



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 366 534**

51 Int. Cl.:  
**C02F 3/12** (2006.01)  
**C02F 3/30** (2006.01)  
**C02F 1/44** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02703545 .0**  
96 Fecha de presentación : **07.01.2002**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1463687**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **06.10.2004**

54 Título: **Proceso de tratamiento biológico de agua que implica un mecanismo de post-desnitrificación y un filtro de membrana.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**21.10.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**21.10.2011**

73 Titular/es: **BERLINER WASSERBETRIEBE  
Anstalt des Offentlichen Rechts Neue  
Judenstrasse 1  
10179 Berlin, DE  
Compagnie Generale Des Eaux**

72 Inventor/es: **Gnriss, Regina y  
Lesjean, Boris**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

**ES 2 366 534 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

Proceso de tratamiento biológico de agua que implica un mecanismo de post-desnitrificación y un filtro de membrana.

5 La invención se refiere a un proceso de tratamiento biológico de agua. Más precisamente, la invención se refiere a la tecnología de Biorreactor a Membrana (BRM).

### Estado de la Técnica

La tecnología de Biorreactor a Membrana (BRM) combina la tecnología de tratamiento de lodos activados con la filtración a través de membranas. Se desarrolló en la década de los 80 y se ha usado ampliamente para el tratamiento de aguas residuales industriales y de aguas residuales municipales.

10 En comparación con la tecnología tradicional de tratamiento de lodos activados, la tecnología de BRM ofrece las siguientes ventajas: tratamiento avanzado (DQO, Nitrógeno, Patógenos, etc.), sistema robusto y compacto.

15 Tradicionalmente, los sistemas de BRM se operan con edad elevada de lodo (tiempo de retención de la masa sólida) y baja carga de masa orgánica. Estas condiciones favorecen los mecanismos de amonificación y nitrificación en la zona aeróbica (transformaciones biológicas de los compuestos orgánicos nitrogenados a amoníaco, y de amoníaco a nitrato vía nitrito). Cuando la desnitrificación es necesaria (mecanismo de remoción de nitrógeno a través de la transformación de nitrato en nitrógeno gaseoso), se añade una zona anóxica.

20 Hasta donde los autores de la invención conocen, en los sistemas de BRM la zona anóxica se implementaba hasta ahora siempre en configuraciones de *pre-desnitrificación* (zona anóxica antes de la zona aeróbica), con un circuito de recirculación del licor mixto desde la zona aeróbica a la zona anóxica. Esta configuración se originó a partir de los sistemas de lodos activados convencionales, que se diseñan tradicionalmente con procesos de pre-desnitrificación. Se espera que dicha configuración ofrezca las siguientes ventajas:

- (i) Uso de la materia orgánica biodegradable disponible en la zona anóxica para mejorar la tasa de desnitrificación, reduciéndose, por consiguiente, el volumen requerido del reactor biológico, y
- 25 (ii) Uso de la capacidad de oxidación del nitrato para degradar parte de la materia orgánica, reduciéndose, por consiguiente, la demanda de oxígeno y consiguiéndose disminuir los requerimientos de aireación.

Los autores de la invención identifican estas ventajas como no sustanciales en sistemas de BRM por las razones siguientes:

- 30 (i) Debido a la baja carga de masa orgánica de los procesos de BRM, la cantidad de materia orgánica biodegradable disponible para desnitrificación en la zona anóxica es muy baja, siendo, por consiguiente, la tasa anóxica de desnitrificación próxima a la *tasa de desnitrificación endógena* (tasa de desnitrificación mínima observada cuando no hay materia orgánica disponible), y
- 35 (ii) Las necesidades de aireación de los sistemas de BRM están relacionadas principalmente con la aireación del filtro de membrana, con objeto de limitar la colmatación de la membrana, y no con la necesidad de oxígeno del licor mixto, no esperándose, por lo tanto, que la reducción en la demanda de oxígeno debida al modo de pre-desnitrificación reduzca mucho la necesidad de aireación de los sistemas en su totalidad.

La configuración de pre-desnitrificación parece no adaptarse bien a la tecnología de BRM. En contraste, las configuraciones de los procesos de post-desnitrificación pueden ser favorables para los sistemas de BRM en algunos casos y mejorar su eficiencia.

