

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 802 379**

51 Int. Cl.:

C02F 3/00 (2006.01)

C02F 3/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.06.2015 PCT/IB2015/054868**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.01.2016 WO16001823**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2015 E 15753760 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2020 EP 3160910**

54 Título: **Procedimiento e instalación de tratamiento biológico de aguas residuales urbanas o industriales por vía aeróbica**

30 Prioridad:

30.06.2014 FR 1456147

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

19.01.2021

73 Titular/es:

**SUEZ INTERNATIONAL (100.0%)
16 Place de l'Iris - Tour CB 21
92040 Paris la Défense Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**GRAVELEAU, LAURE y
SECONDAT, MARIE**

74 Agente/Representante:

ILLESCAS TABOADA, Manuel

ES 2 802 379 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

Procedimiento e instalación de tratamiento biológico de aguas residuales urbanas o industriales por vía aeróbica

5 La invención se refiere a un procedimiento de tratamiento biológico de aguas residuales urbanas o industriales por vía aeróbica para la eliminación de materia carbonada biodegradable y la oxidación de amonio.

10 El tratamiento por vía aeróbica se garantiza gracias a un aporte de aire o de oxígeno. A continuación, para simplificar, solo se mencionará un aporte de aire, pero esta expresión debe entenderse en el sentido que también abarca un aporte de oxígeno.

15 La invención se refiere a un procedimiento de acuerdo con el cual el agua a tratar fluye en flujo pistón entre una entrada y una salida, y los aportes de aire están repartidos por debajo de la corriente de agua y están suministrados por al menos una fuente de aire, estando el caudal de esta fuente modulado de acuerdo con al menos un parámetro de tratamiento.

20 La configuración del tratamiento en flujo pistón da como resultado un gradiente de concentración de contaminación carbonada y de amonio entre la entrada y la salida de un reactor o tanque biológico, generalmente de forma rectangular alargada, en el que se lleva a cabo el tratamiento. Se trata de una diferencia notable con un tratamiento de mezcla integral en el que la concentración en cualquier punto del tanque es idéntica.

25 La regulación del aporte de aire convencional para una configuración en flujo pistón no es completamente satisfactoria y precisa ser mejorada. Con frecuencia, la regulación se lleva a cabo sobre la base de la concentración de oxígeno residual medida a la salida de la zona de tratamiento.

30 De manera óptima, el aporte de aire total proporcionado durante el tiempo del tratamiento debe corresponder a los requisitos de aire para asegurar el tratamiento. En la mayor parte de la zona de tratamiento, el conjunto del oxígeno suministrado es consumido por la biomasa, asegurando así la eliminación de carbono y la oxidación del amonio. Un residuo de oxígeno al final del tratamiento es una garantía de que el aporte de aire ha sido suficiente y de que el conjunto de la materia oxidable ha podido ser tratado.

35 La dificultad radica en que la cantidad de materias oxidables varía continuamente, de modo que la cantidad de aire a proporcionar debe ajustarse de manera continua. La concentración de oxígeno al final del tratamiento, utilizada convencionalmente para regular el aporte de aire, es un parámetro muy variable con el tiempo, ya que, a partir del momento en que la materia oxidable ha sido completamente tratada, la concentración de oxígeno pasa de un valor cercano de 0 a 8 mg/l en unas pocas decenas de minutos.

40 También, en función de la carga de materias oxidables, existe el riesgo de tener perfiles de concentración de oxígeno, dependiendo de la longitud del tanque de tratamiento, que no son satisfactorios. En una situación de baja carga, el aporte de aire puede ser demasiado grande, lo cual puede traducirse en una concentración elevada de oxígeno en más de la mitad de la zona de tratamiento; por lo que se produce un gasto innecesario en la proporción de aire.

45 En una situación de alta carga, el aporte de aire puede ser demasiado pequeño, lo cual no permite medir una concentración de oxígeno residual al final de la zona de tratamiento. Este tratamiento fue insuficiente y no permitió eliminar la mayor parte de las materias oxidables.

50 Por lo tanto, parece que la regulación generalmente utilizada no es completamente satisfactoria en la medida en la que el aporte de aire se ajusta en función de la concentración residual de oxígeno observada al final del tratamiento. Se trata de una regulación a posteriori que no permite anticipar las variaciones en la carga a tratar. El caudal de aire se ajusta en función del residuo de oxígeno observado en el agua de salida. La gran variación en la concentración de oxígeno al final del tratamiento también conduce a variaciones significativas en los caudales de aire demandados, un fenómeno que causa aumentos en la producción o en la distribución de aire, particularmente en el caso en el que varias líneas de tratamiento estén suministradas con aire por una fuente común.

55 El documento US-A-2014/069864 **describe un procedimiento de tratamiento de aguas residuales en el que se utiliza dos unidades de control para generar instrucciones de aumento, disminución y mantenimiento de la concentración de oxígeno disuelto en el reactor.**

60 **El documento US-A-2012/305478 se refiere a un procedimiento de tratamiento biológico de aguas residuales que puede ser implementado en un reactor de tipo flujo pistón a fin de transformar/retirar la materia carbonada y el amonio (Figura 2), mediante el control del flujo de entrada del efluente y del volumen de un reactor A que permite únicamente la transferencia de la biomasa y de las aguas residuales a un reactor B.**

65 La invención tiene por objeto, ante todo, proporcionar un procedimiento de tratamiento biológico en flujo pistón que ya no presenta, o presenta en menor grado, los inconvenientes mencionados anteriormente, y que permite, especialmente, un mejor control de las variaciones en el aporte de aire para garantizar la eliminación de la materia

carbonada biodegradable y la oxidación de amonio. El coste de implementar el procedimiento también debe ser aceptable en comparación con el coste de un procedimiento convencional.

