

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 876 417**

51 Int. Cl.:

G01N 21/65 (2006.01)

G01N 21/75 (2006.01)

G01N 21/84 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.11.2017 PCT/EP2017/080976**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.06.2018 WO18114269**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.11.2017 E 17808429 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.04.2021 EP 3559641**

54 Título: **Dispositivo simplificado de detección de la formación de hidratos de gas**

30 Prioridad:

21.12.2016 FR 1662981

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

12.11.2021

73 Titular/es:

**IFP ENERGIES NOUVELLES (100.0%)
1 & 4 Avenue de Bois-Préau
92852 Rueil-Malmaison, FR**

72 Inventor/es:

**DELPOUX, OLIVIER;
FROT, DIDIER;
SINQUIN, ANNE y
SAGNARD, CORINNE**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 876 417 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 simplificado de detección de la formación de hidratos de gas

5 La presente invención se refiere al campo técnico de la producción y almacenamiento de gas natural, y más generalmente de fluidos esencialmente gaseosos susceptibles de formar cristales de hidratos o de clatratos en un conducto.

10 La invención se refiere a un dispositivo simplificado para implementar un método optimizado que permita detectar la presencia o la propensión a la formación de hidratos de un gas, o de hidratos de una mezcla de gases, dentro de un fluido esencialmente gaseoso.

15 Se conocen unas celdas para estudiar la capacidad de un sistema formado de líquido y de gas para formar hidratos de gas. En instalaciones de laboratorio, instalaciones piloto y/o industriales, la formación de los hidratos de gas se detecta bien mediante un aumento de la temperatura, puesto que la cristalización es exotérmica, o bien, cuando el dispositivo de trabajo está respectivamente cerrado o semicerrado (permitiendo el mantenimiento de la presión), por una caída de presión o por un repentino consumo de gas. También es posible detectar la formación de hidratos mediante examen visual. Cabe señalar que, en la mayoría de estos métodos, es necesario formar (o disociar) un gran número de cristales de hidratos para obtener una señal significativa. En el caso de sistemas gaseosos que comprenden
20 bajos contenidos de agua, se emplean unas celdas de equilibrio con mediciones del contenido de agua por cromatografía gaseosa o por coulometría. Un dispositivo de detección de hidrato de gas se describe en el documento FR2984504 A, y un dispositivo de detección de hielo se describe en el documento US8325338 B1.

25 Los hidratos de gas son cristales compuestos de una red de moléculas de agua estabilizadas por formadores de hidratos (tales como CO_2 , H_2S , nitrógeno, etc.). Los hidratos de gas se forman en condiciones de altas presiones y a bajas temperaturas. Si estos cristales se forman, crecen, se aglomeran y provocan una obstrucción de las canalizaciones. El remedio a tales obstrucciones es largo, difícil y peligroso. Actualmente, los operarios utilizan soluciones técnicas complicadas y costosas para evitar la formación de estos cristales.

30 Uno de los objetivos de la presente invención es proporcionar un dispositivo simplificado de medición y de detección precoz de la formación de hidratos de gas, haciendo así posible la implementación de un remedio eficaz frente a los problemas de hidratos.

35 La espectrometría Raman es una técnica no destructiva y no invasiva de estudio de las vibraciones de enlaces de moléculas que, en la actualidad, se utiliza comúnmente para investigar la estructura y la composición de hidratos de gas natural o sintético. En efecto, se sabe que, en el caso de hidratos de gas puro, la espectrometría Raman permite identificar a través de los modos de vibraciones de las moléculas hospedantes, la estructura del hidrato de gas (de tipo SI, SII o SH), y determinar cuantitativamente las ocupaciones relativas de los diferentes tipos de cavidades de estos diferentes cristales de hidratos. En el caso de hidratos mixtos (estabilizados por una mezcla de gas), la técnica
40 permite identificar cualitativamente la estructura del hidrato formado y la naturaleza de las moléculas hospedantes.

La espectrometría Raman ya se ha utilizado como un medio para estudiar la formación de agua sólida.

