



## DESCRIPCIÓN

### INSTALACIÓN Y DISPOSITIVO SEPARADOR SÓLIDO LÍQUIDO MEDIANTE TERMOFORESIS Y PROCEDIMIENTO ASOCIADO

5

#### SECTOR TÉCNICO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere a un dispositivo separador sólido-líquido, así como una instalación para su funcionamiento óptimo y el proceso que de ella se desprende. El sector técnico en el que se encuadra es por tanto el de la ingeniería química, más particularmente la industria de los procesos de separación. Tiene aplicación industrial en la industria química, farmacéutica, agroalimentaria, etc

10

#### ESTADO DE LA TÉCNICA

15

La tecnología de la separación sólido-líquido emplea comúnmente técnicas de filtrado, tales como la microfiltración, ultrafiltración y la ósmosis inversa. Una de las más extendidas es la microfiltración, ya que permite retirar una cantidad importante de los sólidos con un coste bastante barato. La ultrafiltración es más cara pero retiene una cantidad de partículas sustancialmente mayor. La ósmosis inversa en algunos casos puede llegar a separar agua pura, pero a un coste que en muchas ocasiones resulta desorbitado. Es por ello que las tecnologías de microfiltración se hayan muy extendidas en la industria. Un ejemplo representativo de la misma se haya en el Modelo de Utilidad ES1071655.

20

25

Una desventaja de la microfiltración y ultrafiltración es que no tienen capacidad de actuar de manera controlada sobre las partículas microscópicas. Son buenos sistemas de filtración para retener agregados macroscópicos de partículas, o bien partículas microscópicas pero de una manera un tanto aleatoria. Normalmente no resulta rentable paliar este problema con el uso de ósmosis inversa, debido a los elevados costes que conlleva. Serían interesantes por tanto tecnologías a bajo coste pero que permitieran tener un cierto control sobre las partículas microscópicas que se desean retener.

30

La termoforesis es un fenómeno físico capaz de ejercer un control sobre partículas microscópicas, pero que apenas tiene expresión en la industria de la separación. Usualmente se contempla como un fenómeno indeseado, por ejemplo es causante del

ensuciamiento de los intercambiadores de calor; como consecuencia se destinan grandes esfuerzos encaminados a evitar la termoforesis en la industria. Sin embargo, en algunas situaciones se explota con la finalidad de mezclar o redirigir flujos de gases, como se puede ver en la patente EP0958579, pero sin presencia en flujos líquidos debido a las dificultades que conlleva. En definitiva, se hacen necesarias tecnologías que exploten la termoforesis como método de separar sólidos del seno de un medio líquido.

## DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La termoforesis es el fenómeno físico mediante el cual una partícula responde a un gradiente de temperaturas con un desplazamiento. Un ejemplo ilustrativo es aquel en el cual se dispone de una olla de cocina en la que se calienta un alimento fluido con partículas en suspensión. Una vez las paredes de la olla alcanzan temperaturas elevadas, se observa una capa de incrustaciones del alimento sobre dichas paredes. La termoforesis es el fenómeno responsable de esta migración de las partículas desde el seno del fluido hasta las superficies calientes. Cada tipo de partícula, en función de variables como su masa y estructura, responde en mayor o menor medida a un cierto rango de temperaturas de las superficies. Es decir, para cada partícula hay una temperatura determinada que maximiza la fuerza de atracción hacia una superficie a esa temperatura. Por ejemplo, existen coloides que cuya fuerza de atracción hacia superficies se hace máxima cuando éstas tienen una temperatura por debajo de  $-20^{\circ}\text{C}$ . Otros coloides experimentan la mayor fuerza de atracción a más de  $300^{\circ}\text{C}$ .

La termoforesis es también responsable del fenómeno del ensuciamiento de los intercambiadores de calor. Un caso ilustrativo son los intercambiadores de carcasa y tubos. Estos poseen unos tubos que recorren el interior de una carcasa; un primer fluido circula por el interior de los tubos, e intercambian calor con un segundo fluido, que circula exterior a dichos tubos e interior a la carcasa. En toda aplicación industrial con estos intercambiadores, cada cierto tiempo se forman capas de ensuciamiento adheridas tanto en la superficie interior como exterior a los tubos. Estas capas son indeseables, pues generan una resistencia térmica que frena la transferencia de calor. Para limitar sus efectos, cada cierto tiempo el intercambiador se desmonta y un operario procede a su limpieza y desincrustación manual. En función del tipo de sustancia y de las temperaturas predominantes, la fuerza de la termoforesis será mayor o menor, y pueden ser necesarias varias limpiezas al día o incluso dejar varios años sin limpieza.