De acuerdo con la invención, el procedimiento de tratamiento biológico de aguas residuales urbanas o industriales por vía aeróbica, para la eliminación de materia carbonada biodegradable y la oxidación de amonio, procedimiento de acuerdo con el cual el agua a tratar fluye en flujo pistón entre una entrada y una salida, y los aportes de aire, a través de boquillas distribuidas a lo largo de la longitud del tanque, están repartidos por debajo de la corriente de agua y están suministrados por al menos una fuente de aire, estando el caudal de esta fuente modulado de acuerdo con al menos un parámetro del tratamiento, estando la concentración de nutrientes (carbono y/o NH₄) en el agua a tratar medida de manera continua por un sensor en la entrada, estando el caudal de los aportes de aire modulado de acuerdo con la concentración de nutrientes (carbono y/o NH₄) medida, y estando la concentración de nutrientes (carbono y/o NH₄) en el agua que se está tratando medida por un sensor en un punto del curso del tratamiento, en particular a mitad de curso, para integrar la tasa de eliminación realizada de manera eficaz para modular el caudal de aire, caracterizado por que el cálculo del caudal de aire se lleva a cabo por una unidad de cálculo de acuerdo con:

- una fórmula D1 que tiene en cuenta la concentración de nutrientes (carbono y/o NH₄) en la entrada del flujo pistón NutrEntrada, y en un punto del tratamiento NutrCurso, especialmente a la mitad

$$D1 \rightarrow Q_{aire} = Q_{min} + B * NutrEntrada + C (NutrCurso - E * NutrEntrada)$$

con,

una concentración de nutrientes en mg/l

Q_{min} en Nm³/h,

estando Q_{min} comprendido entre 2 y 6 Nm³/h/m² * superficie del tanque aireado en m²

B en Nm³/h/mg/l,

estando B comprendido entre 400 y 1000, ventajosamente igual a 700

C en Nm³/h/mg/l

estando C comprendido entre 150 y 600 en Nm³/h/mg/l, de acuerdo con la configuración E sin unidad, comprendido entre 0,5 y 0,8

o

de acuerdo con una fórmula D2 que tiene en cuenta, por una parte, el caudal de aire Q_{aire-1}, aplicado en el momento t-1, y por otra parte, la variación pNutrEntrada en la concentración de nutrientes (carbono y/o NH₄), como una función del tiempo, en la entrada del flujo pistón, y la variación en la tasa de eliminación de nutrientes (carbono y/o NH₄) en un punto del curso, en particular en la primera mitad del flujo pistón,

$$D2 \rightarrow Q_{aire} = Q_{aire-1} + F * pNutrEntrada + G * p(NutrCurso - E * NutrEntrada)$$

con

Q_{aire-1} igual al caudal de aire aplicado en t-1 (t-1 minuto)

pNutrEntrada, la variación en la concentración de nutrientes en la entrada del flujo pistón

p(NutrCurso - E * NutrEntrada), la variación en la tasa de eliminación de nutrientes (carbono y/o NH₄) en un punto del curso, especialmente en la primera mitad del flujo pistón

F en Nm³/h/mg/l/min, estando F comprendido entre 6000 y 12.000, ventajosamente igual a 8000,

G en Nm³/h/mg/l/min, estando G comprendido entre 1 y 10, ventajosamente igual a 5,

E sin unidad, comprendido entre 0,5 y 0,8,

proporcionando la unidad de cálculo en la salida una instrucción a un circuito, convirtiendo la información procedente de la salida en una señal de control de regulación de aporte de aire por las boquillas o por una válvula, o por modulación del caudal de la fuente de aire.

El cálculo del caudal de aire se lleva a cabo de acuerdo con las dos fórmulas (D1) y (D2), a elección del operador, permitiendo la fórmula D2 un mejor ajuste del caudal de aire suministrado.

Ventajosamente, la concentración de oxígeno en el agua se mide al final del tratamiento y la regulación del caudal de aire se complementa mediante la adición de un factor de corrección basado en esta concentración de oxígeno.

Se puede determinar un intervalo de concentración de oxígeno (Oxíg min/Oxíg máx) y cuando el valor medido de la concentración de oxígeno está fuera de este intervalo (O₂ medido > Oxíg máx u O₂ medido < Oxíg min), el caudal de aire Q_{aire} calculado se corrige:

Cuando el caudal de aire (Q_{aire}) se calcula de acuerdo con la fórmula (D1), se puede aplicar un factor de corrección O₂Ox de forma incremental, en particular a cada medición en la que la concentración de O₂ medido < Oxíg min, se añade un incremento de O₂Ox al factor de corrección k, siendo el caudal de aire en este modo

$$Q_{aire} = k [Q_{min} + B * NutrEntrada + C (NutrCurso - E * NutrEntrada)]$$

con k inicial = 1
siendo k sin unidad

- 5 En el caso en que O₂ medido > O_xíg máx, el factor de corrección k disminuye en O₂O_x.

Cuando el caudal de aire (Q_{aire}) se calcula de acuerdo con la fórmula (D2), se puede aplicar un factor de corrección fijo a cada medición de la concentración de oxígeno, en particular a cada medición en la que la concentración de O₂ medido < O_xíg min, se aplica una corrección de (1+0,0x) y para cada medición en la que O₂ medido > O_xíg máx, se aplica una corrección de (1-0,0x), siendo el caudal de aire en este modo:

$$Q_{aire} = (1+0,0x) \text{ (o } 1-0,0x) * [Q_{aire-1} + F * p_{NutrEntrada} + G * p(NutrCurso - E * NutrEntrada)]$$

con x sin unidad.

- 15 Si el caudal de aire calculado (de acuerdo con D1 o D2) es igual a Q_{min}, no se aplica ninguna disminución y, de la misma manera, si el caudal de aire calculado es igual a Q_{máx}, no se incrementa el factor de corrección.

