de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de procesamiento (40) están configurados para determinar si el valor de diferencia de temperatura entre los sensores de ambiente y de tubería (16, 20) tiende o se aproxima a un enfoque exponencial de 0 y, de ser así, para indicar que no hay flujo en el sistema de tuberías.
10. Un detector de fugas de agua de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, configurado para transmitir una señal de forma inalámbrica a una estación receptora de señal de alarma remota, preferiblemente en donde la señal es una señal de alarma y/o la señal incluye cualquiera de: información sobre el estado de la batería; información sobre los sensores de temperatura (16, 20), incluyendo condiciones de fallo; o un mensaje de error, preferiblemente en donde el detector está provisto de medios para transmitir al menos una señal de alarma a una estación receptora remota, en el que los medios de retransmisión pueden ser medios de retransmisión inalámbricos.
11. Un detector de fugas de agua de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, configurado para generar una señal de alarma en respuesta a la ausencia de flujo de fluido durante más de un periodo predeterminado, preferiblemente en donde el período predeterminado es de hasta 36 horas, preferiblemente de entre 12 y 24 horas, y más preferiblemente de entre 9 y 18 horas.
12. Un detector de fugas de agua de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el detector está programado para clasificar una tasa de fuga de agua según lo alto que sea el valor de diferencia de temperatura, proporcionando así una indicación de la gravedad de la fuga.
13. Un detector de fugas de agua de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el detector está

configurado para proporcionar un modo de 'vacaciones' que puede ser configurado por un usuario determinando que no debe esperarse flujo de agua durante un período predeterminado, por ejemplo, 72 horas o 14 días, estando el detector configurado para activar una alerta si se detecta flujo de agua en ese período.

5 14. Un detector de fugas de agua de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que:

el detector está configurado para conectarse a un servicio de alertas para alertar al usuario (por ejemplo, mediante mensaje de texto, aplicación de correo electrónico o teléfono inteligente) de la presencia de fugas; estando el detector configurado para permitir que el usuario también pueda cerrar el agua, por ejemplo, usando un interruptor remoto u otra interfaz, tal como una aplicación de teléfono inteligente; y/o el detector está conectado y configurado para controlar una válvula de cierre motorizada (50).

10

15 15. Un detector de fugas de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, estando el detector de fugas configurado para indicar una detección de fuga si la diferencia de temperatura no está por debajo de un umbral predeterminado durante el período de tiempo, en donde el detector de fugas está configurado para indicar una fuga del sistema de tuberías, preferiblemente en donde el sistema de tuberías es de un edificio doméstico o de un sistema de suministro de agua de oficina.