Se define como "superficie térmica" a toda superficie sólida que está en contacto con un líquido y sobre la cual se depositan, se adhieren, partículas sólidas presentes en dicho fluido, sea en disolución o suspensión. Si se supone un tubo recorrido interiormente por un fluido, inicialmente, al estar el tubo limpio, la superficie térmica consiste en la  
5 pared interior del propio tubo. Conforme pasa el tiempo, en determinadas regiones de dicha pared se pueden formar capas de incrustación de partículas sólidas. En estas regiones serán las partículas de la periferia de dicha capa de incrustación y en contacto con el líquido, las que formen la superficie térmica. Para clarificar el concepto se expone el siguiente ejemplo. Suponemos inicialmente un tubo metálico con diámetro interior de  
10 20 mm, el cual está perfectamente limpio. El tubo es recorrido interiormente por un líquido. La superficie térmica tendrá aquí forma de cara lateral de un cilindro de 20 mm de diámetro. Suponemos ahora que ha pasado un tiempo y partículas de suciedad se han incrustado sobre la cara interior del tubo, formando una capa sólida de incrustaciones. La capa tiene un espesor de 1 mm, de modo que acorta el diámetro interior del tubo,  
15 concretamente lo reduce de 20 mm hasta 18 mm. Entonces en este caso, la superficie térmica tendrá forma de cara lateral de un cilindro de 18 mm de diámetro. Es decir, la superficie térmica la conforman las paredes sólidas y estáticas que están en contacto con un líquido.

Los términos "capa de incrustaciones" y "capa de ensuciamiento" se emplean  
20 como sinónimos.

La presente invención hace uso de un intercambiador de calor que actúa como separador sólido-líquido. En adelante se le llamará simplemente "separador". Dicho separador es atravesado por un líquido a tratar, del cual se desean separar partículas. El fluido a tratar que entra en el separador se denomina "entrante" o de entrada, y una vez  
25 sale del mismo "saliente" o de salida. Se contempla igualmente un segundo intercambiador de calor para precalentar el fluido de entrada, todavía no explicado. Se le hará referencia como "precalentador". Cuando se hable indistintamente del separador o precalentador, se mencionará "intercambiador".

Se contempla que los diversos intercambiadores de calor de la presente invención  
30 sean de cualquier tipo conocido en el estado de la técnica actual. Así, se pueden emplear intercambiadores de calor/separadores de carcasa y tubos, de tubos concéntricos, de placas, en espiral, de tubos recorridos por corriente eléctrica, etc. Asimismo se contempla cualquier tipo de medio conocido para sostener las temperaturas deseadas en los intercambiadores. A modo de ejemplo no limitativo, estos medios pueden ser una

corriente eléctrica, vapor de agua procedente de una caldera, fluido refrigerante, aceite térmico, etc.

Si bien la termoforesis es un fenómeno en casi todos los casos indeseable, resulta beneficiosa en algunas situaciones como las divulgadas en el presente documento. La presente invención divulga una instalación, dispositivo y procedimiento cuya finalidad es promover y maximizar la termoforesis, para conseguir separar partículas sólidas de un líquido en el que se encuentran inmersas. Esto implica una importante diferenciación con respecto al estado de la técnica previo.

La invención comprende como elemento fundamental un separador en el cual circula un líquido del cual se desean retirar partículas sólidas, de modo que la tecnología divulgada se encuadra en la tipología de equipos separadores sólido-líquido, junto con instalaciones y procedimientos asociados. Esta invención va destinada a todo tipo de líquido que tenga partículas en disolución y/o suspensión que se deseen separar. Ejemplos de estos líquidos son las aguas residuales industriales, purines de granjas, aguas a potabilizar, etc. También resultan de interés los líquidos alimentarios, como zumos, leche, etc.

Es importante evitar que las capas de incrustación crezcan más de un cierto límite, ya que esto va en contra de la propia termoforesis. Estas capas modifican la forma de la superficie térmica y descienden su temperatura. Con el fin de ilustrar este fenómeno, se tiene en cuenta un experimento con tubo metálico con un diámetro interior de 20 mm, recorrido interiormente por un fluido. Se supone que su superficie interior está a 100°C, temperatura que maximiza la termoforesis para un tipo hipotético de partícula en disolución ó suspensión. Por efecto de la termoforesis las partículas se van adhiriendo a la superficie interior, y una vez adheridas forman una capa sólida de ensuciamiento; conforme avanza el tiempo, el espesor de dicha capa sólida aumenta, fruto de la termoforesis. La termoforesis viene determinada por la temperatura de la superficie térmica. De modo que en el inicio del experimento la superficie térmica era la pared metálica del interior del tubo, a 100°C, pero una vez adherida una capa de ensuciamiento, es ésta la nueva superficie térmica en contacto con el líquido. Y su temperatura será inferior a 100°C, pues la capa supone una resistencia térmica con su correspondiente caída de temperatura. Dicha caída será tanto mayor cuanto más grande sea el espesor de la capa de ensuciamiento. Con el paso del tiempo la capa llega a un grosor que ha hecho descender la temperatura de la superficie térmica hasta un valor en el cual la termoforesis es despreciable. A modo de ilustración, si el fluido circulante es purín de

granjas, un espesor de la capa de ensuciamiento de 1,5mm haría descender la temperatura de la superficie térmica desde el valor inicial de 100°C hasta aproximadamente 70°C, un valor notablemente inferior y que ralentiza sustancialmente la termoforesis hasta hacerla despreciable. En conclusión, no se deben dejar crecer las