La invención también se refiere a una instalación de tratamiento biológico de aguas residuales urbanas o industriales por vía aeróbica, para la implementación del procedimiento definido anteriormente, que comprende un reactor de flujo pistón, por vía aeróbica, para la eliminación de materia carbonada biodegradable y la oxidación de nutrientes (carbono y/o NH₄), fluyendo el agua a tratar entre una entrada y una salida, y los aportes de aire a través de boquillas distribuidas a lo largo de la longitud del tanque, por debajo de la corriente de agua y estando suministrados por al menos una fuente de aire A, estando el caudal de esta fuente modulado de acuerdo con al menos un parámetro del tratamiento, caracterizada por que comprende, en la entrada del reactor/tanque, un sensor que permite una estimación continua de la concentración de nutrientes (carbono y/o NH₄) en el agua, y una unidad de cálculo que recibe la información del sensor y es adecuada para controlar el caudal de los aportes de aire, y porque comprende, en el curso del flujo pistón, en particular a mitad de curso, un sensor que permite realizar una estimación continua de la concentración de nutrientes (carbono y/o NH₄) en el agua en este punto del curso, estando el sensor 16a conectado a la unidad de cálculo con el fin de integrar la tasa de eliminación realizada de manera eficaz para modular el caudal de aire, proporcionando la unidad de cálculo en la salida una instrucción a un circuito, convirtiendo la información procedente de la salida en una señal de control de regulación del aporte de aire por las boquillas, o bien mediante una válvula, o bien mediante modulación del caudal de la fuente de aire.

La instalación comprende en el curso del flujo pistón, en particular a mitad de curso, un sensor que permite una estimación continua de la concentración de nutrientes (carbono y/o NH₄) en el agua en este punto del curso, estando el sensor conectado a la unidad de cálculo con el fin de integrar la tasa de eliminación realizada de manera eficaz para modular el caudal de aire.

La unidad de cálculo está programada para calcular el caudal de aire de acuerdo con al menos dos fórmulas D1, D2.

Preferentemente, la instalación comprende, en la salida del flujo pistón, una sonda de medición de la concentración de oxígeno en el agua, estando esta sonda conectada a la unidad de control, para que la regulación del caudal de aire sea complementada mediante la adición de un factor de corrección (k) basado en esta concentración de oxígeno.

- 45 Los sensores de concentración de nutrientes (carbono y/o NH₄) pueden ser sensores ISE.

La invención permite asegurar una regulación a priori de la aireación de la corriente en flujo pistón basada en la carga a tratar.

50 En particular, el desarrollo de sensores ISE (Ion Selective Electrode, electrodo selectivo de iones) permite una estimación continua de la concentración de nutrientes (carbono y/o NH₄) en el agua. El uso de esta información permite predecir una parte de la carga a tratar (carga de nitrógeno), y se utiliza para la regulación del aire. Se puede utilizar cualquier otro medio de medición continua o semicontinua de nutrientes (carbono y/o NH₄).

55 La invención consiste, aparte de las disposiciones establecidas anteriormente, en una serie de otras disposiciones que se discutirán más explícitamente a continuación en relación con un ejemplo de realización descrito con referencia a los dibujos adjuntos, pero que no es de ninguna manera limitante. En estos dibujos:

60 La Fig. 1 es una vista esquemática superior de un tanque de tratamiento biológico de aguas residuales en flujo pistón.

La Fig. 2 es un diagrama que ilustra la variación en la concentración de contaminación carbonada y de nutrientes (carbono y/o NH₄), representada en la ordenada, como una función del curso del flujo pistón entre la entrada y la salida, representado en la abscisa.

La Fig. 3 es un esquema de una instalación que implementa el procedimiento de la invención.

65 La Fig. 4 es un diagrama que ilustra el procedimiento de la invención y la variación de la concentración de nutrientes (carbono y/o NH₄) a la entrada del tratamiento, de la concentración de oxígeno al final del tratamiento, del caudal

de aire calculado y del caudal de aire de suministrado, representados en la ordenada, como una función del tiempo representado en la abscisa.

La Fig. 5 es un diagrama similar al de la Fig. 4, pero en el caso de una regulación convencional basada en la concentración de oxígeno al final del tratamiento.

5 La Fig. 6 es un diagrama que ilustra la variación de la concentración de materias oxidables representada en la ordenada como una función del curso del flujo pistón, representado en la abscisa, así como la variación de la concentración de oxígeno en el caso de un aporte de aire suficiente.

La Fig. 7 es un diagrama similar al de la Fig. 6, en el caso de un aporte de aire excesivo, y

10 La Fig. 8 es un diagrama similar al de la Fig. 6 en el caso de una gran carga de materias oxidables, con un aporte de aire demasiado pequeño.

Con referencia a la Fig. 1 de los dibujos, se puede observar una representación esquemática de un tanque 1 de forma general rectangular alargada para un tratamiento biológico de aguas residuales urbanas o industriales realizado por vía aeróbica, en flujo pistón. El agua a tratar penetra en el tanque 1 a través de una entrada 2 y se evacúa a través de una salida 3, como lo indican las flechas. El curso del agua en el tanque 1 es esencialmente rectilíneo como indica la flecha 4, las líneas de corriente son todas paralelas a esta flecha, las secciones transversales se mueven paralelas entre sí, como en el caso en el que el fluido es empujado por un pistón, sin que haya mezcla entre zonas escalonadas a lo largo de la dirección longitudinal del tanque 1.

20 Los aportes de aire se distribuyen bajo el flujo pistón, en el fondo del tanque 1 como se ilustra en la Fig. 3, a través de las boquillas 5 distribuidas a lo largo de la longitud del tanque. Las boquillas 5 están conectadas en paralelo a un mismo conducto 6, orientado a lo largo de la longitud del tanque y suministrado por una tubería 7 con aire procedente de una fuente A, especialmente un compresor. Está prevista una regulación del caudal de aire de la tubería 7. Esta regulación puede ser garantizada mediante una válvula 8 controlada de manera apropiada. Como variante, la regulación podría garantizarse modulando el caudal de la fuente A.

La regulación está garantizada para el conjunto de las boquillas 5 de manera global, ya que, un control separado de cada una de las boquillas 5 conduciría a una instalación y explotación compleja y demasiado costosa.

30 La concentración de contaminación carbonada y de amonio en el agua, que se mueve en el tanque 1 entre la entrada y la salida, evoluciona, como se ilustra esquemáticamente, por la curva 9 de la Fig. 2, en la que la concentración de la contaminación se representa en la ordenada, mientras que la posición a lo largo de la longitud del tanque se representa en la abscisa. La concentración máxima en la entrada 2, disminuye progresivamente bajo el efecto del tratamiento aeróbico gracias al aporte de aire que permite la eliminación de materia carbonada biodegradable y la oxidación de nutrientes (carbono y/o NH₄). En el tratamiento en flujo pistón, se observa, por lo tanto, un gradiente de concentración entre el punto de llegada del agua y la salida, tal como se ilustra en la curva 9.