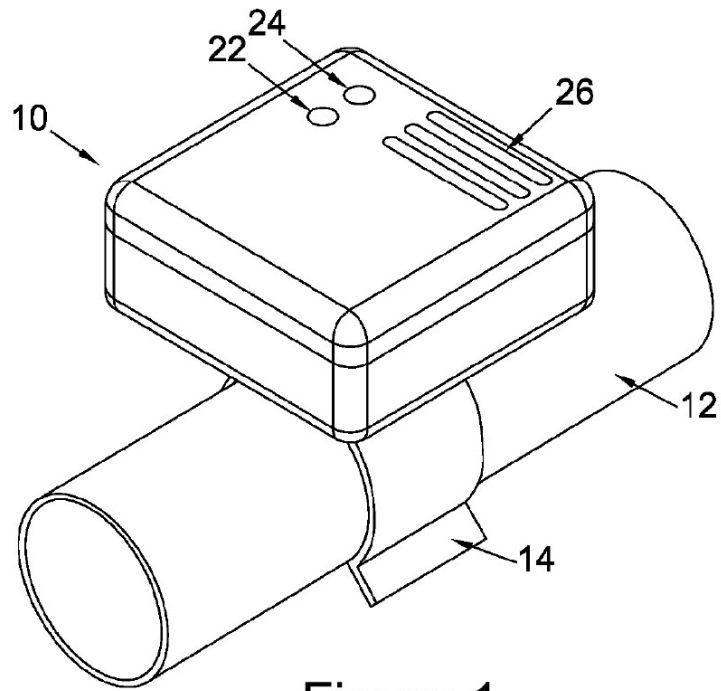


Figura 1

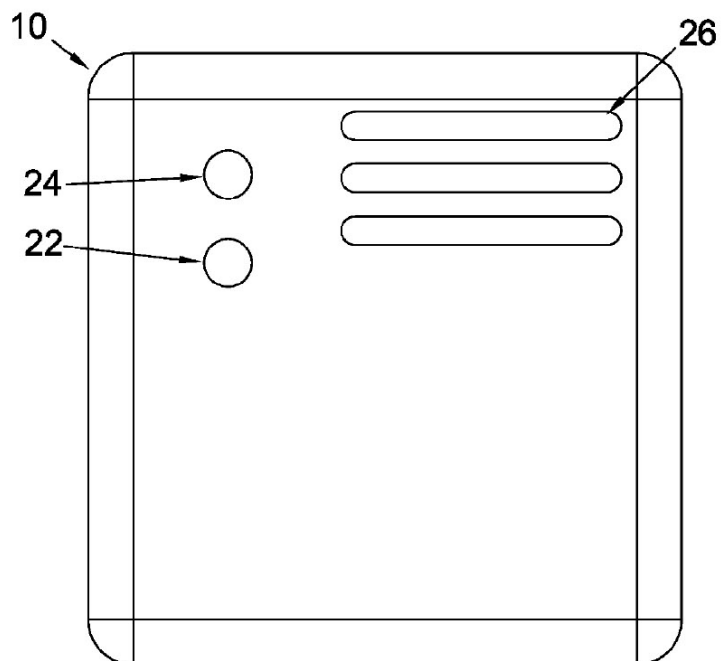


Figura 2

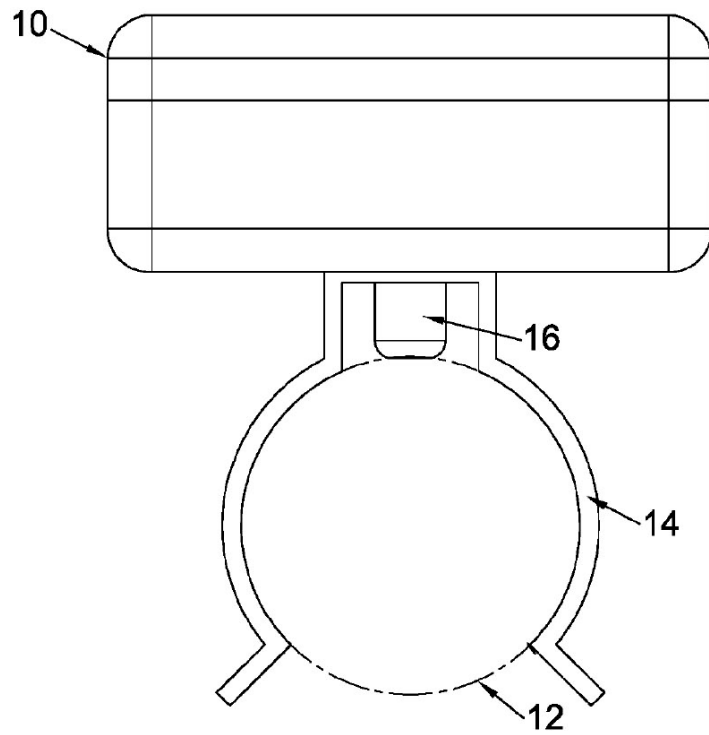