5 capas de ensuciamiento ilimitadamente, sino que deben ser retiradas cada cierto tiempo para evitar que sobrepasen un determinado espesor. No se consideran necesarias mayores explicaciones al ser un tema ampliamente conocido por el experto en la materia.

Una forma particularmente interesante de limitar el crecimiento de las capas de ensuciamiento consiste en la instalación de un rascador mecánico. En el caso particular

10 de un tubo, el rascador podría consistir en un eje rotatorio que atravesase su interior, y al cual se fijan unos medios que ejerzan un efecto de raspado sobre las paredes del tubo, por ejemplo cuchillas. A modo de ilustración, si suponemos purín de granja circulando por el interior de un tubo, el cual está atravesado por el mencionado rascador, si el rascador se acciona una vez cada 15 minutos, el grosor de la capa de ensuciamiento no

15 sobrepasará un milímetro. Pero si se acciona una vez cada minuto, el grosor no superará 0,017 milímetros.

Los elementos rascadores retiran las capas de ensuciamiento de las superficies. Al hacerlo, la materia que las compone retorna nuevamente al seno del fluido, pero con la ventaja de haber aumentado su granulometría. Es decir, el tamaño de las partículas

20 retiradas con el rascador es mayor que el de las partículas antes de la adhesión a la capa de ensuciamiento. Este fenómeno permite su separación por decantación gravimétrica en un tiempo reducido, ó bien su separación mediante un filtro de microfiltración, ambas técnicas muy baratas. Un filtro apto para este cometido puede ser aquel con un diámetro de poro de 100 micras.

La separación sólido-líquido mediante termoforesis que aquí se preconiza puede suponer un gasto energético importante si no se efectúa correctamente. Las superficies térmicas intercambian calor con el líquido, de modo que se enfrían o calientan, según el caso. Esto requiere una inyección de energía sobre estas superficies para que mantengan su temperatura constante. Si la superficie térmica está a una temperatura

25 superior a la del líquido, ésta tenderá a enfriarse, mientras que si la superficie térmica está a una temperatura inferior a la del líquido, tenderá a elevar su temperatura. En

30 ambas situaciones se requiere un aporte de energía para sostener su temperatura constante. Cuanto mayor sea la tasa de transferencia de calor desde la superficie térmica hacia el líquido, mayor energía habrá que gastar para mantener su temperatura

constante. Y dicha tasa de transferencia depende del régimen en el cual circula el fluido: regímenes laminares suponen bajas tasas de transferencia, y regímenes turbulentos suponen altas tasas de transferencia. En otras palabras, cuanto menor sea el número de Reynolds, menor será la tasa de transferencia de calor y por tanto menor energía hará falta aportar. Este número, conocido por el experto en la materia, es directamente proporcional a la velocidad del fluido y el diámetro del tubo, e inversamente proporcional a la viscosidad del fluido. Por tanto, con la finalidad de ahorrar energía, resulta especialmente interesante la disposición de fluidos con las siguientes características:

- 1) Bajas velocidades
- 2) Tuberías con diámetro pequeño
- 3) Altas viscosidades

La presente invención hace uso de los tres puntos anteriores, para minimizar el gasto energético. Significan números de Reynolds bajos. A Reynolds bajos los líquidos poseen la llamada capa límite con un espesor mucho mayor que a Reynolds medios o altos. La capa límite es un concepto ampliamente manejado por el experto en la materia. Simplificando, se define como la región de un fluido más próxima a las superficies térmicas; en función del tipo de fluido la capa límite puede tener un espesor de micrómetros o varios milímetros. Cuando mayor sea su espesor más se frena la tasa de transferencia de calor, y menor será el gasto energético para reponer los cambios de temperatura de la superficie térmica. Por tanto, es de interés en la presente invención la aparición de capas límite del mayor grosor posible.

Si la viscosidad del líquido a tratar no fuera la adecuada, ésta se puede incrementar añadiendo determinados coloides o sustancias en disolución, como NaCl, almidón, glucosa, etc. Esta solución de añadir sustancias puede no ser efectiva si lo que se desea es retirar los sólidos del líquido en general, sin discriminar, ya que se añade una cantidad adicional de los mismos, lo que va en contra del objetivo de la separación. Sin embargo, si lo que se desea es separar una sustancia concreta, por ejemplo un contaminante o tóxico muy específico, puede ser rentable añadir sustancias al líquido a cambio de lograr retirar el tóxico.