40 La dificultad con un tratamiento en flujo pistón es garantizar el tratamiento de la totalidad de la contaminación, independientemente de la carga de aguas residuales a la entrada del tanque 1, evitando un exceso de aporte de aire que genere gastos innecesarios. La señal del final del tratamiento de contaminación corresponde a un aumento en la concentración de oxígeno en el agua. En efecto, a partir del momento en que la materia oxidable ha sido completamente tratada, la concentración de oxígeno pasa de un valor cercano de 0 a 8 mg/l en unas pocas decenas de minutos. Esto se ilustra en el esquema de la Fig. 6 en el que se representa, mediante la curva 10, la variación de la concentración de contaminación representada en la ordenada como una función de la posición a lo largo de la longitud del reactor 1 de acuerdo con la curva 10. La variación en la concentración de oxígeno en el agua se ilustra en la curva 11.

50 El esquema en la Fig. 6 ilustra el objetivo a alcanzar sea cual sea la carga: el aumento de la concentración de oxígeno solo se produce en las proximidades a la salida del flujo pistón, y la concentración de materias oxidables ha alcanzado un valor considerado como mínimo. En ese caso, el aporte de aire fue suficiente para tratar toda la contaminación.

55 El esquema de la Fig. 7 ilustra el caso en el que el aporte de aire fue demasiado grande, por ejemplo, debido a una pequeña carga de materias oxidables en las aguas residuales a tratar. La curva 12 representa la variación en la concentración de contaminación, mientras que la curva 13 representa la variación en la concentración de oxígeno. El aumento en la concentración de oxígeno se produce de manera apreciable en el punto medio del tanque, mientras que la concentración de contaminación prácticamente ha alcanzado su valor mínimo. En ese caso, el aporte demasiado grande de aire genera gastos innecesarios.

60 La Fig. 8 ilustra el caso en el que el aporte de aire es insuficiente para completar el tratamiento de la contaminación a la salida del tanque de flujo pistón. La curva 14 de concentración de contaminación permanece en un nivel relativamente elevado a la salida del tanque, mientras que la curva 15 de concentración de oxígeno permanece en un nivel cercano a 0 debido a que no se ha tratado toda la materia oxidable. Esta situación puede corresponderse con un caso de gran carga de materias oxidables.

65 A título indicativo, el agua a tratar recorre el tanque o reactor 1 en unas pocas horas.

De acuerdo con la invención, un sensor 16, que permite una estimación continua de la concentración de nutrientes (carbono y/o NH₄) en el agua, se instala en la entrada 2 del tanque en flujo pistón. La información proporcionada por el sensor 16 permite predecir una parte de la carga a tratar (la carga de nitrógeno) y se utiliza para la regulación del aire. Se puede utilizar cualquier otro medio de medición continua o semicontinua de nutrientes (carbono y/o NH₄). El sensor 16 es ventajosamente del tipo ISE (Ion Selective Electrode, electrodo selectivo de iones). La regulación del aporte de aire, de acuerdo con la invención, se lleva a cabo a priori basándose en la carga a tratar.

La información proporcionada por el sensor 16, como se ilustra en la Fig. 3, se envía a una unidad de cálculo 17, en particular a un controlador o a un microordenador, que proporciona en la salida 18 una instrucción enviada a un circuito 19 que convierte la información que proviene de la salida 18 en una señal de control de la válvula 8, para la regulación del aporte de aire.

Preferentemente, otro sensor 16a, de la concentración de nutrientes (carbono y/o NH₄) en el agua, se dispone en el tanque 1 en el curso del tratamiento, a una distancia de la entrada 1, sustancialmente a la mitad del tratamiento, es decir, en el punto medio del tanque 1. La concentración de nutrientes (carbono y/o NH₄) medida en este lugar por el sensor 16a permite integrar la tasa de eliminación realizada de manera eficaz.

La unidad de control 17 está programada para determinar a priori el caudal de aire necesario.

Los parámetros utilizados son los siguientes:

- una concentración de nutrientes en la entrada (mg/l): NutrEntrada
- concentración de nutrientes en un punto del trayecto (mg/l) NutrCurso
- concentración de oxígeno en la salida (mg/l),
- caudal de aire aplicado (Nm³/h): Qaire.

La unidad 17 está programada para implementar al menos dos modos de cálculo del caudal de aire necesario.

Dependiendo del caso, esta determinación a priori de los requisitos de aire puede complementarse con una corrección, a posteriori, basada en la concentración de oxígeno en el agua medida al final del tratamiento por una sonda 21 dispuesta en las proximidades de la salida 2. La información de la sonda 21 se envía a la unidad 17 en forma de una consigna 22 de concentración de oxígeno.

Los dos modos de cálculo que se pueden utilizar para determinar a priori el caudal de aire necesario Q aire se exponen a continuación.

De acuerdo con una primera fórmula D1:

$$D1 \rightarrow Q_{aire} = Q_{min} + B \cdot \text{NutrEntrada} + C (\text{NutrCurso} - E \cdot \text{NutrEntrada})$$

con,

- Qmin (caudal mínimo) en Nm³/h
- B en Nm³/h/mg/l
- C en Nm³/h/mg/l
- E sin unidad

De acuerdo con una segunda fórmula D2:

$$D2 \rightarrow Q_{aire} = Q_{aire-1} + F \cdot p \cdot \text{NutrEntrada} + G \cdot p (\text{NutrCurso} - E \cdot \text{NutrEntrada})$$

- con Qaire-1, el caudal de aire aplicado en el momento t-1 (t - 1 minuto, generalmente 10 minutos)
- pNutrEntrada, la variación en la concentración de nutrientes a la entrada del flujo pistón; pNutrEntrada corresponde a la pendiente, es decir, la tangente del ángulo α (Fig. 4) de inclinación de la curva que ilustra la variación en la concentración a la entrada como una función del tiempo;
- p(NutrCurso - E*NutrEntrada), la variación en la tasa de eliminación de nutrientes (carbono y/o NH₄) NH₄ en un primer curso del flujo pistón
- F en Nm³/h/mg/l/min
- G en Nm³/h/mg/l/min
- E sin unidad

Preferentemente, para D1 y D2, NutrCurso se mide a mitad del trayecto y se convierte en NutrMedio.