40 Es de destacar que la post-desnitrificación se describe en la literatura para sistemas convencionales de lodos activados, pero siempre en los casos en que se recurre a la adición de fuentes de carbono (Wilson T. E. and Newton D., "Brewery Wastes as a Carbon Source for Denitrification at Tampa, Florida, May 1973", presentado en la 28th Annual Purdue Industrial Waste Conference ; Mitsdörfer R. and Gerhart U., "Nachgeschaltete Methanol-Denitrifikation im Sandfilter", gwf 133, 1992, Heft 9). Los autores de la invención afirman que a diferencia de los sistemas de lodos convencionales, la adición de fuentes de carbono no es necesaria para conseguir una post-desnitrificación eficiente con biorreactores a membrana.

### Descripción de la Invención

Esta descripción se lleva a cabo haciendo referencia a las figuras 1 a 4.

Se usarán las definiciones siguientes.

50 *Tipo de filtro de membrana:* La expresión "filtro de membrana" se refiere a cualquier tipo de dispositivo de membrana de microfiltración o de ultrafiltración, con tamaño de poro desde 10 nm a 10 µm.

*Fuente de agua:* La expresión “agua a ser tratada” se refiere a cualquier tipo de fuente de agua residual para cualquier pre-tratamiento (agua residual municipal o industrial, filtrada o pre-sedimentada, etc).

5 *Diseño de zonas biológicas:* Las expresiones “zona anaeróbica”, “zona anóxica” y “zona aeróbica” se refieren a cualquier tipo de reactor biológico (flujo pistón, mezcla completa, o no definido) mantenido respectivamente bajo condiciones anaerobias, anóxicas o aerobias. El término “zona” se refiere a uno o a una sucesión de varios reactores biológicos que contienen un licor biológico mixto. La invención es válida también para geometrías alternativas de reactores, tales como reactores en carrusel o de chicanas, que garantizan condiciones aerobias y anóxicas sucesivas del licor mixto.

10 *Condiciones aerobias:* La terminología “licor mixto aeróbico” se refiere a cualquier licor mixto en el que el nivel de oxígeno disuelto se mantiene por encima de 0,1 mg/L.

*Condiciones anóxicas:* La terminología “licor mixto anóxico” se refiere a cualquier licor mixto en el que el nivel de oxígeno disuelto se mantiene por debajo de 0,1 mg/L y con presencia de nitrato.

*Condiciones anaerobias:* La terminología “licor mixto anaeróbico” se refiere a cualquier licor mixto en el que el nivel de oxígeno disuelto se mantiene por debajo de 0,1 mg/L y el nivel de nitrato se mantiene por debajo de 0,1 mg/L.

15 *Fuente de carbono:* La expresión “fuente de carbono” se refiere a cualquier material que contiene un sustrato a base de carbono que está disponible para los microorganismos. Esto incluye, si bien no se limita a, agua bruta y derivados, compuestos químicos, tales como metanol, acetato, glucosa, etc., o cualquier producto industrial sólido o líquido (melazas, etc.).

20 La invención se refiere a una configuración de proceso para el tratamiento biológico de aguas residuales. Dicha configuración incluye un sistema de reactor biológico con una zona de post-desnitrificación y un filtro de membrana. El proceso incluye un mínimo de dos zonas distintas, una zona aeróbica (1) y una zona anóxica (2), que contienen un licor mixto líquido aeróbico y anóxico, y un filtro de membrana (3). El filtro de membrana se puede montar en una zona externa (Figura 1), sumergido en la zona anóxica (Figura 2) o sumergido en una zona aeróbica adicional (4) (Figura 3). El agua a ser tratada (5) fluye primero en la zona aeróbica (1). El licor mixto aeróbico (6) fluye a la zona anóxica (2). La post-desnitrificación de nitrato  $\text{NO}_3^-$  tiene lugar en esta zona anóxica. El licor mixto anóxico fluye (2) hacia el lado de alimentación del filtro de membrana (3), y opcionalmente vuelve (8) a la zona aeróbica (1). El filtro de membrana trata el licor mixto para producir un efluente tratado (9) bajo en nitrógeno, DBO, DQO y organismos como la parte del permeado del filtro de membrana y un líquido rico en los sólidos y organismos rechazados por dicho filtro. Una parte o todo el material rechazado por la membrana se remueve del proceso, bien directamente (10) o bien retornando el material rechazado por el filtro de membrana a una de las zonas (11, 12) y desechando el licor mixto de la zona aeróbica o anóxica (13, 14). En una primera variación (Figura 4), se añade una zona anaeróbica (15), que contiene un licor mixto anaerobio, delante de la zona aeróbica (1), con objeto de conseguir una remoción biológica de fósforo mejorada. En esta variación, el licor mixto fluye desde la zona anóxica a la zona anaeróbica (16). Puede añadirse también, opcionalmente, una zona de pre-fermentación (17), que contiene el agua a ser tratada, con objeto de mejorar las características del agua a ser tratada y promover mejoras en la remoción biológica de fósforo. Pueden añadirse también otros compuestos químicos o productos en lugares específicos del proceso según las necesidades (tales como la adición de coagulantes para precipitar el fósforo, adición de ácido o de base para ajustar el pH o adición de polímero para aumentar la eficiencia del filtro de membrana).