El inventor ha observado que además de minimizar el gasto energético, los tres puntos anteriores aceleran el proceso de termoforesis. El fundamento científico radica en que las partículas sólidas en disolución o en suspensión tienden a concentrarse en mayor

medida en las capas límite de los líquidos, y como éstas son de gran espesor para estos supuestos, acumulan y concentran una parte importante de los sólidos. Y como la capa límite consiste en la fina lámina de líquido en contacto con la superficie térmica, los sólidos que contiene se hayan muy próximos a dicha superficie y por tanto ven acelerada la termoforesis hacia ella.

Una aplicación particularmente interesante de la presente invención es la separación selectiva de determinados compuestos a partir de un líquido. Un caso práctico es la separación del pesticida lindano de las masas de agua que éste contamina, volviéndolas no potables. El inventor ha comprobado que para el lindano la termoforesis se hace máxima con temperaturas de la superficie térmica en el rango 270-290°C. Valores por encima o por debajo del intervalo suponen una disminución de la termoforesis para el lindano. Un separador sólido-líquido que emplee tubos que mantengan las superficies térmicas en este rango es muy eficaz para la depuración de las aguas contaminadas con lindano. Cabe destacar que se habla de un rango que maximiza la termoforesis específica de un compuesto concreto. Del mismo modo se pueden determinar en laboratorio los rangos de temperaturas idóneos para cada sustancia en particular.

Si no se diferencia entre las distintas sustancias presentes en el líquido, sino que se pretende retirar del líquido la mayor cantidad posible de sólidos sin discriminación alguna, existe igualmente una temperatura para la cual la termoforesis atrae con mayor rapidez las sustancias sólidas en general.

En una realización particular de la invención, se dispone de un separador con tubos recorridos en su interior por un fluido, y de modo tal que existen regiones distintas cuyas superficies térmicas se hayan a temperaturas diferentes, para que cada una de ellas se especialice en la separación de un sólido concreto. Se pueden considerar distintos tubos, cada uno de ellos a una temperatura diferente, o bien diferentes temperaturas para distintas regiones de un mismo tubo.

Con la finalidad de conseguir un ahorro energético adicional, se contempla que en los casos en que el fluido de salida tenga una temperatura superior a la del fluido de entrada, éste pueda ser utilizado para precalentar al fluido de entrada. A continuación se expone un ejemplo ilustrativo: se dispone de un separador formado por un único tubo en cuyo interior circula agua de río contaminada por lindano. Las paredes interiores de dicho tubo se encuentran a una temperatura de 280°C, la cual es además mantenida constante mediante un aporte de energía, como puede ser el calor de efecto Joule

generado por una corriente eléctrica que se haga pasar por dicho tubo. El agua de río contaminada entra al separador con 12°C, y abandona el mismo con 80°C, de modo que experimenta un salto térmico de 68°C. El aporte energético a realizar, por medio de corriente eléctrica en este caso, es aquel que permita aumentar 68°C el caudal de agua entrante, y como norma general elevar la temperatura del agua es muy caro, y especialmente para saltos superiores a 20°C. Una solución que produce un ahorro energético sustancial comprende hacer pasar a través de un precalentador al fluido frío de entrada y el de salida, de modo que este último ceda calor al primero, precalentándolo. En un caso típico, el fluido caliente o de salida entraría a los citados 80°C al precalentador y lo abandonaría a 27°C. Este calor que pierde lo gana el fluido frío o de entrada, que entraría a 12°C al precalentador y lo abandonaría a 65°C. De esta forma, la energía que se ha de aportar al proceso, mediante corriente eléctrica, es la equivalente a aumentar la temperatura del caudal de agua entrante desde 12°C hasta 27°C. Este salto térmico es mucho menor que correspondiente al proceso sin precalentador, y por tanto conduce a un coste energético mucho menor en correspondencia.

La presente invención contempla además una instalación que comprende un dispositivo separador sólido-líquido por termoforesis, seguido de un filtro por microfiltración, para retirar partículas sólidas del líquido que abandona el separador, y un precalentador atravesado por el líquido que entra y también por el que sale del separador, de modo que este último precaliente al primero, con el consecuente ahorro energético, en el supuesto en que el fluido de salida esté a mayor temperatura que el fluido de entrada.