Dependiendo de los requisitos, esta determinación a priori de los requisitos de aire puede complementarse con una corrección a posteriori, basada en la concentración de oxígeno medida al final del tratamiento. El objetivo de la regulación es determinar a priori los requisitos de aire y ajustar esta estimación como una función del oxígeno residual;

ES 2 802 379 T3

los valores elegidos para los coeficientes de regulación, correspondientes a las diferentes letras de las fórmulas D1 y D2, se adaptan a este objetivo.

5 La selección del modo de cálculo del caudal de aire a aplicar lo realiza el operador, presentando la fórmula D2 un mejor ajuste del caudal de aire suministrado.

10 Se determina un intervalo de concentración de oxígeno como una función de las condiciones de aireación necesarias para el tratamiento (Oxig min/Oxig máx), por ejemplo, una concentración mínima a la salida del tratamiento de 0,75 mg/l y una concentración máxima deseada de 2 mg/l) y cuando el valor medido de la concentración de oxígeno está fuera de este intervalo (O2 medido > Oxig máx u O2 medido < Oxig min), el flujo de aire Qaire calculado (de acuerdo con una de las dos fórmulas anteriores D1, D2) se corrige en este modo:

15 - Si Qaire se calcula de acuerdo con la fórmula D1, se aplica un factor de corrección de forma incremental. Por ejemplo a cada medición en la que la concentración de O2 medido < Oxig min, se añade un incremento de O,Ox a un factor de corrección k. El caudal de aire se convierte en este modo

$$Q_{aire} = k [Q_{min} + B \cdot \text{NutrEntrada} + C (\text{NutrCurso} - E \cdot \text{NutrEntrada})]$$

20 con k inicial = 1
siendo k sin unidad

Si la concentración de O2 medido > Oxig máx, se resta O,Ox como disminución del factor de corrección k.

25 - Si Qaire se calcula de acuerdo con la fórmula D2, se aplica un factor de corrección fijo a cada medición de la concentración de oxígeno.
Por ejemplo, a cada medición en la que la concentración de O2 medido < Oxig min, se aplica una corrección de (1+0,0x) y a cada medición en la que O2 medido > Oxig máx, se aplica una corrección de (1-0,0x). El caudal de aire se convierte en este modo

30
$$Q_{aire} = (1+0,0x) \text{ (o } 1-0,0x) \cdot [Q_{aire-1} + F \cdot p \cdot \text{NutrEntrada} + G \cdot p (\text{NutrCurso} - E \cdot \text{NutrEntrada})]$$

con x sin unidad

35 Si el caudal de aire calculado (de acuerdo con D1 o D2) es igual a Qmin, no se aplica ninguna disminución y, de la misma manera, si el caudal de aire calculado es igual a Qmáx, no se incrementa el factor de corrección.

40 Los ensayos se llevaron a cabo en una estación existente, a 15 °C, que trata aguas residuales urbanas con 190 mg/l de DBO y 36 mg/l de NTK (nitrógeno Kjeldahl) de valor promedio. El volumen de una zona de tratamiento es de 1700 m3 compuesto por 1/3 del volumen de una zona anóxica y por 2/3 del volumen de una zona aireada. El caudal promedio admitido en la zona es de 2700 m3/h de agua bruta y la concentración de MES (materias en suspensión) es de 4 g/l.

Se utilizaron los siguientes parámetros para la regulación, de acuerdo con el primer modo de cálculo:

45 Qmin = 9000 Nm3/h correspondiente al requisito de aire para mantener en suspensión la biomasa. Es del orden de 2 a 6 Nm3/h/m2 del tanque aireado.

50 B = 700 se determina como una función de los datos del proyecto (carga admitida y volumen de los trabajos); su valor está comprendido entre 400 y 1000, de acuerdo con las configuraciones seleccionadas

C = 400 se determina como una función de los datos del proyecto (carga admitida y volumen de los trabajos); su valor está comprendido entre 150 y 600, de acuerdo con las configuraciones seleccionadas y

55 E = 0,8 corresponde a la parte de los nutrientes (carbono y/o NH4) no tratada en la primera parte del flujo pistón. Se determina como una función de los datos del proyecto [carga admitida (concentración y relación DCO/NT o nitrógeno total) y volumen de los trabajos]; su valor está comprendido entre 0,5 y 0,8 dependiendo de las configuraciones seleccionadas

60 x = 0,02, es decir, una modulación del 2 % del caudal de aire calculado a priori, y una variación del orden de 200 Nm3/h a cada medición del oxígeno al final del tratamiento.

Los parámetros F y G en el caso de usar la fórmula D2 tomarán los valores de

65 F = 8000, determinado como una función de los datos del proyecto (carga admitida y volumen de los trabajos); su valor está comprendido entre 6000 y 12.000, de acuerdo con las configuraciones seleccionadas,

y G=5, determinado como una función de los datos del proyecto (carga admitida y volumen de los trabajos); su valor está comprendido entre 1 y 10, de acuerdo con las configuraciones seleccionadas.

5 Los resultados para el ejemplo considerado se representan en la Fig. 4. La curva 23 corresponde a la evolución de la concentración de amonio NH_4 en la entrada del reactor. La concentración de amonio se representa en la escala de ordenadas a la izquierda en mg/l. El tiempo representado en la abscisa se expresa en minutos. La curva 24 inferior

10 La curva 25 corresponde al caudal de aire suministrado expresado en Nm^3/h , de acuerdo con la graduación del eje de ordenadas situadas a la derecha, y la curva 26 en guiones corresponde al caudal de aire calculado por la regulación de acuerdo con la invención.

10 Cabe destacar que la regulación permite seguir correctamente las variaciones de la carga a tratar sin generar aumentos en los requisitos de aire, siendo las variaciones aplanadas.