45 La presente invención se basa en el hecho de que el uso de espectros Raman en la zona de los modos de vibraciones de los enlaces OH de un medio que contiene agua susceptible de formar cristales sólidos (tales como hielo y/o hidratos), permite, con la combinación de una medición de la temperatura, identificar la presencia o no de cristales utilizando un dispositivo de medición simplificado.

50 La invención se refiere a un dispositivo de detección de la presencia de hidratos de gas o de hielo en un medio que comprende agua susceptible de formar cristales sólidos como se define en la reivindicación 1.

Según una realización de la invención, el dispositivo de detección comprende un interruptor óptico dispuesto para conducir alternativamente dichas señales filtradas sobre un único detector A.P.D.

55 Conforme a la invención, dichos dos filtros paso de banda se determinan para extraer las intensidades luminosas que corresponden a los espectros Raman de dos modos de vibración de los enlaces OH que tienen, respectivamente, unos números de onda situados a $3160 \text{ cm}^{-1} \pm 40 \text{ cm}^{-1}$, y a $3400 \pm 150 \text{ cm}^{-1}$.

60 Según una característica, dicho valor característico corresponde a la intensidad de las señales, o a un valor directamente relacionado con la intensidad, por ejemplo la integral de dicho espectro centrada sobre dichos modos de vibración.

Conforme a la invención, dichos medios de análisis efectúan una relación T de dichos dos valores característicos.

65 Ventajosamente, dichos filtros son dos filtros de paso de banda centrados alrededor de 640 nm y 650 nm, a fin de corresponder a las señales Raman de dichos dos modos de vibración de los enlaces OH.

De manera ventajosa, dicho dispositivo comprende unos medios para regular la temperatura en las proximidades de dicho punto de medición.

5 Además, la invención se refiere a un uso del dispositivo según una de las características anteriores a la detección de presencia de hidratos o de hielo en un efluente de producción que procede de una explotación de hidrocarburos, en la que se efectúa previamente una operación de calibración de dicho dispositivo a partir de una muestra representativa de dicho efluente.

10 La calibración determina, para al menos una temperatura, una relación de referencia T_0 para detectar la presencia o no de cristales sólidos de hielo o de hidratos.

Preferentemente, la presencia de cristales de hidratos se deduce si la relación T de dichos valores característicos de dichas señales filtradas es mayor que un valor de calibración T_0 y si la temperatura medida es mayor que la temperatura de formación de hielo T_f en las condiciones de medición.

15 La presente invención se entenderá mejor y sus ventajas aparecerán más claramente a partir de la lectura de la descripción siguiente de ejemplos de realización, de ninguna manera limitativos, e ilustrados por las figuras siguientes adjuntas, entre las cuales:

- 20 - las figuras 1a y 1b muestran dos realizaciones del dispositivo según la invención.
- la figura 2 muestra unos espectros en función de la temperatura del medio considerado, obtenidos por el dispositivo según una realización de la invención,
- 25 - la figura 3 muestra la evolución de la relación T de las áreas de las señales de dos modos de vibraciones de los enlaces OH.

30 La presente invención se puede describir como un dispositivo adecuado para la implementación de un método de detección de los hidratos de gas o de hielo fundada sobre informaciones obtenidas por unos espectros Raman y una medición de temperatura (por ejemplo mediante una sonda de temperatura).

El dispositivo de detección de la presencia de hidratos de gas o de hielo según la invención comprende al menos:

- 35 - una fuente láser dispuesta para irradiar al menos un punto de medición en un medio que comprende agua susceptible de formar cristales sólidos (hidratos de gas y/o hielo),
- al menos dos filtros de paso de banda de características ópticas determinadas para extraer las intensidades luminosas correspondientes a los espectros Raman de dos modos de vibración de los enlaces OH: estando dichos filtros dispuestos sobre la señal reflejada desde el punto de medición (en otras palabras, la fuente láser emite una señal que irradia el punto de medición, esta señal es reflejada por el punto de medición, esta señal reflejada pasa por los filtros de paso de banda),
- 40 - al menos un detector APD (del inglés "avalanche photodiode" por fotodiodo de avalancha) para registrar las dos señales filtradas por los dos filtros de paso de banda (en otras palabras, las señales filtradas se dirigen hacia el o los detectores APD),
- al menos un medio de medición de la temperatura en las proximidades del punto de medición, y
- 50 - unos medios de análisis de la presencia o no de hidratos y/o de hielo en el punto de medición, explotando dichos medios de análisis dos valores característicos de las señales filtradas (por los filtros de paso de banda) combinados con la medición de temperatura para determinar la presencia o no de hidratos y/o de hielo (cristales sólidos).

55 El dispositivo según la invención se puede considerar como un "espectrómetro Raman simplificado" debido a que no proporciona espectros Raman, sino informaciones o mediciones, que se explotan en un método de detección de los hidratos, como si procedieran de espectrometría Raman. En efecto, se ha constatado que en lo que se refiere a la detección de cristales sólidos de hielo o de hidratos, se puede considerar en la gama espectral de las vibraciones de enlaces OH únicamente dos modos: el modo de vibración del agua sólida (hidrato o hielo), y el modo de vibración del agua libre.

60 Por tanto, la invención proporciona un dispositivo que proporciona al menos un "valor característico" para cada uno de estos dos modos. Con la ayuda de estos dos valores característicos combinados con una medición de temperatura, los medios de análisis deducen la presencia o no de cristales sólidos de hielo o de hidratos. Por "valor característico", se quiere significar la intensidad de la señal, o un valor directamente relacionado con la intensidad, por ejemplo la integral de dicho espectro centrada sobre dichos modos de vibración.

Se recuerda que la espectrometría Raman es un método óptico de observación y de caracterización de la composición molecular y de la estructura externa de un material. La espectrometría Raman explota el fenómeno físico según el cual un medio modifica ligeramente la frecuencia de la luz y que circula en él. La espectroscopia Raman consiste en enviar una luz monocromática a la muestra y analizar la luz difusa. Las informaciones obtenidas por la medición y el análisis de este desajuste permiten remontar a determinadas propiedades del medio, por la espectroscopia.

La elección de la fuente láser y del detector APD está condicionada por la búsqueda del óptimo en términos de relación señal sobre ruido en la gama espectral de los modos de vibraciones de los enlaces OH. La elección de los dos filtros de paso de banda está también condicionada a la elección de la longitud de excitación a fin de recuperar las intensidades de difusión Raman que corresponden a dos modos de vibración que pueden corresponder a unos números de ondas situados a $3160 \text{ cm}^{-1} \pm 40 \text{ cm}^{-1}$, y a $3400 \pm 150 \text{ cm}^{-1}$.

Un detector APD (fotodiodo de avalancha) es un componente electrónico similar a los fotomultiplicadores, que aprovecha el efecto fotoeléctrico para convertir la luz en electricidad. Los detectores APD se usan para detectar intensidades de luz extremadamente bajas.

En las proximidades del punto de medición (también denominado punto de análisis) en el que el láser irradia la muestra, se instala una sonda de temperatura (por ejemplo, un termopar o mediante una tercera fibra óptica acoplada a un medio de medición remoto o cualquier otro medio para medir la temperatura) a fin de disponer simultáneamente la difusión Raman y su temperatura para la zona de muestra.

En cada punto de medición se asocia una medición de temperatura situada en las proximidades de dicho punto de medición que permite medir la temperatura del fluido que circula en dicha proximidad del punto de medición.

Según una realización de la invención, el dispositivo según la invención puede comprender dos detectores APD. Cada detector APD se coloca a la salida de un filtro de paso de banda para registrar separada y simultáneamente las dos señales filtradas.

Alternativamente, el dispositivo de detección puede comprender un solo detector APD para medir las dos señales procedentes de los dos filtros de paso de banda. Para esta realización, el dispositivo de detección puede comprender además un interruptor óptico dispuesto entre los dos filtros y el detector APD. El interruptor permite transferir, de manera alternativa, una sola señal sobre el detector APD.

Según una realización de la invención, los dos datos (espectros Raman y temperatura) pueden enviarse hacia medios de análisis, especialmente medios informáticos (por ejemplo, un PC) que controlan la cadena analítica, para una explotación de estas medidas.

Se puede utilizar después un método matemático de descomposición espectral a fin de evaluar, tras una sustracción de la línea de base (método bien conocido por el experto en la técnica), un valor característico para cada uno de los dos modos de vibración de los enlaces OH (denominados también modos de vibración del agua) siguientes:

- un primer modo de vibración del agua (designado en lo sucesivo modo A), tal como con un número de onda situado a $3160 \text{ cm}^{-1} \pm 40 \text{ cm}^{-1}$,
- y un segundo modo de vibración del agua (denominado en lo sucesivo modo B), tal como el que tiene un número de onda situado a $3400 \pm 150 \text{ cm}^{-1}$.

Según una implementación de la invención, los dos filtros de paso de banda se determinan para extraer las intensidades luminosas correspondientes a los espectros Raman de estos dos modos de vibración de los enlaces OH (un número de onda situado a $3160 \text{ cm}^{-1} \pm 40 \text{ cm}^{-1}$ y un número de onda situado a $3400 \pm 150 \text{ cm}^{-1}$).

Ventajosamente, los dos filtros pueden ser unos filtros de paso de banda centrados sustancialmente alrededor de 640 nm y 650 nm, a fin de corresponder a las señales Raman de los dos modos de vibración de los enlaces OH.

Por "valor característico" se entiende la intensidad de la señal, o un valor directamente relacionado con la intensidad, por ejemplo el área (obtenido por integración del espectro sobre bandas correspondientes a dos modos de vibración del agua).

La posición de las bandas correspondientes a los modos de vibración A y B se puede dar en número de onda (cm^{-1}) o en longitud de onda (nm). Se recuerda que el número de onda es una cantidad igual a la inversa de la longitud de onda. Esta posición se da siempre relativa (shift Raman) con respecto a la posición del láser incidente (la posición de las bandas expresada en longitud de onda depende de la longitud de onda del láser incidente del espectroscopio Raman).

Según la invención, una vez determinados los dos valores característicos, los medios de análisis calculan una relación T de estos dos valores característicos. Preferentemente, la relación corresponde a la relación del primer modo de vibración del agua (modo A) por el segundo modo de vibración del agua (modo B).

La relación T se puede comparar después, mediante los medios de análisis, con valores límites T_0 determinados previamente por calibración en el medio considerado. Los valores límite T_0 pueden depender del medio, de la temperatura, de la presión, etc. La relación T_0 puede depender de la temperatura, de ahí la ventaja de recurrir a una medición de temperatura acoplada a la medición Raman. Si $T > T_0$, entonces el sistema contiene agua en forma sólida (hidratos o hielo). Si $T < T_0$, entonces el sistema no contiene agua en forma sólida (hidratos o hielo). Además, en el caso $T > T_0$, si la temperatura T medida cerca de dicho punto de medición es mayor que la temperatura T_f de formación del hielo en las condiciones de medición, los medios de análisis pueden distinguir entre una presencia de hielo o una presencia de hidratos de gas: si $T > T_0$ y $T > T_f$, entonces los medios de análisis pueden poner en evidencia la presencia de hidratos de gas.

La temperatura T_f depende especialmente del medio que comprende agua y de la presión. En particular, la temperatura T_f puede ser más elevada en presencia de aditivo.

Según un ejemplo de realización de la invención, la relación T_0 puede estar comprendida entre 0,8 y 1,2 para la detección de la formación de agua sólida de hielo o de hidratos en un medio que comprende metano.

La operación de calibración se realiza posiblemente a diferentes temperaturas, en condiciones representativas de operaciones industriales del medio que comprende agua.

En resumen, a partir del procedimiento de calibración, de la medición en línea de los modos de vibración del agua mediante un dispositivo simplificado y de la temperatura T en las proximidades del punto de medición, los medios de análisis determinan un valor límite que permite dictaminar sobre la formación o no de agua en forma sólida, especialmente en forma de hidratos de gas.

Según una implementación de la invención, se pueden agregar unos medios de ajuste de la temperatura del medio a nivel del punto de medición a fin de poder controlar la temperatura del medio (imponiendo una gama de temperaturas a nivel del punto de medición) a fin de anticipar la formación de hidratos o, más generalmente, de agua en forma sólida. Preferentemente, los medios de ajuste de la temperatura enfrían la temperatura del medio en las proximidades del punto de medición.

Según una realización de la invención, si los medios de análisis detectan una formación de hidratos o de hielo a nivel del punto de medición después del enfriamiento del medio a nivel del punto de medición, es posible evitar la formación de hidratos dentro del medio inyectando un aditivo antihidrato en el medio que comprende agua. Así, es posible anticipar la prevención de hidratos en el medio que comprende agua.

Las figuras 1a y 1b ilustran, esquemáticamente y de manera no limitativa, dos dispositivos de detección según la invención. En estas figuras, no están representado el medio de medición de la temperatura y los medios de análisis.

La figura 1a muestra esquemáticamente una implementación del dispositivo en el que una fuente láser (S1) irradia un punto de medición (H) que reenvía una señal filtrada por dos filtros ópticos de paso de banda (F1 y F2), registrándose las dos señales filtradas por un único detector APD alternativamente gracias a un interruptor (I).

La figura 1b muestra esquemáticamente una segunda implementación del dispositivo, en el que una fuente láser (S1) irradia un punto de medición (H) que reenvía una señal filtrada por dos filtros ópticos de paso de banda (F1 y F2), registrándose las dos señales filtradas cada una por un detector APD (D1 y D2).

Además, el método de detección de los hidratos de gas o de hielo mediante el dispositivo según la invención puede comprender las etapas siguientes:

- se envía una señal luminosa láser, cuya longitud de onda es menor que 785 nm (realizada por la fuente láser), a al menos un punto del medio
- se recuperan las intensidades luminosas correspondientes a los modos de vibraciones A y B en el punto considerado con la ayuda de dos filtros de paso de banda y de uno o varios detectores APD,
- se tratan las señales según el método descrito anteriormente (midiendo los valores característicos para los dos modos de vibración de los enlaces OH), mediante los medios de análisis,
- el valor de la relación de intensidad o de las áreas T se recupera al final de este tratamiento mediante los medios de análisis,
- se mide la temperatura T en las proximidades del punto de medición,

- el valor de la relación T se compara con un valor de referencia T_0 mediante los medios de análisis,
- en función de la diferencia entre el valor medido T y el valor de referencia T_0 , y en función de la temperatura medida, se dictamina sobre la presencia o no de cristales sólidos de hielo o de hidratos mediante los medios de análisis.

En función de esta información, se puede actuar sobre al menos una variable de acción, por ejemplo la temperatura, la presión, la inyección de aditivo, o el caudal del fluido, para evitar la formación de hidratos (o de hielo) en el medio que comprende agua.

En una variante, se controla la temperatura T en las proximidades del punto de medición. Se pueden añadir medios de ajuste de la temperatura que tengan como objetivo enfriar dicho punto de medición. El método permite entonces anticipar una temperatura de formación de hidratos en condiciones reales.

Ejemplo

Las características y ventajas de la invención destacarán más claramente a partir de la lectura del ejemplo de aplicación siguiente. En este ejemplo, el medio está compuesto de metano en fase gaseosa a una presión de 70 bares y de una pequeña cantidad de agua en un recinto en el que se coloca una sonda de temperatura y el dispositivo según una de las Figuras 1a o 1b, con una fuente láser que posee una longitud de onda de excitación a 532 nm (o 18797 cm^{-1}). Los filtros seleccionados son dos filtros de paso de banda centrados a 640 nm (o 15625 cm^{-1}) y 650 nm (o 15385 cm^{-1}) a fin de extraer respectivamente las intensidades luminosas o las áreas que corresponden a las señales Raman a 3412 cm^{-1} (18797-15385) y 3172 cm^{-1} (18797-15625).

Las intensidades luminosas ilustradas en la figura 2 se registraron durante el enfriamiento del recinto entre 15°C y 2°C. Cada curva representada corresponde a una temperatura del recinto.

En este ejemplo, los valores característicos considerados son las integrales de dichos espectros centradas sobre dichos modos de vibración.

Se miden las áreas integradas de los dos sólidos centrados a 640 nm y 650 nm recuperados por los dos detectores A.P.D. Los medios de análisis calculan después la relación T de las dos áreas ($A(640)/A(650)$) en función del tiempo (Figura 3) o indistintamente en función de la temperatura, ya que la temperatura se reduce a lo largo del tiempo en este ensayo. En la figura 3, la relación de las intensidades T se representa mediante cuadros grises, y la variación de la temperatura T en °C se ilustra mediante la curva de puntos. La comparación de los valores de la relación T , comprendidos aquí entre alrededor de 0,8 y 1,2, a un valor T_0 de referencia fijado aquí a 1 tras una calibración previa, permite dictaminar la presencia de agua en forma sólida. En la región $T < T_0$ (región EL en la figura 3), el sistema no contiene agua en forma sólida. En la región $T > T_0$ (región ES en la figura 3), el sistema contiene agua en forma sólida. Se anota como t_{sol} el tiempo que corresponde al paso de una región a otra, es decir, correspondiente al momento en el que se forman unos cristales sólidos. La medición de la temperatura T en las proximidades del punto de medición de los espectros Raman permite convertir este tiempo t_{sol} en una temperatura T_{sol} de aparición de las partículas sólidas. En este ejemplo, la temperatura varía entre 15°C y 2°C, la temperatura T_{sol} de aparición de las partículas sólidas es mayor que la temperatura de formación del hielo, lo que permite además sacar conclusiones sobre la aparición de cristales de tipo hidratos de gas, en lugar de tipo hielo.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de detección de la presencia de hidratos de gas o de hielo en un medio que comprende agua susceptible de formar cristales sólidos, caracterizado por que comprende al menos:

- una fuente láser (S1) dispuesta para irradiar al menos un punto de medición en dicho medio,
- al menos dos filtros de paso de banda (F1, F2) de características predeterminadas para extraer las intensidades luminosas correspondientes a los espectros Raman de dos modos de vibración de los enlaces OH, estando dispuestos dichos filtros sobre la señal reflejada por el punto de medición, teniendo dichos dos modos de vibración unos enlaces OH que tienen respectivamente unos números de onda situados a $3160 \text{ cm}^{-1} \pm 40 \text{ cm}^{-1}$, y a $3400 \pm 150 \text{ cm}^{-1}$,
- al menos un detector APD (D1, D2) para registrar las dos señales filtradas por dichos filtros de paso de banda (F1, F2),
- al menos un medio de medición de la temperatura (T) en dicho punto de medición,
- medios de análisis de la presencia de hidratos o de hielo en dicho punto de medición, explotando dichos medios de análisis dos valores característicos de dichas señales filtradas combinadas con dicha medición de temperatura para determinar la presencia o no de cristales de hidratos o de hielo, estando dichos medios de análisis configurados para:
- efectuar una relación T de dichos dos valores característicos;
- efectuar una comparación entre dicha relación T y unos valores límite T_0 determinados por calibración;
- determinar la presencia de cristales de hidratos o la presencia de hielo a partir de dicha comparación y de una comparación entre la temperatura medida T en dicho punto de medición por dicho medio de medición, y una temperatura de la formación del hielo en las condiciones de medición.

2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el dispositivo de detección comprende un interruptor óptico (I) dispuesto para conducir alternativamente dichas señales filtradas sobre un único detector A.P.D.

3. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho valor característico corresponde a la intensidad de las señales, o a un valor directamente relacionado con la intensidad, por ejemplo la integral de dicho espectro centrada en dichos modos de vibración.

4. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos filtros son dos filtros de paso de banda centrados alrededor de 640 nm y 650 nm, a fin de corresponder a las señales Raman de dichos dos modos de vibración de los enlaces OH.

5. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho dispositivo comprende medios de ajuste de la temperatura en las proximidades de dicho punto de medición.

6. Uso del dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores para la detección de presencia de hidratos o de hielo en un efluente de producción procedente de una explotación de hidrocarburos, en la que se efectúa previamente una operación de calibración de dicho dispositivo a partir de una muestra representativa de dicho efluente.

7. Uso según la reivindicación 6, en el que la calibración determina, para al menos una temperatura, una relación de referencia T_0 , para detectar la presencia de cristales sólidos de hielo o de hidratos.

8. Uso según la reivindicación 7, en el que se deduce la presencia de cristales de hidratos si la relación T de dichos valores característicos de dichas señales filtradas es mayor que un valor de calibración T_0 y si la temperatura medida es mayor que la temperatura de formación del hielo T_f en las condiciones de medición.

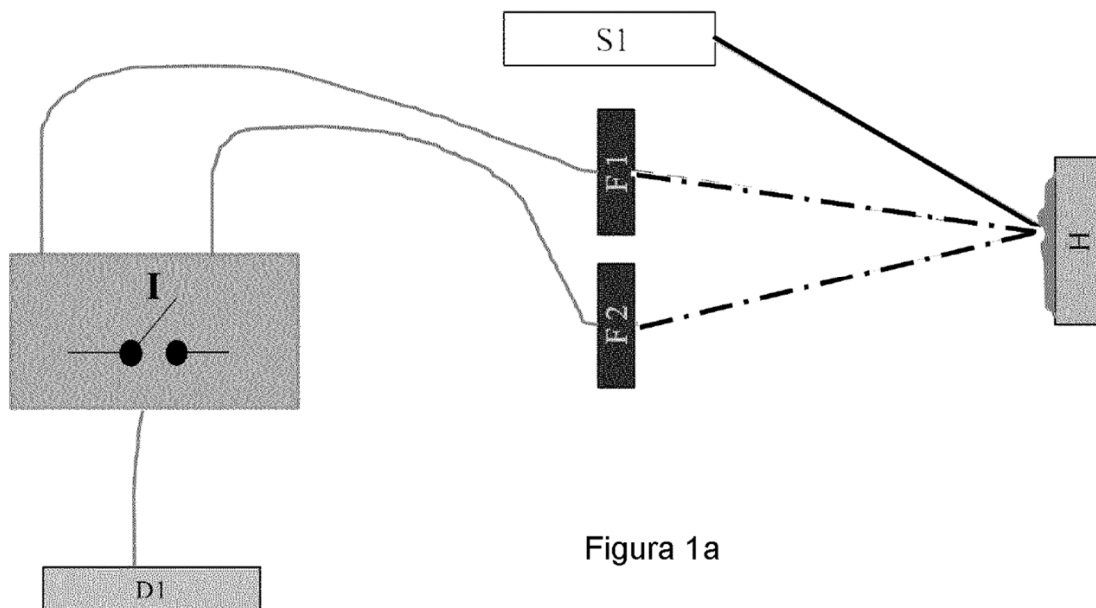


Figura 1a

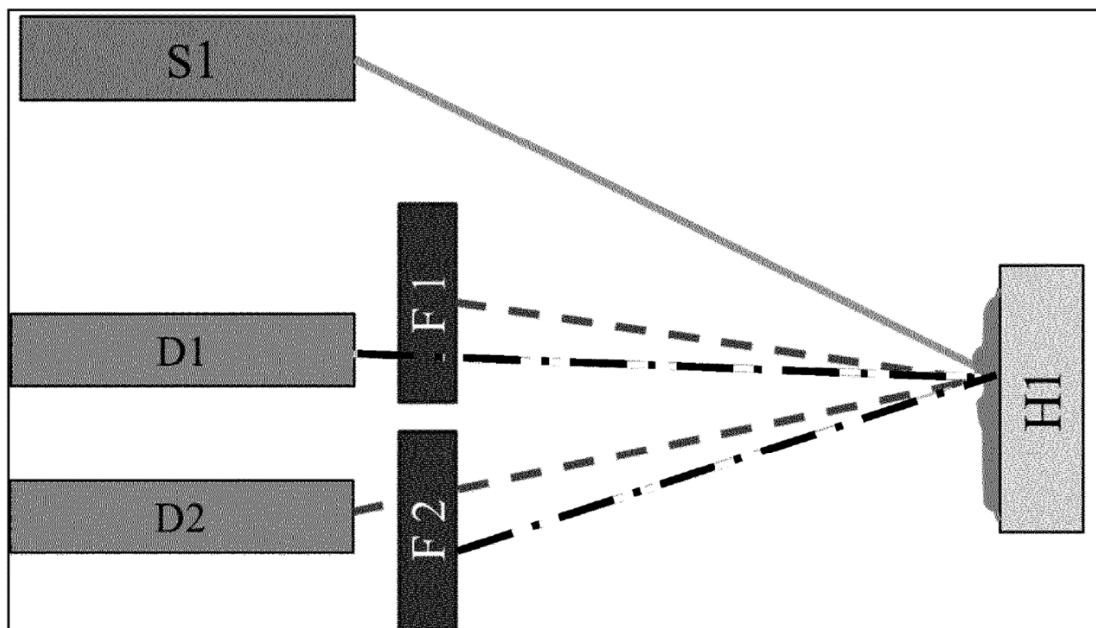


Figura 1b

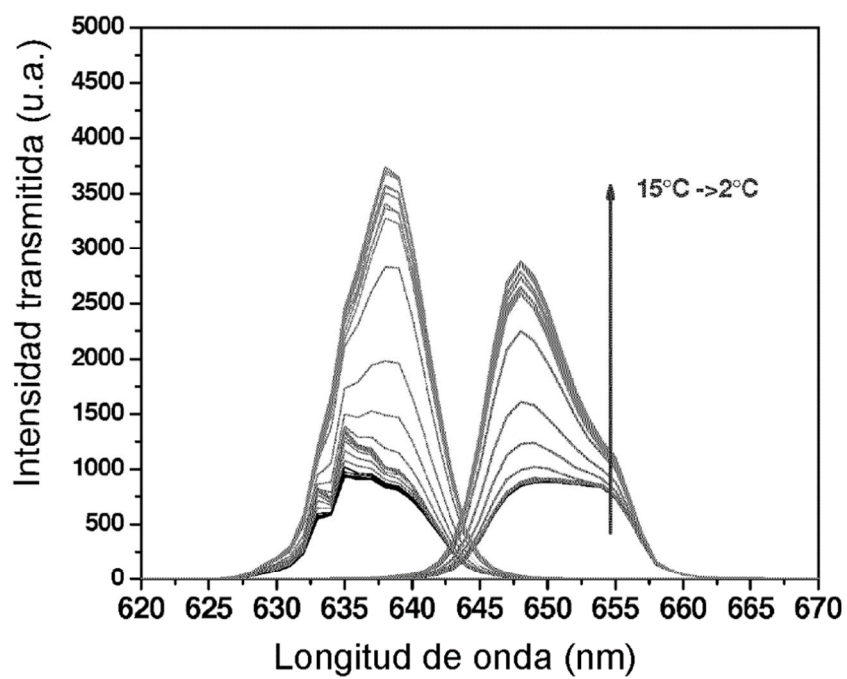


Figura 2

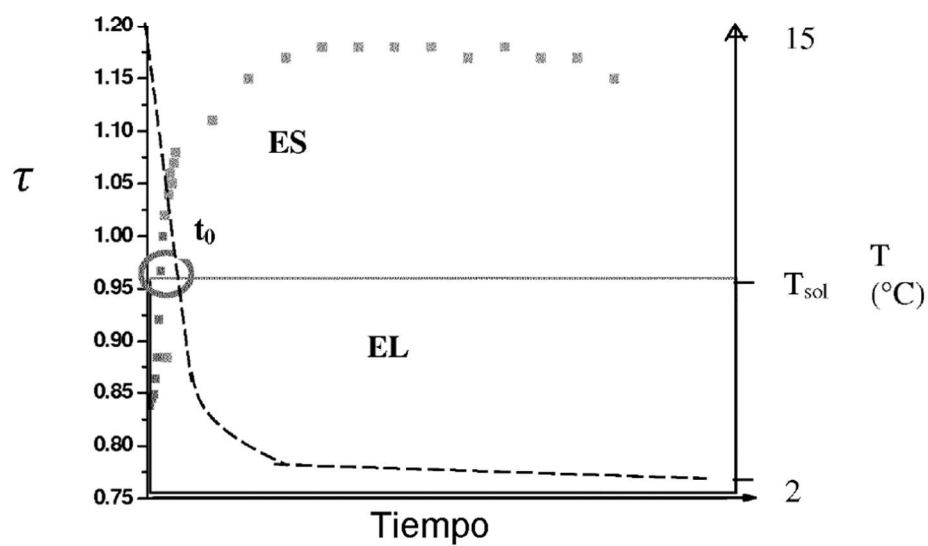


Figura 3