En el supuesto de que el fluido de salida esté a menor temperatura que el de entrada, se define de forma análoga al precalentador un "preenfriador". Es un tipo de intercambiador de calor, idéntico al precalentador, pero con la diferencia de que el ahorro energético que produce no se debe a calentar el fluido de entrada, sino a enfriarlo. Dado que la aplicación industrial más interesante es aquella en la que el fluido de salida está a mayor temperatura que el de entrada, en adelante nos referiremos únicamente al precalentador, si bien esto no es limitativo del alcance de la invención, que incluye precalentadores y preenfriadores. No se consideran mayores explicaciones por ser los conceptos precalentar y preenfriar ampliamente manejados por el experto en la materia.

El dispositivo e instalación aquí preconizados resultan sustitutos adecuados de los sistemas de ultrafiltración. La ultrafiltración es un método de separación sólido líquido útil cuando la microfiltración no es capaz de retener sólidos, debido a un tamaño muy

pequeño de las partículas y/o agregados de las mismas. El dispositivo aquí divulgado emplea termoforesis, un fenómeno que es capaz de retener partículas a nivel microscópico, lo cual es una gran ventaja frente a la microfiltración, que sólo consigue retener partículas macroscópicas, generalmente de diámetros superiores a 1 micrómetro.

5 La termoforesis aglutina partículas microscópicas en torno a una determinada superficie, pero al mismo tiempo las aglutina entre ellas, de modo que forman agregados macroscópicos además de adherirse a las superficies. Una vez las partículas adheridas a las superficies se desprenden de las mismas, por ejemplo mediante rascado, éstas se separan muy fácilmente del seno del fluido, ya que forman agregados macroscópicos,

10 factibles de separar mediante procesos ampliamente extendidos en el estado del arte actual como la microfiltración o la decantación gravimétrica.

### DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

15 Las modalidades detalladas en las figuras se ilustran a modo de ejemplo y no a modo de limitación.

La **Figura 1** muestra un corte longitudinal de un separador sólido-líquido mediante termoforesis.

20 La **Figura 2** muestra un corte transversal del separador sólido-líquido que se muestra en la Figura 1. Se corresponde con el plano de corte nombrado A-A'.

La **Figura 3** muestra un esquema unifilar de la instalación objeto de la presente invención.

### REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

25

A continuación se expone a modo de ejemplo una realización de la invención, la cual se muestra con el fin de ayudar a la mejor comprensión de la misma y sus posibilidades técnicas, pero con un carácter ilustrativo y no limitativo de su alcance.

30 En la **Figura 1** se muestra una versión del dispositivo de separación divulgado. Comprende un tubo que serpentea realizando dos giros de 180° cada uno. Por su interior circula un líquido del cual se desean separar ciertos sólidos, en este ejemplo no limitativo agua de río contaminada con lindano y diversos coloides genéricos orgánicos. Se desea por una parte retirar del líquido la mayor parte posible del lindano y de los citados coloides. Se sabe que la termoforesis del lindano es máxima cuando la superficie térmica

está a 280°C, y para los coloides genéricos, a efectos meramente ilustrativos, suponemos una temperatura de 150°C. Por tanto resulta particularmente interesante diferenciar en el tubo dos zonas con dos temperaturas distintas; en una de ellas la termoforesis genera la adhesión del lindano, y en la otra se adhieren los coloides.

5           Se distinguen tres tramos sin presencia de curvatura (1a, 1b, 1c), y dos tramos con presencia de curvatura (2a, 2b). Los tramos sin curvatura son de un material metálico, buen conductor de la electricidad, mientras que los tramos con curvatura son de un material mal conductor de la electricidad, por ejemplo derivados del plástico. Por el tramo (1a) se hace pasar una primera corriente eléctrica continua, que recorre el tubo  
10 para desplazarse desde un polo denotado como '-' hasta otro polo del mismo tramo (1a), denotado como '+'. La intensidad de corriente se regula en este tramo (1a) de forma que la temperatura de las superficies térmicas se mantenga en 280°C. Por el tramo (1c) se hace pasar una segunda corriente eléctrica continua, que recorre el tramo (1c) para desplazarse desde el polo denotado como '-' hasta el polo del mismo tramo (1c) denotado  
15 como '+'. La intensidad de corriente se regula en este tramo (1c) de forma que la temperatura de sus superficies térmicas se mantenga en 150°C. En el tramo (1b) no se hace pasar corriente eléctrica, siendo su finalidad únicamente la de prolongar el recorrido del líquido para asegurar que los 280°C son mantenidos al menos un cierto mínimo de tiempo. De esta forma se consigue que el lindano que no sufriese el efecto de la  
20 termoforesis en el tramo (1a), es decir aquel lindano que en vez de pegarse a la pared del tubo permaneciese en el seno del líquido, sea degradado fruto de la elevada temperatura.

Los tramos (2a) y (2b) ayudan a que la corriente eléctrica circulante por el tramo (1a) permanezca restringida a dicho tramo, y de forma análoga para el tramo (1c).