15 La Fig. 5 ilustra, para el mismo ejemplo de agua a tratar, las curvas obtenidas con una regulación convencional basada en la concentración de oxígeno en el agua en la salida 3 del tanque de tratamiento. La curva 23 de la evolución de la concentración de amonio es idéntica a la de la Fig. 4. Por el contrario, la curva 25a del caudal de aire pone de manifiesto variaciones bruscas, correspondientes a aumentos en forma de picos 27 y valles 28, 29. La curva 24a de la concentración de oxígeno en la salida del reactor también presenta aumentos sustancialmente en correspondencia con los de la curva 25a.

20 Tales variaciones bruscas son perjudiciales, tanto para la instalación, como para el tratamiento, y la invención permite evitarlas.

La invención se define por las reivindicaciones anteriores.

25 La solución de la invención ofrece especialmente las siguientes ventajas:

- Simplicidad de instalación y puesta en marcha; se debe determinar un número limitado de parámetros en función de los datos de dimensionamiento,
- 30 • Los requisitos de aire evolucionan de manera progresiva, lo que permite que los equipos de producción de aire (compresor, válvulas de regulación, central de aire) funcionen fácilmente al limitar las situaciones de bloqueo o sobrepresión y presión baja, principalmente cuando varias líneas funcionan en paralelo y emplean estos equipos de manera "desordenada",
- Los requisitos de aire se determinan en función de la carga a tratar (regulación a priori), lo que permite anticipar los requisitos y, por lo tanto, limitar los aumentos de caudal y la energía consumida.

35

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de tratamiento biológico de aguas residuales urbanas o industriales por vía aeróbica, para la eliminación de materia carbonada biodegradable y la oxidación de amonio, procedimiento de acuerdo con el que el agua a tratar fluye en flujo pistón entre una entrada 2 y una salida 3, y los aportes de aire, a través de boquillas 5 distribuidas a lo largo de la longitud del tanque, están repartidos por debajo de la corriente de agua y están suministrados por al menos una fuente de aire A, estando el caudal de esta fuente modulado de acuerdo con al menos un parámetro del tratamiento, estando la concentración de nutrientes (carbono y/o NH4) en el agua a tratar medida por un sensor 16 de manera continua en la entrada 2, estando el caudal de los aportes de aire modulado de acuerdo con la concentración de nutrientes (carbono y/o NH4) medida, y estando la concentración de nutrientes (carbono y/o NH4) en el agua que se está tratando medida por un sensor 16a en un punto del curso del tratamiento, en particular a mitad de curso, para integrar la tasa de eliminación realizada de manera eficaz para modular el caudal de aire, **caracterizado por que** el cálculo del caudal de aire se lleva a cabo por una unidad de cálculo 17 de acuerdo con:

- una fórmula D1 que tiene en cuenta la concentración de nutrientes (carbono y/o NH4) a la entrada del flujo pistón NutrEntrada, y en un punto del tratamiento NutrCurso, especialmente a la mitad

$$D1 \rightarrow Q_{aire} = Q_{min} + B * NutrEntrada + C (NutrCurso - E * NutrEntrada)$$

con,

una concentración de nutrientes en mg/l

Qmin en Nm3/h,

estando Qmin comprendido entre 2 y 6 Nm3/h/m2 * superficie del tanque aireado en m2

B en Nm3/h/mg/l,

estando B comprendido entre 400 y 1000, ventajosamente igual a 700

C en Nm3/h/mg/l

estando C comprendido entre 150 y 600 en Nm3/h/mg/l, de acuerdo con la configuración E sin unidad, comprendido entre 0,5 y 0,8

o

- de acuerdo con una fórmula D2 que tiene en cuenta, por una parte, el caudal de aire Qaire-1, aplicado en el momento t-1, y por otra parte, la variación pNutrEntrada de concentración de nutrientes (carbono y/o NH4), como una función del tiempo, a la entrada del flujo pistón, y la variación de la tasa de eliminación de nutrientes (carbono y/o NH4) en un punto del curso, en particular en la primera mitad del flujo pistón,

$$D2 \rightarrow Q_{aire} = Q_{aire-1} + F * pNutrEntrada + G * p(NutrCurso - E * NutrEntrada)$$

con

Qaire-1 igual al caudal de aire aplicado en t-1 (t-1minuto)

pNutrEntrada, la variación en la concentración de nutrientes a la entrada del flujo pistón

p(NutrCurso - E * NutrEntrada), la variación de la tasa de eliminación de nutrientes (carbono y/o NH4) en un punto del curso, especialmente en la primera mitad del flujo pistón

F en Nm3/h/mg/l/min, estando F comprendido entre 6000 y 12.000, ventajosamente igual a 8000,

G en Nm3/h/mg/l/min, estando G comprendido entre 1 y 10, ventajosamente igual a 5,

E sin unidad, comprendido entre 0,5 y 0,8,

proporcionando la unidad de cálculo 17, en la salida 18, una instrucción a un circuito 19, convirtiendo la información procedente de la salida 18 en una señal de control de regulación del aporte de aire en las boquillas 5, o bien mediante una válvula 8, o bien mediante modulación del caudal de la fuente de aire A.

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la concentración de oxígeno en el agua se mide 21 al final del tratamiento y la regulación del caudal de aire se complementa mediante la adición de un factor de corrección k basado en esta concentración de oxígeno.

3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** se determina un intervalo de concentración de oxígeno (Oxig min/Oxig máx) y cuando el valor medido de concentración de oxígeno está fuera de este intervalo (O2 medido > Oxig máx u O2 medido < Oxig min), el caudal de aire Qaire calculado se corrige.

4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 y 3, estando el caudal de aire Qaire calculado de acuerdo con la fórmula D1, **caracterizado por que** se aplica un factor de corrección 0,0x de forma incremental, en particular a cada medición en la que la concentración de O2 medido < Oxig min, se añade un incremento de 0,0x al factor de corrección k, convirtiéndose el caudal de aire en este modo

$$Q_{aire} = k [Q_{min} + B * NutrEntrada + C (NutrCurso - E * NutrEntrada)]$$

con k inicial = 1
siendo k sin unidad

en el caso en que O2 medido > Oxíg máx, el factor de corrección k disminuye en 0,0x.