El proceso según la invención presenta las siguientes ventajas.

40 En comparación con las configuraciones tradicionales de los sistemas de BRM, que operan en modo de pre-desnitrificación, se espera que las configuraciones de post-desnitrificación consigan una mejor calidad del efluente para nitrato (típicamente menos que 5 mg N/L) y nitrógeno total (típicamente menos que 10 mg N/L). En el caso en que se añade una zona anaeróbica (primera variación), se espera también un bajo contenido en fósforo total en el efluente (típicamente menos que 1 mg P/L). El proceso será también más compacto y requerirá tasas de flujo de licor mixto más bajas y, por consiguiente, menor necesidad de energía. Además, se espera una estrategia de control más simple para optimizar la remoción de nitrógeno.

Este sistema se puede operar bajo los siguientes intervalos de condiciones de operación:

45	Tiempo de retención de sólidos (edad del lodo)	10 – 50 días
	Tiempo de retención hidráulica	10 – 70 h
50	Sólidos en suspensión en el licor mixto (concentración del lodo)	5 – 20 g/L
	Carga de masa orgánica	0,05 – 0,25 Kg DQO/kg MVS.d
	Tasa de flujo del licor mixto desde el filtro de membrana hasta la zona aeróbica (11)	50 – 500% (re. unidad de flujo continuo)
	Tasa de flujo del licor mixto desde la zona anóxica hasta la zona anaeróbica (11)	25 – 200% (re. unidad de

flujo continuo)

### **Ejemplos**

5 Se montó una planta piloto de proceso continuo para confirmar las ventajas de esta invención sobre los procesos de pre-desnitrificación tradicionalmente usados con biorreactores a membrana. El reactor de post-desnitrificación se montó de acuerdo con la Figura 4, con un sistema separado de filtro de membrana aireado, mientras que el reactor de pre-desnitrificación consistió en la sucesión de zona anaeróbica, zona anóxica y zona aeróbica, con el mismo sistema de membrana. El tiempo de retención del lodo (TRL) se mantuvo constante en 15 días y 25 días durante los ensayos adicionales. Los reactores se alimentaron en continuo con velocidad de flujo constante de agua residual municipal desarenada. Los tiempos de retención hidráulica (TRH) de cada zona se dan a continuación en la Tabla 1.

10

**Tabla 1**

Reactor de post-desnitrificación	Zona anaeróbica	Zona aeróbica	Zona anóxica	Cámara de filtro aireado	Biorreactor global
TRH de operación	3,7 h	4,3 h	9,7 h	3,3 h	21 h
Reactor de pre-desnitrificación	Zona anaeróbica	Zona anóxica	Zona aeróbica	Cámara de filtro aireado	Biorreactor global
TRH de operación	3,7 h	8,5 h	5,5 h	3,3 h	21 h

Después de 2-3 edades de lodo de operación en continuo, se llevó a cabo una campaña extensiva de análisis durante dos semanas. Se tomaron cada día y se analizaron muestras promedio de 24h de cada efluente de los reactores. En la Tabla 2 se presentan los resultados medios de estos análisis para los ensayos efectuados con edad de lodo de 15 días.