En esta realización, tenemos pues un tramo (1a) cuya finalidad es la de retirar  
25 selectivamente el lindano del líquido, y otro tramo (1c) cuya finalidad es la de retirar coloides orgánicos de manera menos específica; es decir retira no un único coloide sino una pluralidad de ellos.

Con el fin de evitar que las capas de ensuciamiento crezcan más de un cierto límite, cada cierto tiempo se accionan sendos ejes giratorios (3); uno de ellos se sitúa en  
30 el interior del tramo (1a) y el otro en el interior del tramo (1c). A dichos ejes (3) se fijan una pluralidad de cuchillas rascadoras (4), que ejercen presión sobre las paredes interiores del tubo y separan de las mismas a los sólidos adheridos fruto de la termoforesis.

El líquido a tratar entra por la boca nombrada (D) y sale por la boca nombrada (E).

La boca (E) se encuentra a una altura superior a la de la boca (D). Por ejemplo, si la boca (D) se encuentra un metro por encima del suelo, la boca (E) se sitúa dos metros por encima del suelo. Es decir, el líquido efectúa un recorrido en contra de la gravedad a lo largo del intercambiador (10). Este hecho aporta una ventaja fundamental que mejora la calidad de la separación sólido-líquido, ya que dificulta que las partículas sólidas que se desprenden de la pared del tubo por acción de las cuchillas (4) acompañen al líquido en su trayecto ascendente hasta la boca de salida (E). En otras palabras un recorrido en contra de la gravedad favorece la decantación de las partículas a separar. Cada cierto tiempo, cuando la cantidad de materia decantada sea lo bastante grande, el intercambiador (10) detiene su funcionamiento y se procede a su drenaje.

En la **Figura 2** se muestra un corte transversal del tramo (1c), obtenido mediante el plano de corte nombrado A-A' en la Figura 1. Se aprecia el eje giratorio (3), y se indica mediante flechas su sentido de giro. El eje (3) se acciona por unos medios tales como un motor eléctrico, no representado en estas figuras por no formar parte de la esencia de la invención. Al eje (3) se fijan unas cuchillas rascadoras (4), que ejercen presión sobre la pared interior del tramo (1c). Se representa, con las dimensiones exageradas a fin de aumentar la claridad, una capa de ensuciamiento (5) adherida al tramo (1c), y la cual es retirada del mismo mediante dichas cuchillas (4).

En una realización particular de la invención, los tramos (1a, 1b, 1c) poseen un diámetro lo suficientemente pequeño para garantizar un régimen laminar del líquido a tratar, resultando de especial interés para el tratamiento del lindano un diámetro interior de en torno a 7mm. A su vez la velocidad del líquido en el interior del tubo será lo suficientemente baja para garantizar igualmente el régimen laminar, por ejemplo 0,03m/s. En añadidura, también resulta interesante a estos efectos la adición, en la boca de entrada (D), de un agente que incremente la viscosidad del líquido, para así mejorar la termoforesis. Por ejemplo se contempla la adición de almidón alimentario.

En la **Figura 3** se representa un esquema unifilar de la instalación divulgada en este documento. Comprende el dispositivo separador sólido-líquido (10), un filtro por microfiltración (11) y un precalentador (12) diseñado para la transferencia de calor entre el líquido que entra al separador (10) y el líquido de sale del mismo (10). Se describe a continuación un caso práctico con interés únicamente ilustrativo y no limitativo.

El líquido a tratar, agua de río contaminada con lindano, entra en el precalentador (12) a 10°C. Se precalienta y sale del mismo a 65°C. Se conduce hasta el separador (10), donde se trata por termoforesis y eleva su temperatura desde 65°C hasta 90°C. A la

5 salida atraviesa en filtro (11), donde una malla de microfiltración con poros de 100 micrómetros de diámetro retiene aquellas partículas sólidas que no decantaran sino que fueran accidentalmente arrastradas por el fluido hasta la boca de salida. Estas partículas arrastradas fueron desprendidas de las paredes del tubo mediante la acción de los rascadores, y poseen una granulometría generalmente superior a los 100 micrómetros, ya que la termoforesis además de causar la adhesión de las partículas hacia las paredes del tubo también promueve la adhesión entre sí de las partículas, de modo que se forman gránulos macroscópicos fácilmente separables mediante un filtro de microfiltración (11) a la salida del separador (10). Del filtro (11) salen dos caudales. Por una parte sale el flujo que contiene a las partículas retenidas, y por otra parte el llamado permeado, el líquido desprovisto de dichas partículas. Este permeado, a una temperatura aproximada de 90°C, despreciando las pérdidas de calor producidas al atravesar el filtro (11), atraviesa el precalentador (12) y cede calor al líquido entrante, de modo que se enfría desde los 90°C hasta 30°C. "Permeado" se corresponde en esta figura con el líquido caliente que abandona el separador sólido-líquido.