5
5. Procedimiento de acuerdo con el conjunto de las reivindicaciones 1 y 3, estando el caudal de aire Qaire calculado de acuerdo con la fórmula D2, **caracterizado por que** se aplica un factor de corrección fijo a cada medición de la concentración de oxígeno, en particular a cada medición en la que la concentración de O2 medido <Oxíg min, se aplica una corrección de (1+0,0x) y para cada medición en la que O2 medido > Oxíg máx, se aplica una corrección de (1-0,0x), convirtiéndose el caudal de aire en este modo:

$$Q_{aire} = (1+0,0x) \text{ (o } 1-0,0x) * [Q_{aire-1} + F * p_{NutrEntrada} + G * p_{(NutrCurso - E * NutrEntrada)}]$$

con x sin unidad.

15
6. Instalación de tratamiento biológico de aguas residuales urbanas o industriales por vía aeróbica, para la implementación del procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende un reactor de flujo pistón, por vía aeróbica, para la eliminación de materia carbonada biodegradable y la oxidación de nutrientes (carbono y/o NH4), fluyendo el agua a tratar entre una entrada 2 y una salida 3, y estando los aportes de aire, a través de boquillas distribuidas a lo largo de la longitud del tanque, repartidos por debajo de la corriente de agua y estando suministrados por al menos una fuente de aire A, estando el caudal de esta fuente modulado de acuerdo con al menos un parámetro del tratamiento,

20
caracterizada por que comprende, en la entrada del reactor/tanque, un sensor 16 que permite una estimación continua de la concentración de nutrientes (carbono y/o NH4) en el agua, y una unidad de cálculo 17 que recibe la información del sensor 16 y es adecuada para controlar el caudal de los aportes de aire, y **por que** consta, en el curso del flujo pistón, en particular a mitad de curso, de un sensor 16a que permite una estimación continua de la concentración de nutrientes (carbono y/o NH4) en el agua en este punto del curso, estando el sensor 16a conectado a la unidad de cálculo 17 con el fin de integrar la tasa de eliminación realizada de manera eficaz para modular el caudal de aire,

30 proporcionando la unidad de cálculo 17 en la salida 18 una instrucción a un circuito 19, convirtiendo la información procedente de la salida 18 en una señal de control de regulación del aporte de aire en las boquillas 5, o bien mediante una válvula 8, o bien mediante modulación del caudal de la fuente de aire A.

35 7. Instalación de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizada por que** la unidad de cálculo 17 está programada para calcular el caudal de aire de acuerdo con al menos dos fórmulas D1 y D2.

8. Instalación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 7, **caracterizada por que** comprende, en la salida 3 del flujo pistón, una sonda 21 de medición de la concentración de oxígeno en el agua, estando esta sonda conectada a la unidad de control 17, para que la regulación del caudal de aire sea complementada mediante la adición de un factor de corrección k basado en esta concentración de oxígeno.

40 9. Instalación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizada por que** los sensores de concentración de nutrientes (carbono y/o NH4) son sensores ISE.