Figura 3

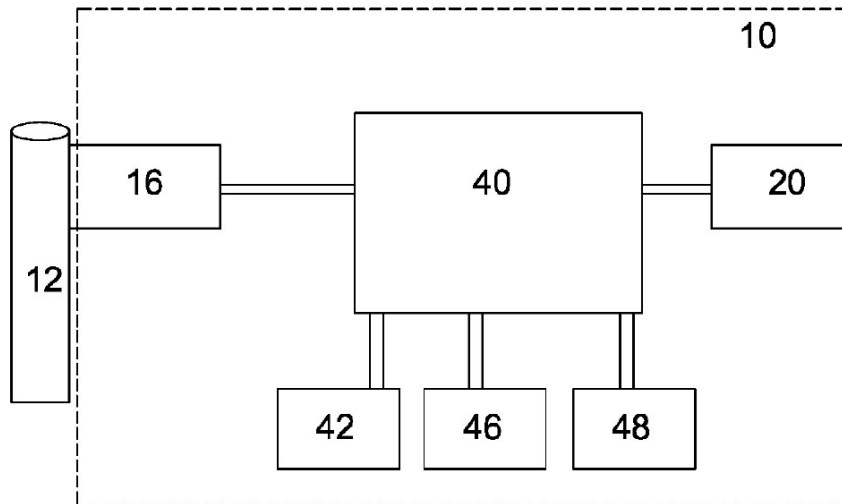


Figura 4



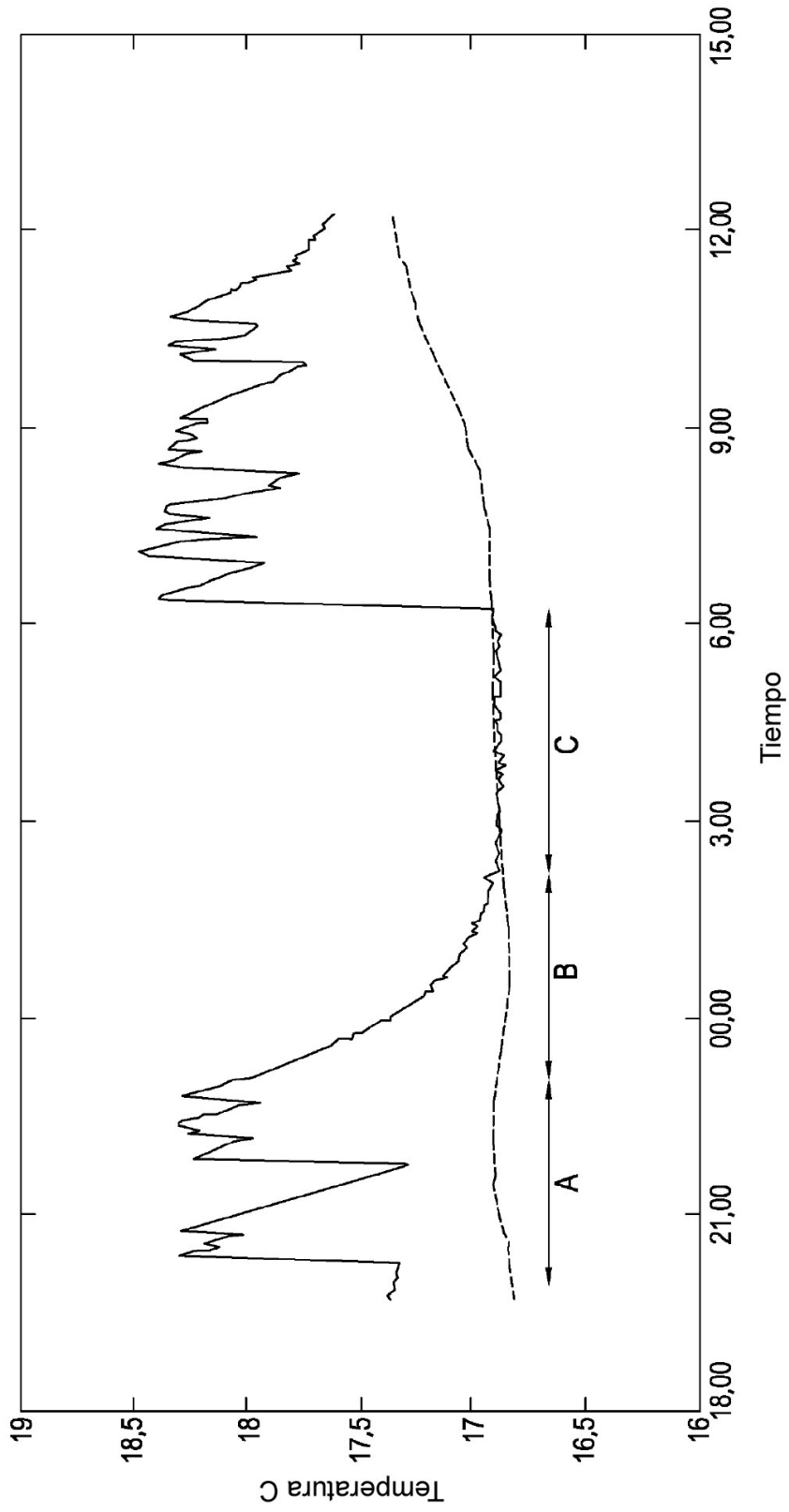