15

**Tabla 2**

	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	N-NH <sub>4</sub> (mg N/L)	N- NO <sub>3</sub> (mg N/L)	NT (mg N/L)	PT (mg P/L)
<b>Reactor de post-desnitrificación</b>					
Afluente	653	39,0	0,33	60,0	8,4
Efluente	31,4	0,05	4,2	5,9	0,07
Remoción	95,2%	99,9%	-	90,2%	99,1%
<b>Reactor de pre-desnitrificación</b>					
Afluente	1088	41,3	0,42	69,7	10,5
Efluente	35,7	0,49	6,0	9,2	0,10
Remoción	96,7%	98,8%	-	86,8%	99,0%

20

Ambos experimentos se efectuaron bajo las mismas condiciones de operación y para una calidad similar de agua bruta. En la Tabla 2 se muestra que para los parámetros DQO y PT las eficiencias de purificación del sistema de post-desnitrificación son comparables a las de la configuración de pre-desnitrificación o ligeramente mejores. La diferencia entre ambos sistemas es mayor para los parámetros de nitrógeno. En el reactor de post-desnitrificación se consiguió un grado mayor de remoción de amoníaco y nitrógeno, así como valores de nitrato más bajos en el efluente. Concretamente, en el reactor de post-desnitrificación se consiguió 90,2% de remoción de nitrógeno, produciéndose un efluente con 5,9 mg N/L, mientras que en el reactor de pre-desnitrificación se consiguió sólo 87% aproximadamente, con 9,2 mg N/L.

25

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Un método para tratar agua para remover nitrógeno al nivel bajo requerido en el tratamiento, mediante el uso de mecanismos de post-desnitrificación sin adición de fuentes de carbono, y caracterizado porque comprende las etapas de
- 5 (a) proporcionar una zona aeróbica (1) en la que se tiene un licor mixto aeróbico que tiene organismos que degradan la materia carbonácea y nitrifican el licor mixto aeróbico;
- (b) proporcionar una zona anóxica (2) en la que se tiene un licor mixto anóxico que tiene organismos que desnitrifican el licor mixto anóxico sin ninguna necesidad de fuentes de carbono adicionales;
- (c) hacer fluir el agua a ser tratada en dicha zona aeróbica (1);
- 10 (d) hacer fluir el licor mixto aeróbico en dicha zona anóxica (2);
- (e) poner en contacto el licor mixto anóxico con el lado de alimentación de un filtro de membrana (3);
- (f) producir un efluente tratado, pobre en nitrógeno, DBO, DQO, sólidos en suspensión y organismos, en la fracción del permeado del filtro de membrana (3); y
- (g) remover una parte o todo el material rechazado por el filtro de membrana (3) en el proceso,
- 15 siendo dichas etapas sustancialmente efectuadas continua y simultáneamente.
- 2.- Un método para tratar agua para remover nitrógeno al nivel bajo requerido en el tratamiento, mediante el uso de mecanismos de post-desnitrificación sin adición de fuentes de carbono y que comprende las etapas de
- (a) proporcionar una zona aeróbica (1) en la que se tiene un licor mixto aeróbico que tiene organismos que degradan la materia carbonácea y nitrifican el licor mixto aeróbico;
- 20 (b) proporcionar una zona anóxica (2) en la que se tiene un licor mixto anóxico que tiene organismos que desnitrifican el licor mixto anóxico sin ninguna necesidad de fuentes de carbono adicionales;
- (c) hacer fluir el agua a ser tratada en dicha zona aeróbica (1);
- (d) hacer fluir el licor mixto aeróbico en dicha zona anóxica (2);
- (e) hacer fluir el licor mixto anóxico en una zona aireada (4) que contiene un filtro de membrana;
- 25 (f) producir un efluente tratado, pobre en nitrógeno, DBO, DQO, sólidos en suspensión y organismos, en la fracción del permeado del filtro de membrana (3); y
- (g) remover una parte o todo el material rechazado por el filtro de membrana (3) en el proceso,
- en el que las etapas anteriores se efectúan sustancialmente de manera continua y sustancialmente de manera simultánea.
- 30 3.- El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que dicho licor mixto anóxico fluye a la zona aeróbica.
- 4.- El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el material rechazado por el filtro de membrana (3) se mezcla también con dicho licor mixto aeróbico.
- 35 5.- El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el material rechazado por el filtro de membrana (3) se mezcla también con dicho licor mixto anóxico.
- 6.- El método de cualquiera de las reivindicaciones 4 ó 5, en el que la etapa de remover el material rechazado por el filtro de membrana (3) en el proceso se lleva a cabo por remoción de dicho licor mixto aeróbico que contiene el material rechazado por el filtro de membrana (3).
- 7.- El método de cualquiera de las reivindicaciones 4 ó 5, en el que la etapa de remover el material rechazado por el filtro de membrana (3) en el proceso se lleva a cabo por remoción de dicho licor mixto anóxico que contiene el material rechazado por el filtro de membrana (3).
- 40 8.- El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, inclusive comprendiendo adicionalmente las etapas de
- proporcionar una zona anaeróbica (15) que tiene un licor mixto anaeróbico;
  - hacer fluir el agua a ser tratada en dicha zona anaeróbica (15);

- hacer fluir el licor mixto anaeróbico en dicha zona aeróbica (1); y
- hacer fluir el licor mixto aeróbico en dicha zona anóxica (2).

9.- El método de la reivindicación 8, que adicionalmente comprende las etapas de

- proporcionar una zona de pre-fermentación (17) que contiene agua fermentada;

5

- hacer fluir el agua a ser tratada en la zona de pre-fermentación (17); y
- hacer fluir el agua fermentada en la zona anaeróbica (15).

10.- El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que adicionalmente comprende la etapa de añadir otros compuestos químicos o productos diferentes de una fuente de carbono en lugares específicos del proceso.

10

11.- El método de la reivindicación 10, en el que dichos compuestos químicos o productos se seleccionan de coagulantes, ácidos, bases o polímeros.

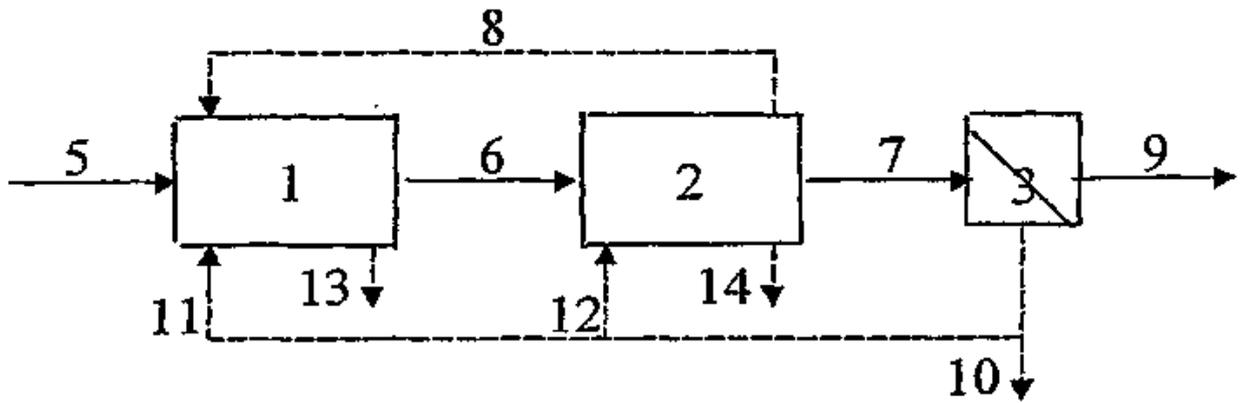


Figura 1

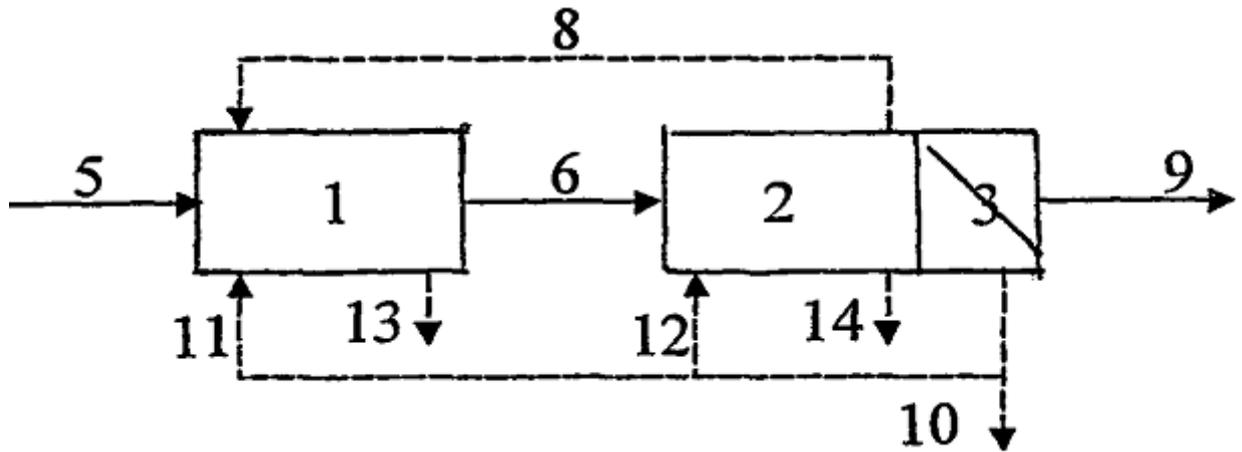


Figura 2

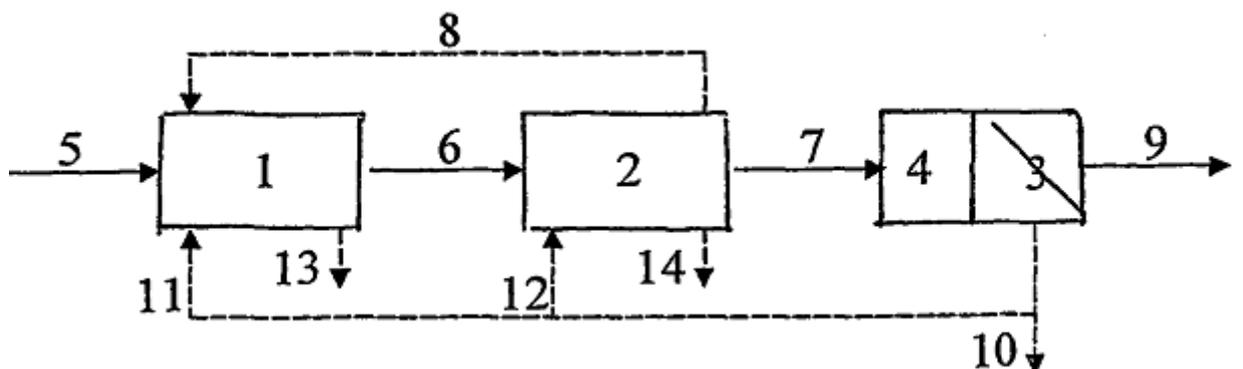


Figura 3

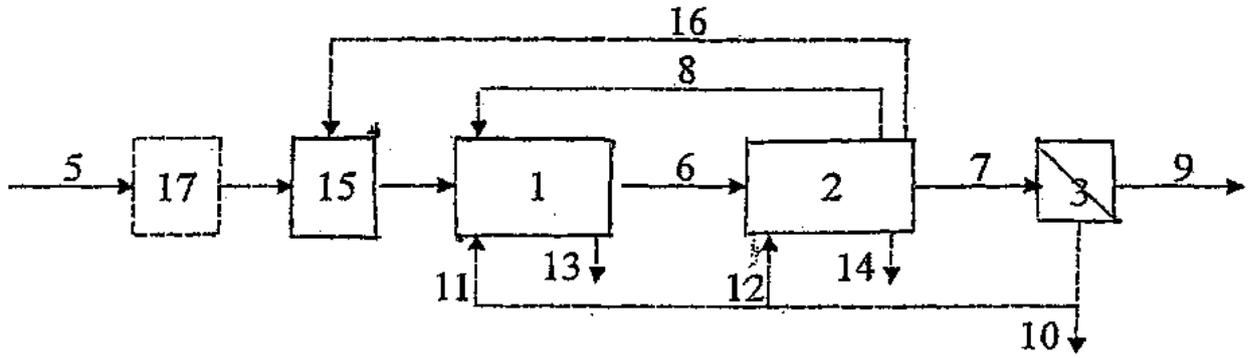


Figura 4