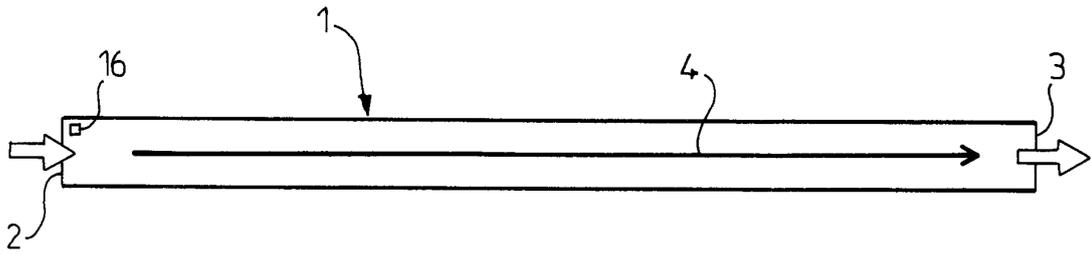


FIG.1

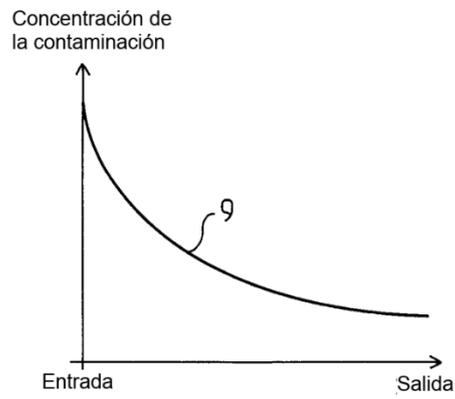


FIG.2

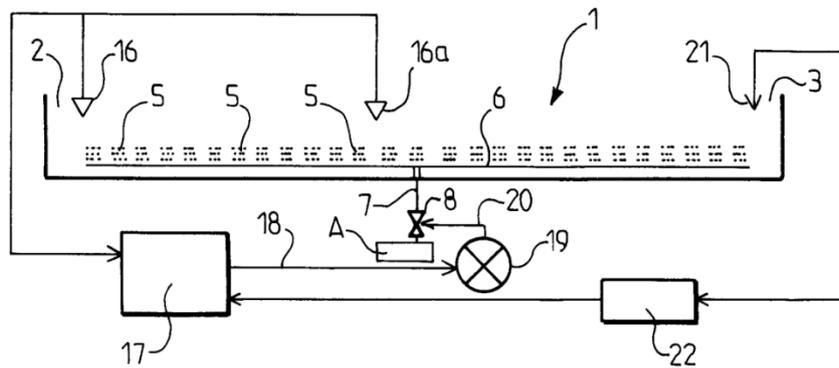


FIG.3

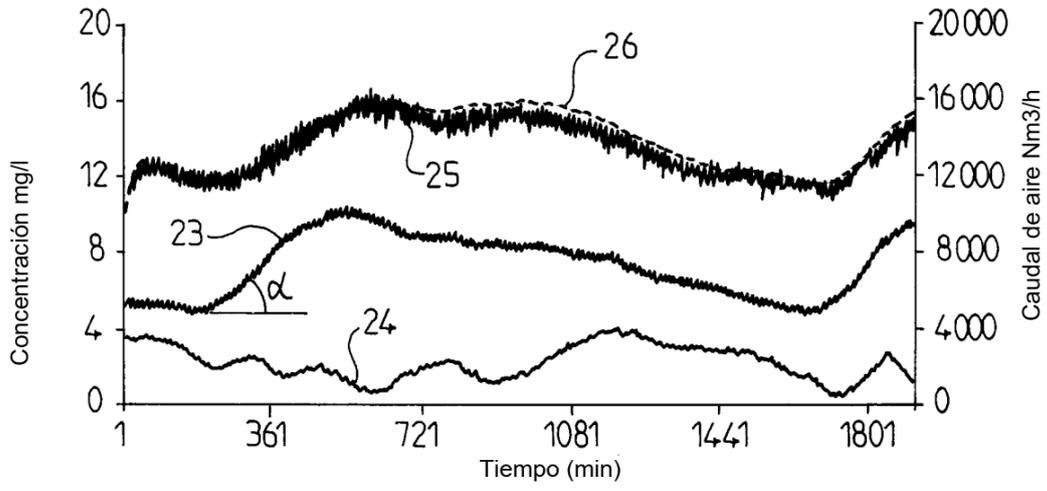


FIG. 4

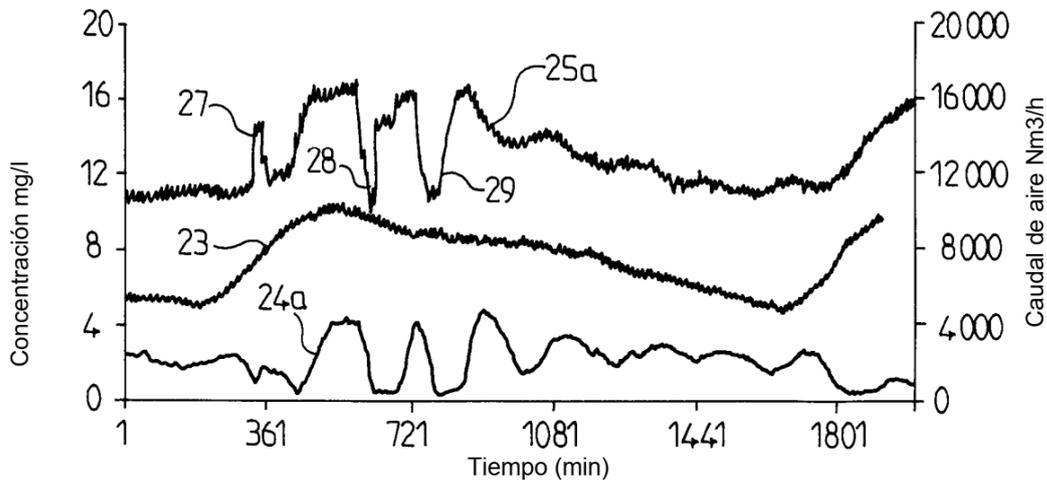


FIG. 5

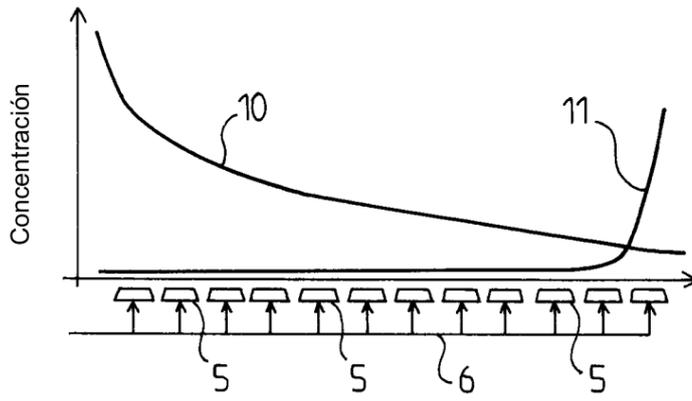


FIG. 6

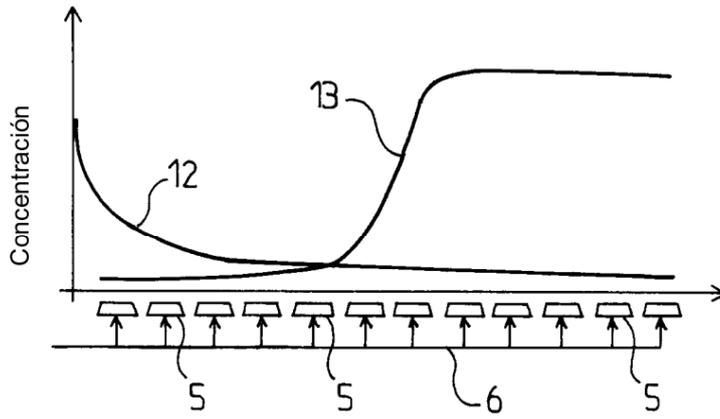


FIG. 7

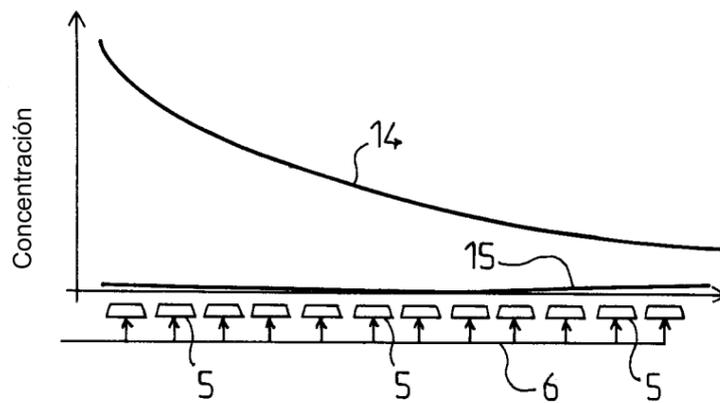


FIG. 8

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 La lista de referencias citadas por el solicitante es, únicamente, para conveniencia del lector. No forma parte del documento de patente europea. Si bien se ha tenido gran cuidado al recopilar las referencias, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP declina toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

• US 2014069864 A [0011]

• US 2012305478 A [0012]