## REIVINDICACIONES

1.- Dispositivo separador de sólidos contenidos en un medio líquido por efecto de la termoforesis, **caracterizado porque** comprende:

5

- un separador (10), por el cual circula el líquido a tratar; y
- unos medios mecánicos (3, 4) con capacidad de retirar las capas de ensuciamiento generadas en el separador (10).

10 2.- Dispositivo según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** el separador (10) se diseña de modo tal que promueve un régimen laminar en el fluido a tratar.

15 3.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el separador (10) contiene una pluralidad de tubos, por cuyo interior circula el líquido a tratar.

20 4.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el líquido a tratar realiza un recorrido ascendente a lo largo del separador (10).

20

5.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el líquido a tratar es agua contaminada con lindano.

25 6.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el separador (10) posee una pluralidad de regiones, cada una de ellas con superficies térmicas a una temperatura diferente, de modo que se especializa en la separación fraccionada de diversas sustancias.

30 7.- Instalación para la separación de sólidos contenidos en un medio líquido por efecto de la termoforesis, **caracterizada porque** comprende:

- un separador sólido-líquido (10) mediante termoforesis;
- un intercambiador de calor precalentador (12) del líquido que entra en el separador sólido-líquido (10).

8.- Instalación según la reivindicación anterior, **caracterizada porque** comprende un filtro por microfiltración (11), a la salida del separador sólido-líquido (10).

5            9.- Procedimiento para la separación de sólidos contenidos en un medio líquido por efecto de la termoforesis, **caracterizado porque** comprende la circulación de un líquido a tratar a través de un separador sólido-líquido mediante termoforesis, con una velocidad lo suficientemente baja para permitir un régimen laminar del líquido.

10           10.- Procedimiento según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** el líquido a la salida del separador se hace pasar a través de un filtro por microfiltración.

15           11.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9 ó 10, **caracterizado porque** el líquido a la salida del separador se hace pasar a través de un intercambiador de calor que precalienta el líquido que entra al separador.

20           12.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9-11, **caracterizado porque** el líquido a tratar es aditivado con una sustancia que hace aumentar su viscosidad.

25           13.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9-12, **caracterizado porque** el líquido a tratar es agua contaminada con lindano.

30           14.-Procedimiento según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** el intercambiador de calor comprende superficies térmicas a temperaturas en el rango 270-290°C.