Figura 5a

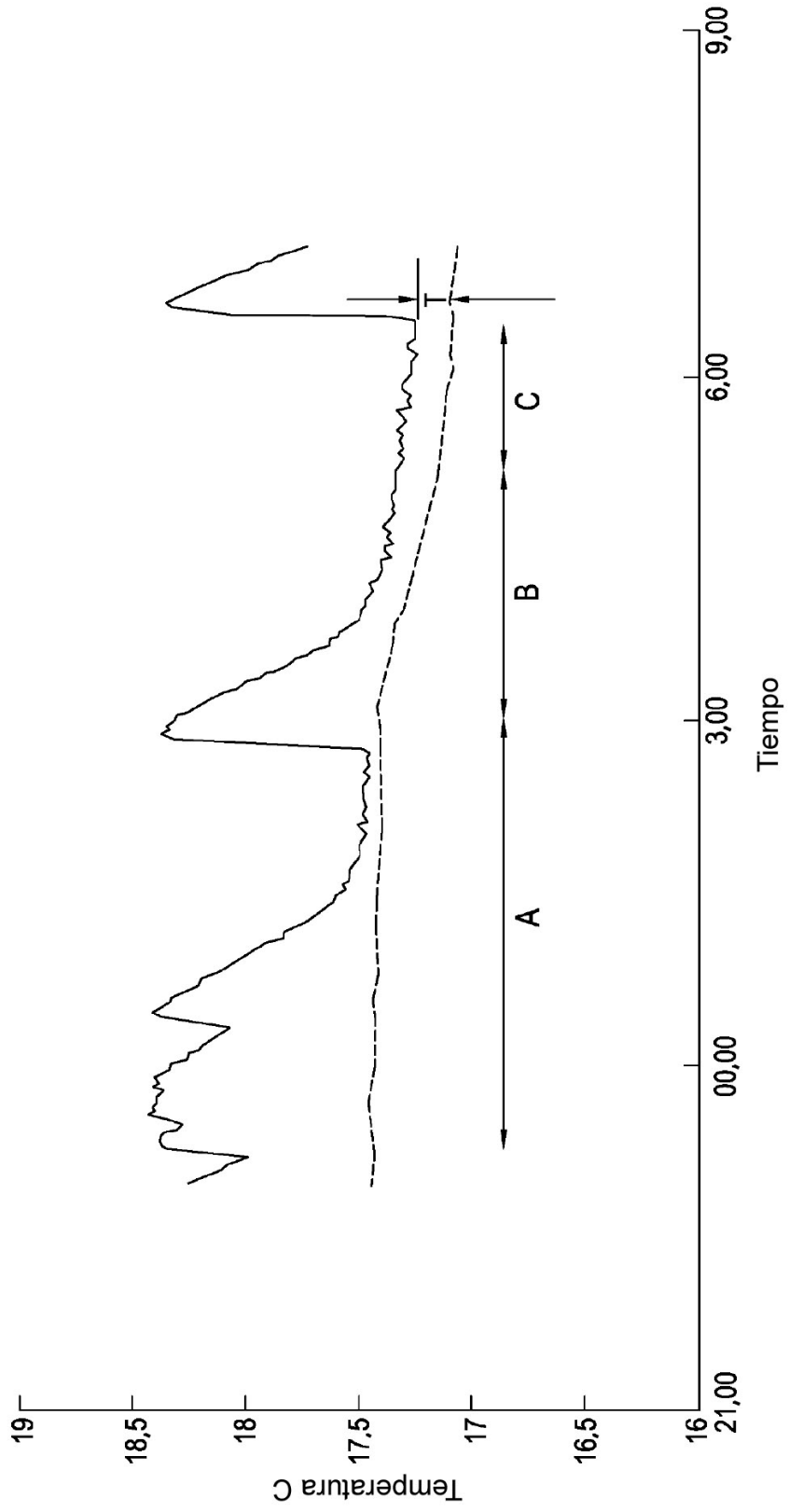


Figura 5b

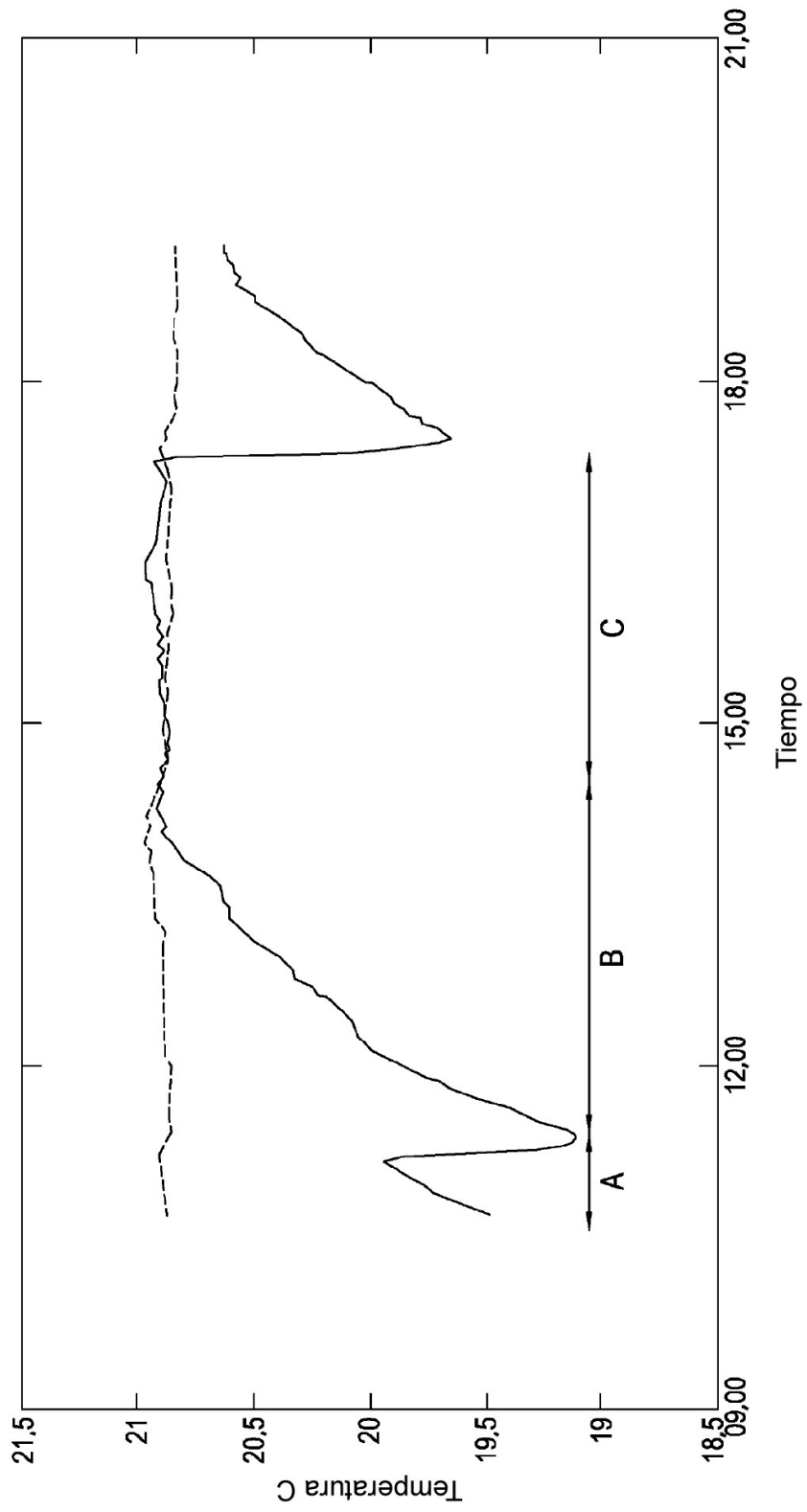


Figura 6a

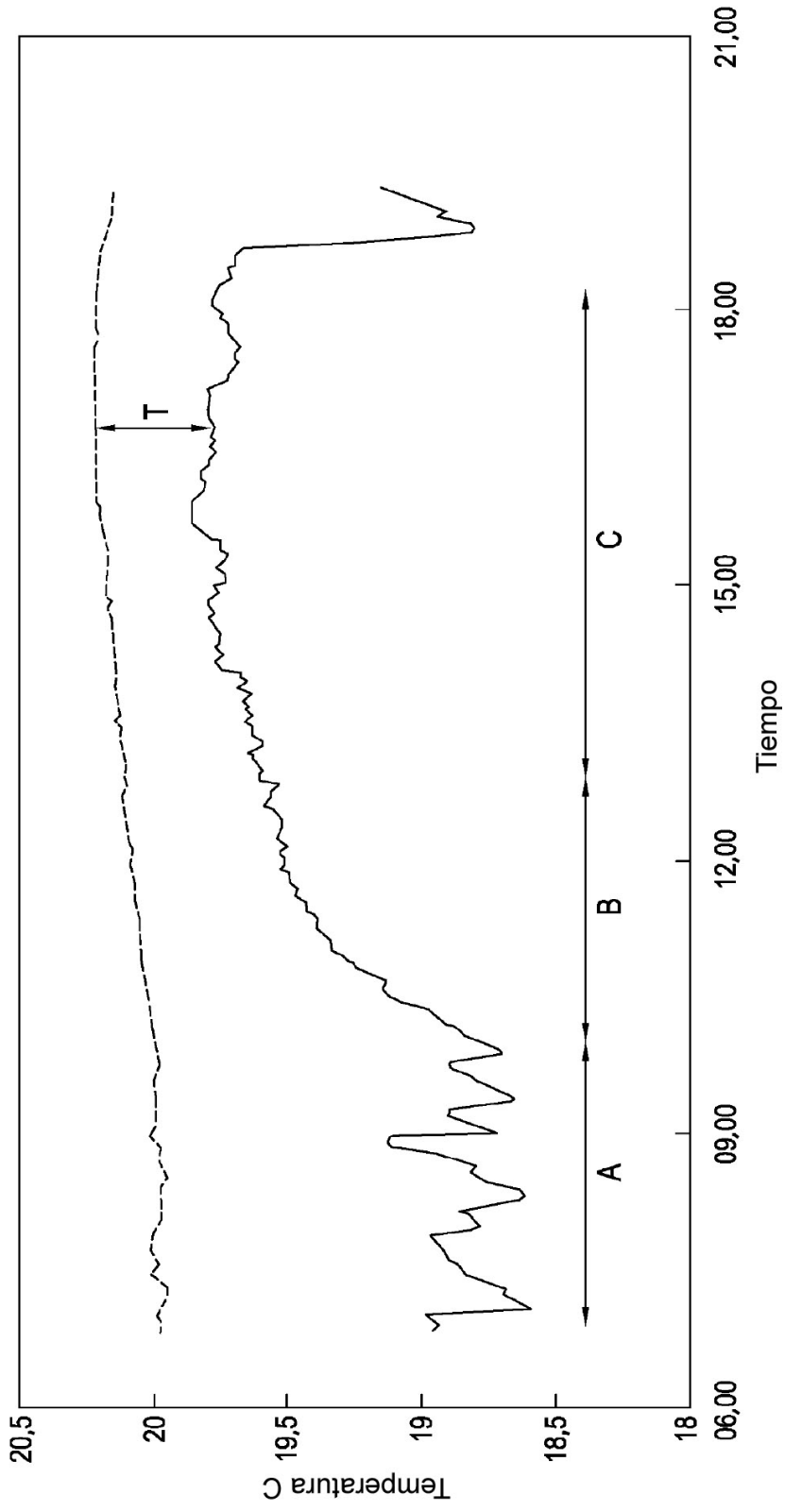


Figura 6b

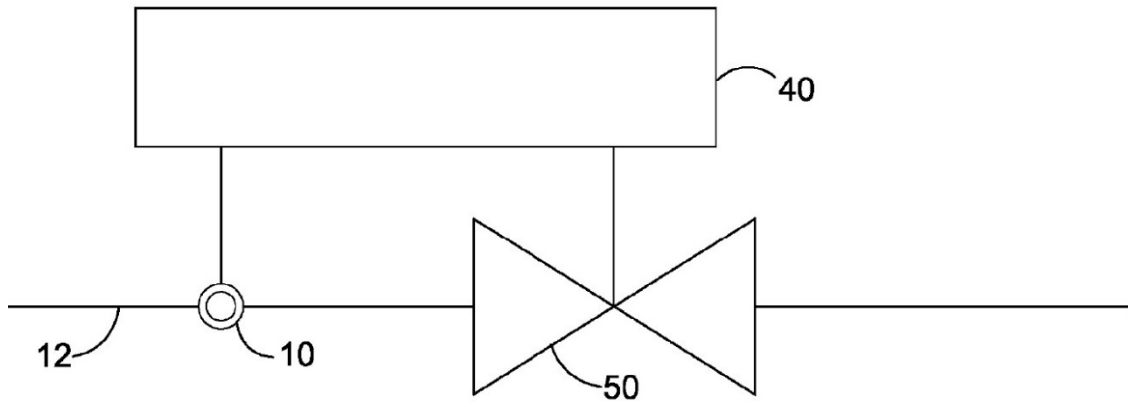


Figura 7

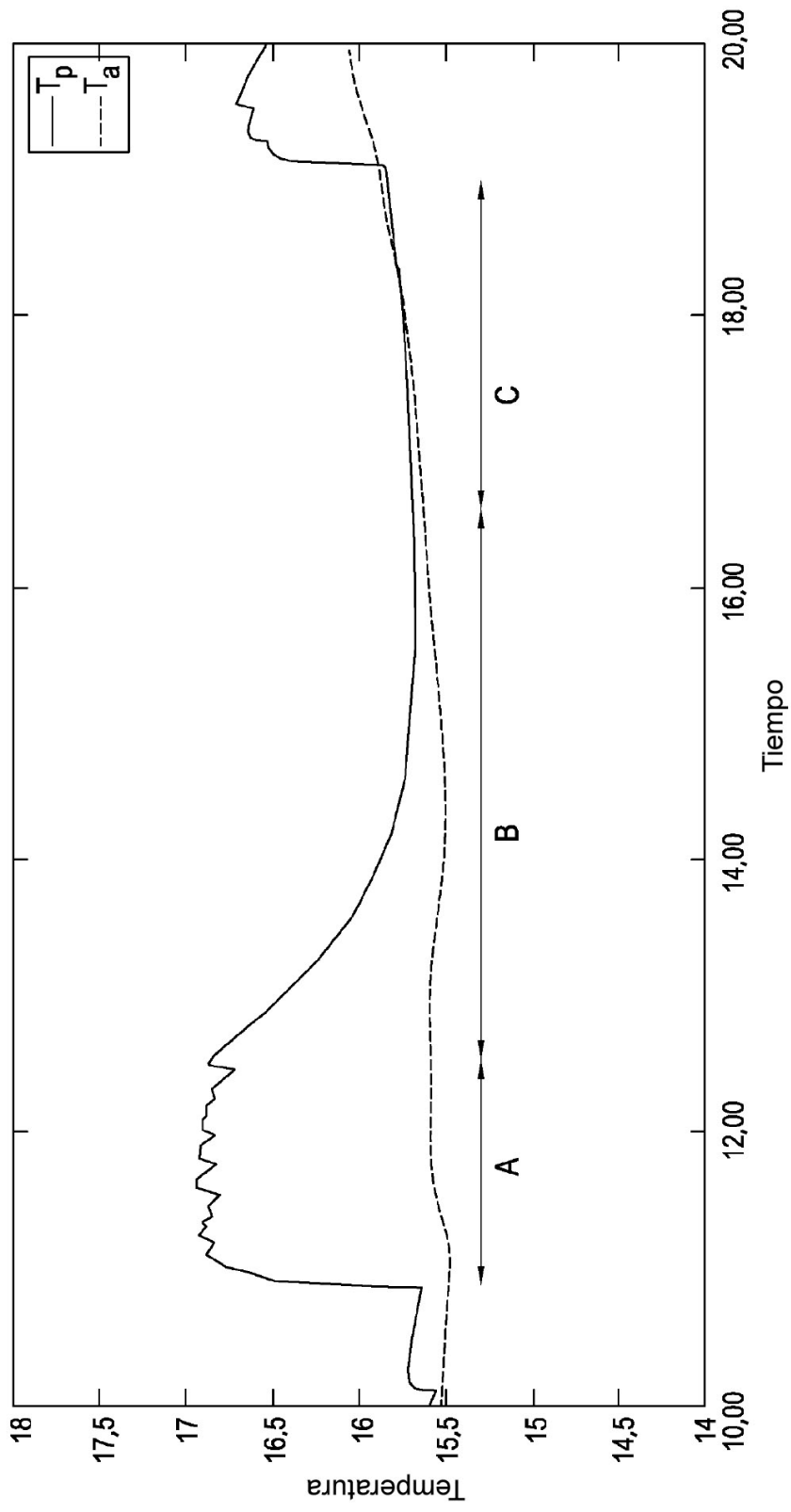


Figura 8a

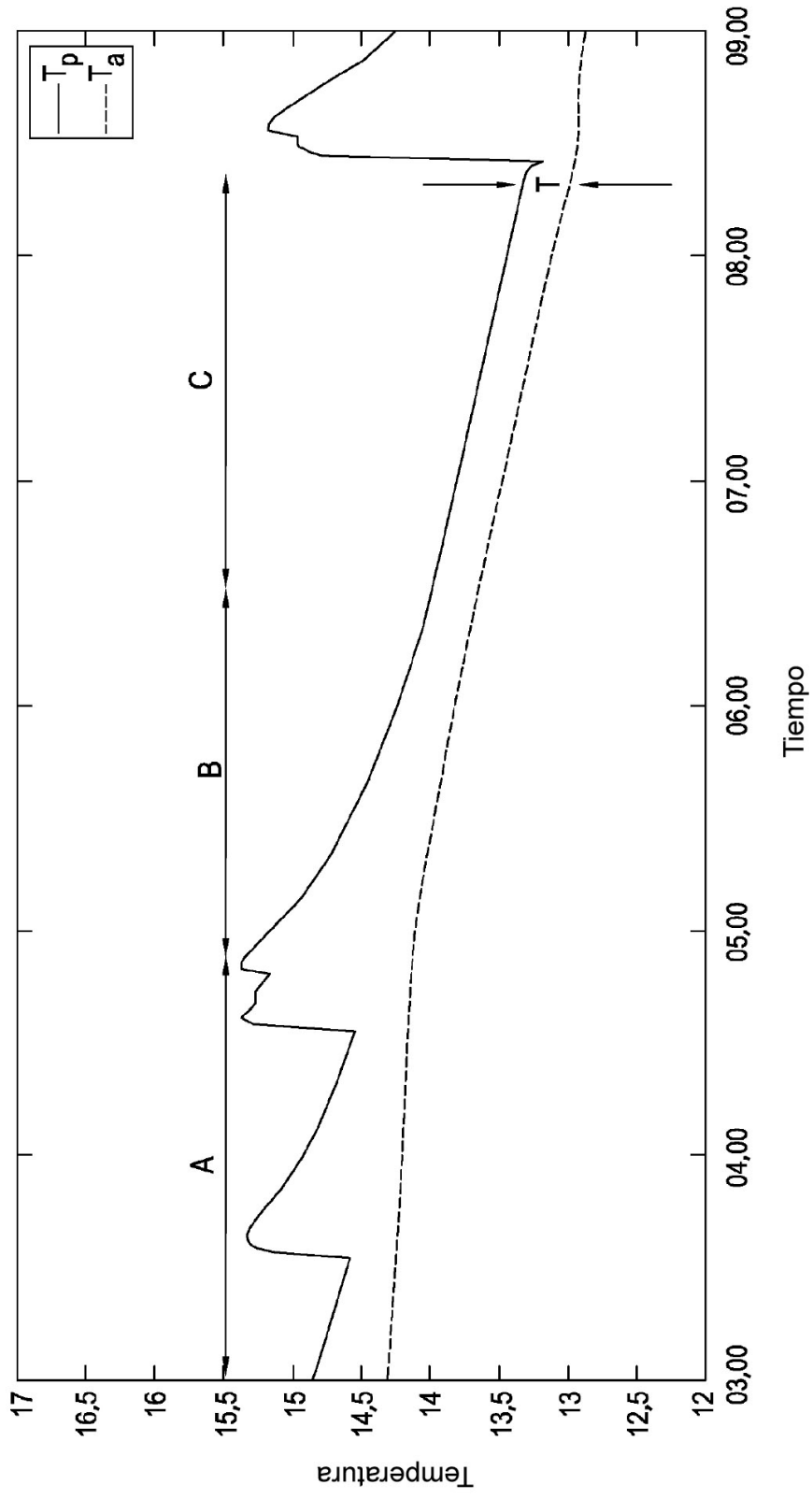


Figura 8b

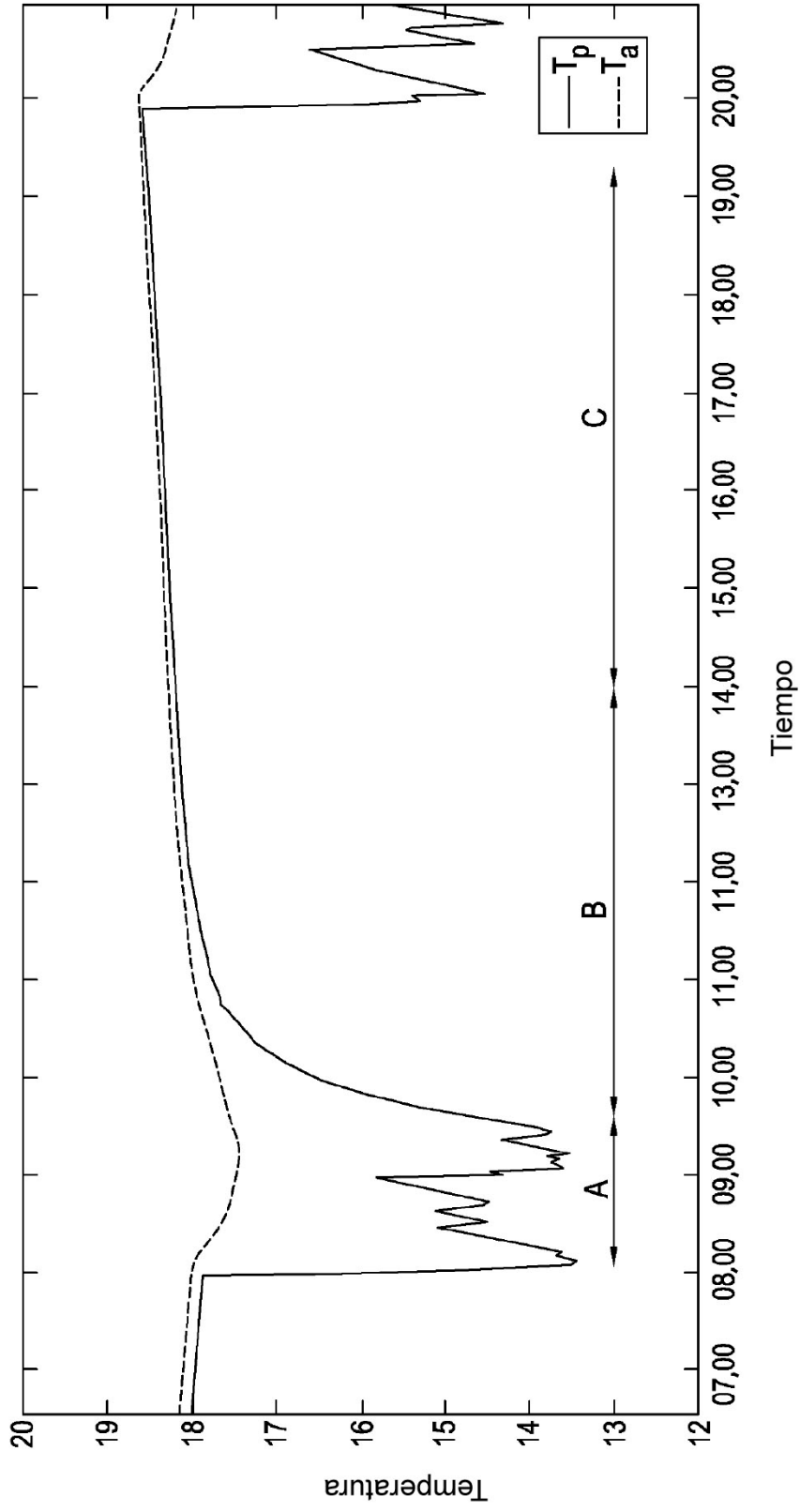


Figura 9a



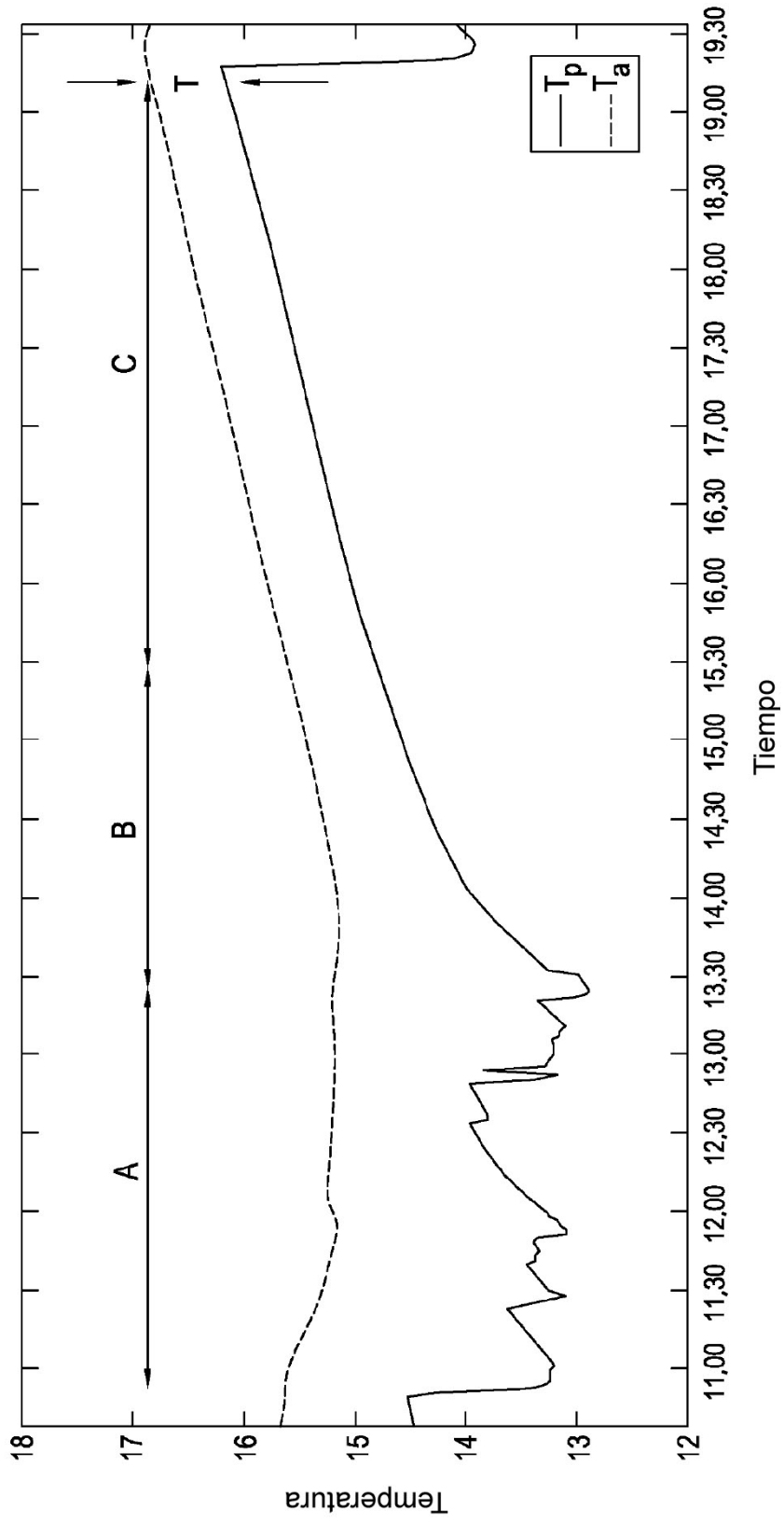


Figura 9b

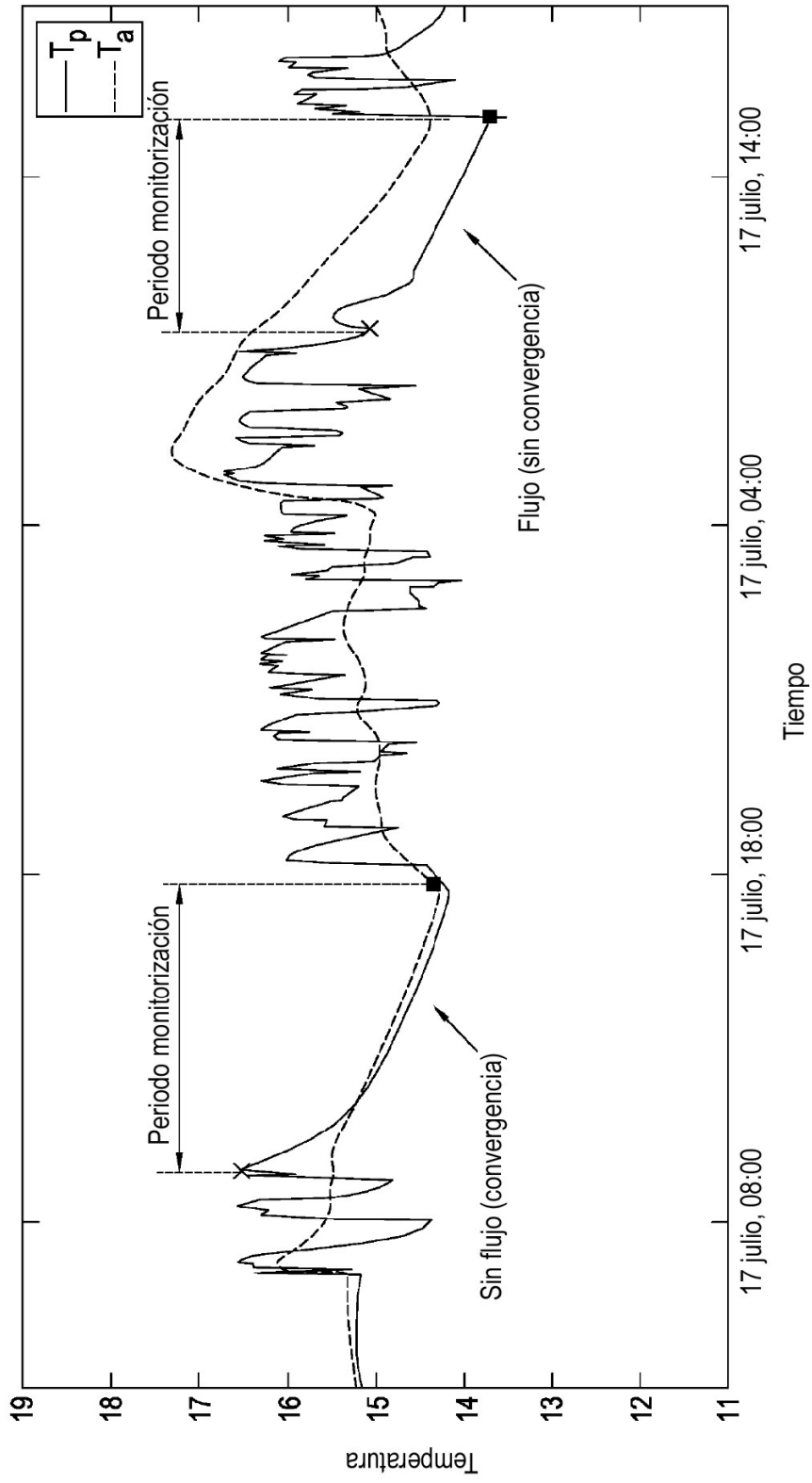


Figura 10

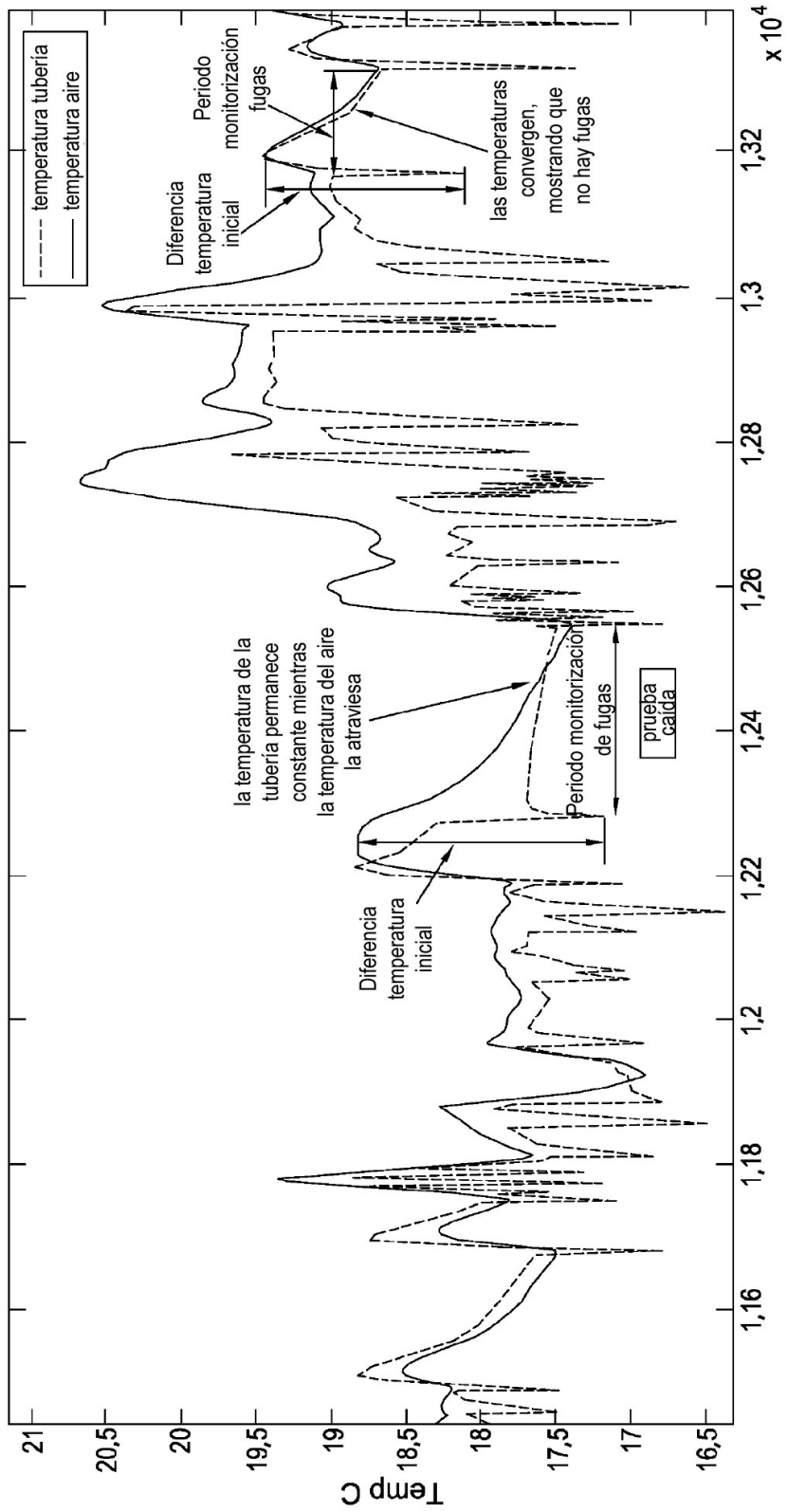


Figura 11

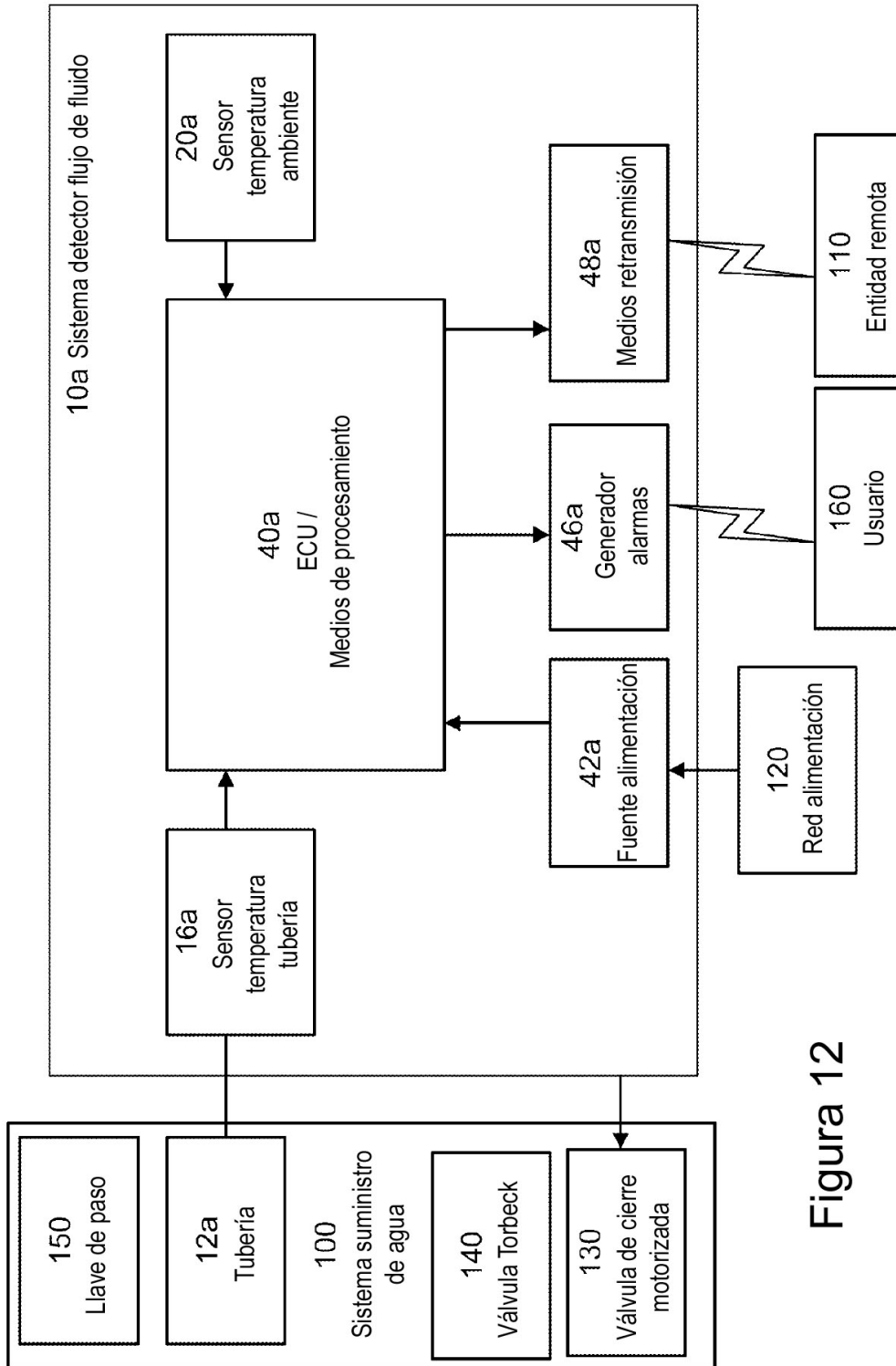


Figura 12

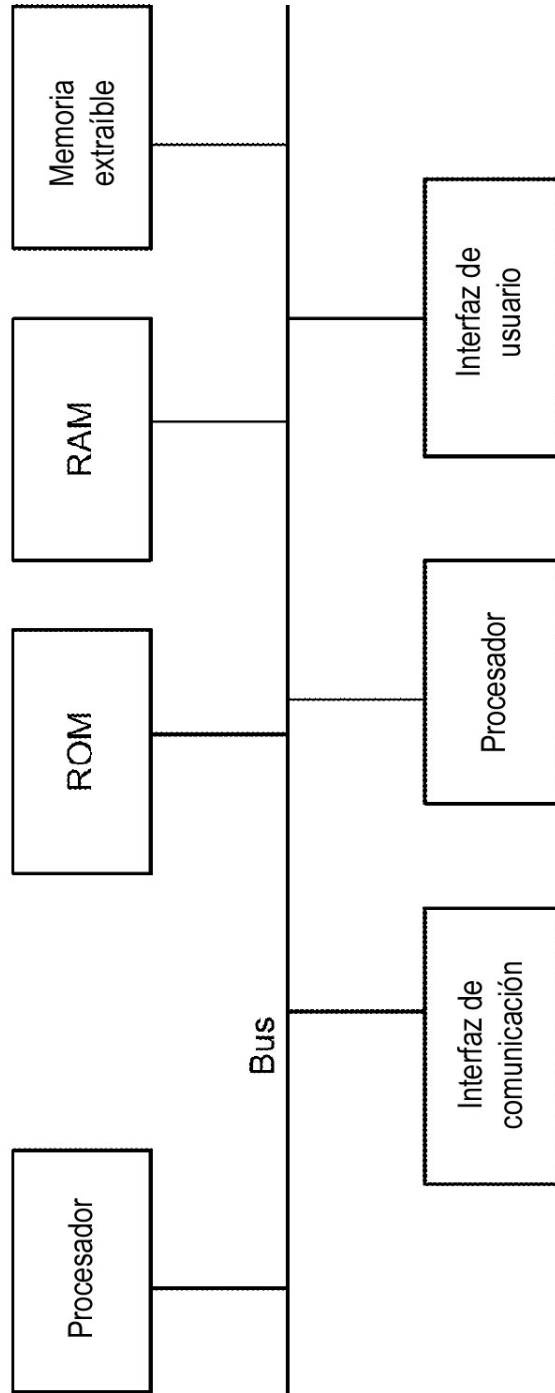


Figura 13