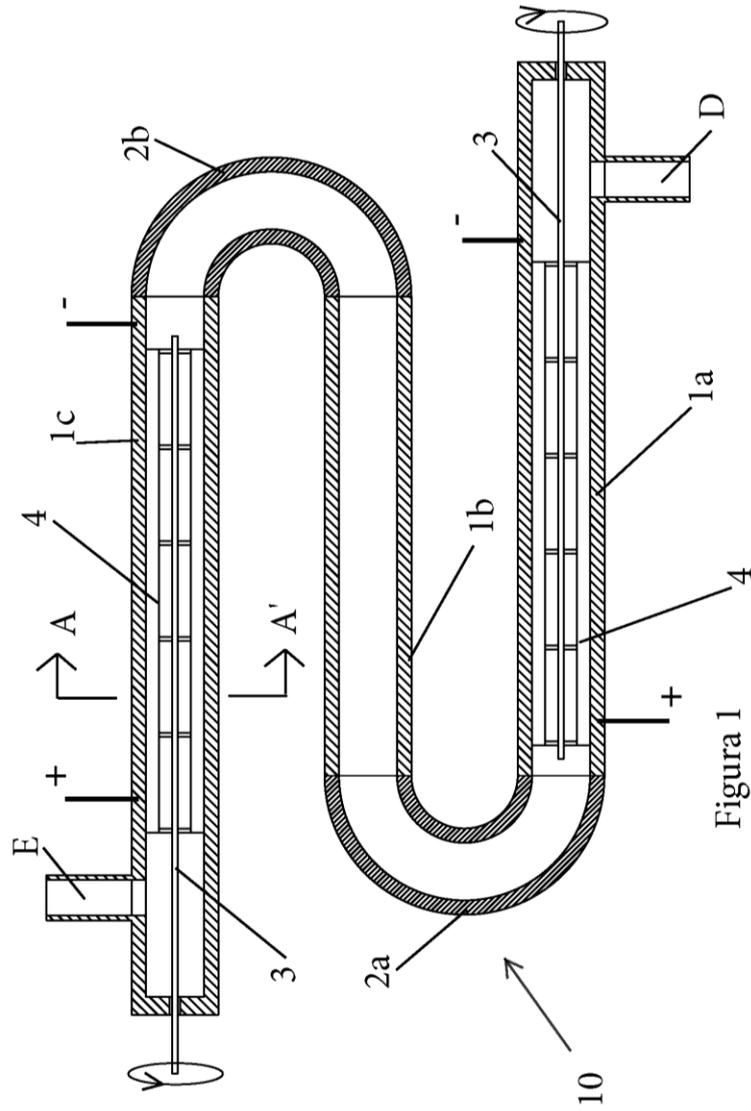


Figura 1

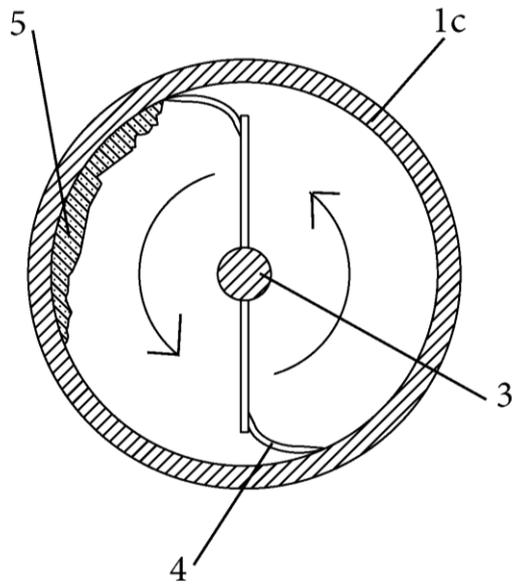


Figura 2

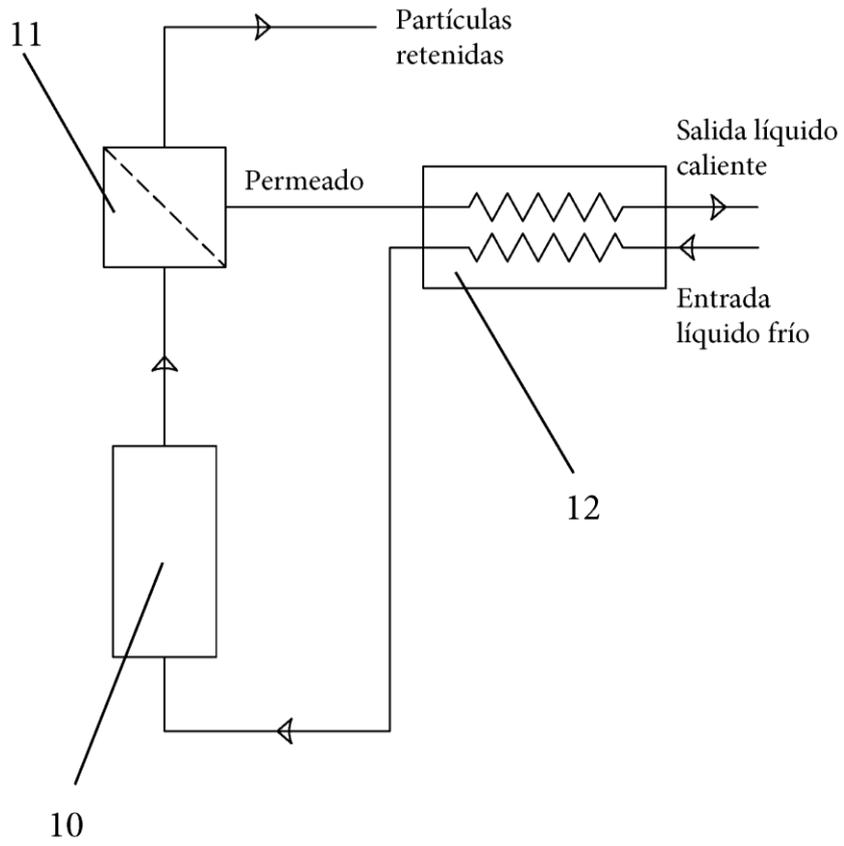


Figura 3



- ②<sup>1</sup> N.º solicitud: 201730959  
②<sup>2</sup> Fecha de presentación de la solicitud: 24.07.2017  
③<sup>2</sup> Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤<sup>1</sup> Int. Cl.: **B01D43/00** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | ⑤ <sup>6</sup> Documentos citados  | Reivindicaciones afectadas |
|-----------|--|----------------------------|
| Y         | CN 106964230 A (UNIV NANJING TECH) 21/07/2017,<br>Todo el documento.                         | 1-14                       |
| Y         | ES 2398978 A1 (MORENO GARCIA ANTONIO) 25/03/2013,<br>Resumen; figuras.                       | 1-14                       |
| A         | WO 0132294 A1 (IMPERIAL COLLEGE et al.) 10/05/2001,<br>Reivindicaciones; resumen; figura 3b. | 1-14                       |

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

Fecha de realización del informe  
16.11.2018

Examinador  
R. Reyes Lizcano

Página  
1/2

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B01D

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI