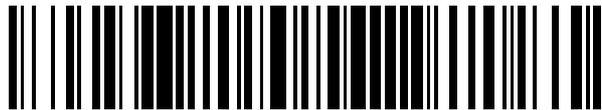


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 585 207**

21 Número de solicitud: 201400982

51 Int. Cl.:

C02F 3/30 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

02.12.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:

04.10.2016

71 Solicitantes:

**AGUAS TECNOLÓGICAS SL (100.0%)
Cardenal Belluga 21
28028 Madrid ES**

72 Inventor/es:

**BUENDÍA DE LERA, Pedro Francisco y
BUENDÍA DE LERA, Manuel**

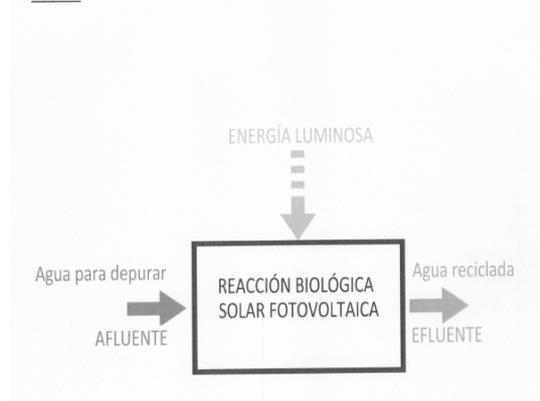
54 Título: **Reacción biológica solar fotovoltaica para la depuración y reutilización de aguas residuales urbanas, agropecuarias o industriales**

57 Resumen:

Reacción biológica solar fotovoltaica para la depuración y reutilización de aguas residuales urbanas, agropecuarias o industriales.

Consiste en un procedimiento para la depuración de aguas residuales urbanas, agropecuarias o industriales y la consecución o condiciones necesarias para la reutilización. El sistema se basa en la circulación del agua a tratar desde un tanque o depósito de suministro a un tanque, que denominamos Reactor Biológico, donde se realiza una reacción biológica, mediante la incorporación de una instalación solar fotovoltaica. La corriente eléctrica de alimentación para el bombeo de llenado, bombeo de evacuación y bombeo soplante proviene directamente de dicha instalación solar fotovoltaica, entendiéndose el procedimiento como la operación de inicio del ciclo de la reacción biológica y el control de las fases del mismo en función del valor de la irradiación solar instantánea.

FIGURA 1



DESCRIPCIÓN

Reacción biológica solar fotovoltaica para la depuración y reutilización de aguas residuales urbanas, agropecuarias o industriales.

5

Sector técnico de la invención

La invención consiste en un procedimiento para la depuración de aguas residuales urbanas, agropecuarias o industriales y la consecución de condiciones necesarias para su reutilización.

10

Antecedentes de la invención

Depuración Biológica de las Aguas Residuales:

15

El agua residual se puede definir como un residuo líquido recogido mediante la red de alcantarillado para su envío a una planta depuradora (Mujeriego, 1990).

Según el origen, las aguas residuales se clasifican:

20

1.- Domésticas o Urbanas.

2.- Industriales

25

3.- Agropecuarias.

4.- Vertidos ilegales, Infiltraciones.

5.- Pluviales.

30

En general las aguas residuales domésticas contienen un 99,9% de agua. La materia sólida está constituida en un 70% por sustancias orgánicas como proteínas, grasas y carbohidratos; mientras que el restante 30% es materia mineral insoluble, sustancias inorgánicas, como la arena, la arcilla y las gravas.

35

Los compuestos orgánicos del agua residual tienen al menos un átomo de carbono en su estructura. Estos átomos pueden ser oxidados tanto químicamente como biológicamente para producir dióxido de carbono (CO₂).

40

Los sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales se basan en la interacción y el metabolismo de los microorganismos. Estos procesos dependen de la capacidad de la comunidad microbiana para utilizar los compuestos del agua. El proceso biológico constituye un ecosistema diverso que se alimenta directamente del agua residual que entra al sistema y que depende de la disponibilidad de O₂, del pH y de las condiciones de mezcla.

45

El proceso de fangos activados está constituido por bacterias, protozoos, hongos, algas y organismos filamentosos. Los protozoos, los organismos filamentosos y las bacterias participan activamente en el tratamiento biológico del agua residual (Muyima *et al.*, 1997).

El tratamiento biológico de las aguas residuales se realiza en reactores diseñados especialmente para mantener los microorganismos bajo condiciones controladas. las reacciones microbianas pueden ser realizadas:

- 5 1.- Bajo condiciones Aerobias: presencia de oxígeno disuelto.
- 2.- Bajo condiciones Anóxicas: ausencia de oxígeno disuelto, presencia de nitratos.
- 10 3.- Bajo condiciones Anaerobias: ausencia de oxígeno disuelto y ausencia de nitratos.

Asimismo, la biomasa empleada en el tratamiento de puede mantener en suspensión o adherida a un material de soporte (Lee, 1996; Droste, 1997).

15 Los reactores pueden operar en régimen de flujo continuo o en régimen de flujo discontinuo (llenado-vaciado). la diferencia entre los dos es que el reactor de flujo continuo su funcionamiento obedece a una secuencia espacial, mientras que el reactor de flujo discontinuo (llenado-vaciado) sigue una secuencia temporal.

20 La tecnología SBR (Reactores Biológicos Secuenciales) son reactores discontinuos donde todo el proceso: llenado, reacción, decantación y vaciado se hace en un mismo tanque.

25 La regulación a nivel europeo de la depuración de aguas residuales urbanas es a través de la Directiva de Consejo 91/271 del 21 de mayo de 1991 sobre depuración de aguas residuales. la directiva afecta a los distintos núcleos de población según su número de habitantes, siendo necesario tratarlas incluso en poblaciones de menos de 2000 habitantes equivalentes.

30 Como alternativa a las tecnologías disponibles la reacción biológica solar fotovoltaica para la depuración y reutilización de aguas residuales urbanas, agropecuarias o industriales permite el tratamiento de las aguas residuales mediante un modelo sostenible, al usar energía renovable, así como su utilización en zonas donde la red eléctrica convencional no está presente.

35 El uso de energía solar fotovoltaica en patentes relacionadas con el tratamiento de aguas se recoge como apoyo para sistemas de bombeo-CN100546922, EP2213627- o para alimentación de sistema de desinfección UV-US2010155339- o para la depuración mediante electro oxidación-ES2389202B1, pero no se presenta integrada en el proceso de depuración biológica.

40 El objetivo de la presente invención es dar una alternativa a los procedimientos propuestos para la depuración y reutilización de aguas residuales urbanas, agropecuarias o industriales que permita alcanzar los requisitos necesarios para su reutilización, mejorando la sostenibilidad energética del mismo y permitiendo su implantación en zonas
45 donde la red eléctrica convencional no está presente.

Explicación de la invención

50 La invención consiste en la circulación del agua a tratar desde un Tanque o depósito de Suministro a un tanque donde se realiza una reacción biológica, Tanque que

denominaremos: Reactor Biológico, en los que se ha integrado una instalación solar fotovoltaica (sistema Agua Fotón: reacción biológica solar fotovoltaica).

5 La naturaleza del procedimiento viene dada porque la corriente eléctrica de alimentación al Tanque de Suministro y al Reactor Biológico proviene directamente de la instalación solar fotovoltaica, y porque el procedimiento comprende el inicio del ciclo y el mantenimiento de las fases del ciclo operativo: Llenado-Reacción-Decantación-Vaciado, en función del valor de la irradiación solar instantánea.

10 En función del valor de irradiación solar instantánea se inicia el ciclo con la entrada de agua a tratar desde el Tanque de Suministro al Reactor Biológico (fase de Llenado), siguiendo con la reacción de oxidación (fase de Reacción), después se deja el agua en reposo (fase de Decantación), para terminar con la salida del agua ya tratada (fase de Vaciado). De esta forma el agua a depurar (Afluente) sale ya tratada para su reutilización (Efluente).

15 En la invención se describe una planta para la depuración y reutilización de aguas residuales urbanas, agropecuarias o industriales que permite alcanzar los requisitos necesarios para su reutilización, que comprende un Tanque de Suministro del agua a tratar, conectado a la entrada del Reactor Biológico. La planta se caracteriza porque comprende una instalación solar fotovoltaica integrada con el Tanque de Suministro y con el Reactor Biológico, y un medidor de irradiación solar o sonda solar, y también un sistema de control para regular el inicio del ciclo operativo y las siguientes fases del ciclo.

25 El sistema de control, en función del valor de irradiación solar instantánea, medida por el medidor de irradiación solar o sonda solar, gobierna un grupo de bombeo de agua para extraerla del Tanque de Suministro y también gobierna otro grupo de bombeo para el vaciado del Reactor Biológico. Así mismo el sistema de control en función del valor de la irradiación instantánea gobierna un grupo de bombas soplantes que completan la fase de reacción oxidación, parándose su función para el inicio de la fase de decantación y posterior vaciado del Reactor Biológico.

35 Se ha de tener en cuenta en la descripción de la invención el cálculo del volumen del Tanque de Suministro y el volumen del Tanque del Reactor Biológico en función del volumen del agua a tratar, y dependiendo de este volumen se calculará la superficie y disposición de los módulos solares conectados con el Tanque de Suministro y con el reactor Biológico.

Breve descripción de los dibujos

40 La figura 1: muestra un diagrama de un proceso de Reacción Biológica Solar Fotovoltaica.

45 La Figura 2: muestra un diagrama del proceso convencional de depuración biológica mediante reactor de flujo continuo, asistido por energía eléctrica de red.

La Figura 3: muestra el diagrama (según Barajas, 2002) del proceso convencional de depuración biológica mediante reactor de flujo discontinuo, asistido por energía eléctrica de red.

50

La Figura 4: muestra el diagrama del proceso Agua Fotón (reacción biológica solar fotovoltaica) descrito en la presente invención, ampliado de la Figura 1.

5 La Figura 5: muestra de forma esquemática una planta adaptada a la puesta en práctica del proceso Agua Fotón.

Descripción detallada y donde tienen su base las reivindicaciones de la invención

10 La reacción biológica solar fotovoltaica descrita proporciona un procedimiento para la depuración y reutilización de aguas residuales urbanas, agropecuarias o industriales.

15 La Figura 1 muestra un diagrama del sistema Agua Fotón (Reacción Biológica Solar Fotovoltaica), en el que las aguas residuales urbanas, agropecuarias o industriales procedentes de un sistema previo de tratamiento (desbaste, desarenado, desengrasado), entran en un Tanque de Suministro, del que pasan a un Reactor Biológico donde se depuran para transformarlas en aguas para la reutilización, empleando energía luminosa.

20 En el proceso Agua Fotón (reacción biológica solar fotovoltaica) descrito en la presente invención se ha integrado una instalación solar fotovoltaica, caracterizada porque:

(a) La corriente eléctrica de alimentación al sistema: unidad de control, tanque de suministro y reactor biológico procede directamente de la instalación solar fotovoltaica.

25 (b) el procedimiento comprende el inicio del ciclo y la programación de sus fases basándose en función del valor de la irradiación solar instantánea.

30 El proceso Agua Fotón (reacción biológica solar fotovoltaica) descrito en la presente invención comparte con el proceso convencional asistido por corriente eléctrica de red la utilización de la tecnología de depuración biológica.

35 La Figura 2 muestra un diagrama del proceso convencional de depuración biológica mediante reactor de flujo continuo, asistido por energía eléctrica de red para el tratamiento de aguas residuales. Dicho proceso se caracteriza por 1.- la entrada de energía al proceso es en forma de corriente eléctrica procedente de la red. 2.- el ciclo y sus fases se realizan en dos tanques: Tanque de Aireación y Tanque de Decantación. 3.- el inicio del ciclo y sus fases están programadas basándose en una secuencia espacial, previéndose siempre una corriente eléctrica constante para todo el ciclo.

40 Este procedimiento consiste en cargar un volumen de afluente en un tanque (Tanque de Aireación) y aplicar corriente eléctrica procedente de la red a las bombas soplantes de oxígeno hasta alcanzar el valor final deseado de depuración y, o desinfección. Posteriormente, una vez finalizado el tratamiento, se aplica corriente eléctrica procedente de la red de bombas de vaciado y se procede a la descarga en un tanque (Tanque de
45 Decantación). Después de un tiempo determinado, una vez finalizado el tratamiento de decantación, aplicar corriente eléctrica procedente de la red a las bombas de vaciado y recirculación del fango y vaciar el efluente tratado y recircular los fangos.

50 La Figura 3 muestra el diagrama (según Barajas, 2002) del proceso convencional de depuración biológica mediante reactor de flujo discontinuo, asistido por energía eléctrica de red para el tratamiento de aguas residuales. Dicho proceso se caracteriza por 1.- la

entrada de energía al proceso es en forma de corriente eléctrica procedente de la red. 2.- el ciclo y sus fases se realizan en un único tanque. 3.- el inicio del ciclo y sus fases están programadas basándose en una secuencia temporal, previéndose siempre una corriente eléctrica constante para todo el ciclo.

5

Este procedimiento consiste en llenar un volumen de afluente en un tanque y durante las fases del ciclo aplicar corriente eléctrica procedente de la red a las bombas soplantes de oxígeno hasta alcanzar el valor final deseado de depuración y, o desinfección. Posteriormente, una vez finalizado el tratamiento con oxígeno, se inicia la fase de decantación, en el mismo tanque, para después aplicar una corriente eléctrica procedente de la red a las bombas de vaciado para vaciar el efluente tratado.

10

La Figura 4 muestra el diagrama del proceso Agua Fotón (reacción biológica solar fotovoltaica) descrito en la presente invención, ampliado de la Figura 1.

15

Dicho proceso se diferencia del convencional por: 1.- la entrada de energía al proceso es en forma de corriente eléctrica procedente de la instalación solar fotovoltaica. 2.- el procedimiento está realizado en dos tanques: Tanque de Suministro y Tanque Reactor Biológico. 3.- el inicio del ciclo y sus fases están programadas basándose en función del valor de la irradiación solar instantánea.

20

El inicio del ciclo con el paso del Agua para depurar del Tanque de Suministro al Tanque Reactor Biológico se realiza en función de la irradiación solar instantánea. Hay que añadir la programación de las fases del ciclo también en función del valor de la irradiación solar instantánea.

25

La Figura 5 muestra de forma esquemática una planta (1) adaptada a la puesta en práctica del proceso Agua Fotón.

30

El procedimiento que se describe en la presente invención consiste en tratar un caudal de agua, empleando energía procedente de una instalación solar fotovoltaica (3). El caudal de agua a tratar (9) llega a un Tanque de Suministro (6) en el que las aguas residuales urbanas, agropecuarias o industriales han seguido previamente un tratamiento primario de desbaste, desengrase y desarenación, de tal forma que es posible almacenar en este Tanque de Suministro el agua a tratar durante los periodos de irradiación solar insuficiente. La energía luminosa que actúa como entrada de energía al sistema, es transformada en energía eléctrica en una instalación solar fotovoltaica, mediante un set de módulos solares fotovoltaicos (3), siendo esta corriente la que se suministra directamente al Tanque de suministro y al Reactor Biológico (2). Mediante la programación del ciclo y sus fases, en la fase de reacción oxidación es posible hacer un uso más adecuado de la energía luminosa disponible, en periodos de elevada irradiación solar. Durante los periodos que corresponden a irradiación nula se llena el Tanque de Suministro, aquí empieza el tratamiento de depuración biológica, al estar almacenada el agua residual sin oxígeno, permanece en condiciones anóxicas. Al detectarse el inicio de la radiación, se pone en marcha el ciclo operativo con el llenado del Reactor Biológico (4) y se hace coincidir la fase de reacción oxidación (5) con el periodo de elevada irradiación solar. Por tanto esta instalación solar fotovoltaica está integrada con la unidad de control, con el Tanque de Suministro y con el Tanque Reactor Biológico. El Tanque de Suministro está conectado a la entrada del Tanque Reactor Biológico.

50

Para garantizar la estabilidad del sistema y evitar la no puesta en marcha del proceso con el consiguiente desborde del Tanque de Suministro o la paralización en una de las fases del ciclo por falta de irradiación solar, se dispone de cualquier otro medio de generar la energía eléctrica que precise el sistema, como pueden ser bombas de gasoil, de gas, aéreo generadores o directamente de la corriente eléctrica suministrado por la red eléctrica convencional.

La irradiación solar al ser un proceso estocástico en la medida que el sistema está determinado tanto por acciones predecibles como elementos aleatorios que pueden ser analizadas en términos de probabilidad, se ha dispuesto un sistema de control (8) en el que en función del valor de la irradiación solar instantánea se actúa sobre el inicio del ciclo y sus fases.

Se dispone un medidor de irradiación o sonda (7) que genera una señal eléctrica para la unidad de control. Esta unidad de control, así mismo, se encarga de ejecutar el control sobre el inicio del ciclo y sus fases. Cuando no existe nivel de irradiación suficiente, se detiene la operación del sistema y el Tanque de Suministro acumularía el agua residual para tratar, en condiciones anóxicas. El sistema de control, que permite el inicio del ciclo y sus diferentes fases en función del valor de la irradiación instantánea medida por el medidor o sonda de irradiación solar, gobierna un grupo de bombeo (4) de agua para verter el agua del Tanque de Suministro al Tanque Reactor Biológico, también gobierna otro grupo de bombeo (11) para sacar el agua ya tratada (10) del Tanque Reactor Biológico, también gobierna un grupo de bombas soplantes (5) que se activan en la fase de reacción oxidación en el Reactor Biológico. El grupo de bombeo y las bombas soplantes comprenden unas bombas que reciben la corriente eléctrica de una instalación solar fotovoltaica.

En caso, como hemos señalado anteriormente, de desborde del tanque de almacenamiento se dispone de cualquier otro medio de generar la energía eléctrica que precise el sistema, como pueden ser bombas de gasoil, de gas, aéreo generadores o directamente de la corriente eléctrica suministrado por la red eléctrica convencional, para que inicie el ciclo y sus fases.

Para evitar estos problemas de desborde, la instalación ha de ser diseñada y correctamente dimensionada a los cálculos de volumen de agua a tratar. Se ha de tener en cuenta en la descripción de la invención, el cálculo del volumen del Tanque de Suministro y el volumen del Reactor Biológico en función del volumen de agua a tratar, y dependiendo de este volumen se calculará la superficie y disposición de los módulos solares conectados con la unidad de control y con el Tanque de Suministro, y con el Reactor Biológico.

Por tanto se calculará el volumen del Tanque de Suministro y el volumen del Tanque del Reactor Biológico en función del volumen de agua a tratar, y dependiendo de esto se calculará la superficie y disposición de los módulos solares. La relación entre el área efectiva de la instalación solar fotovoltaica expresada en m^2 de superficie efectiva de panel de 250 Wp y el caudal de agua tratada expresada en m^3/h sigue la siguiente relación: $(Ap/Q) \geq 2,42$.

También es preciso aplicar un protocolo de limpieza de la instalación incluyendo el purgado del los lodos generados en la decantación:

- **ESPESAMIENTO:** El objeto de este proceso es incrementar la concentración de los sólidos. El espesamiento puede ser por gravedad, flotación o centrifugación.
- 5 - **ESTABILIZACION:** El objeto de este proceso es reducir la fracción biodegradable de los fangos. Los procesos básicos son el aerobio, el anaerobio y la estabilización química.
- 10 - **ACONDICIONAMIENTO:** El objeto de este proceso es mejorar las características de los fangos para facilitar su posterior deshidratación.. el proceso se realiza mediante la adición de floculantes.
- **DESHIDRATACION:** El objeto de este proceso es la eliminación del contenido de agua. Los procesos básicos son secado mecánico y secado térmico.

15 **Espesamiento**

Esta etapa del tratamiento incrementa la concentración de los lodos mediante la eliminación de parte del agua que contienen. Los métodos de espesamiento más habituales son por gravedad y por flotación, siendo este último el más apropiado para el
20 espesamiento de los lodos biológicos

Estabilización

En esta fase se reduce la fracción biodegradable presente en los lodos, para evitar su
25 putrefacción. La estabilización puede hacerse mediante:.

- Digestión aerobia o anaerobia: se elimina en torno al 40-50% de la materia orgánica presente en el lodo.
- 30 - Estabilización química, mediante la elevación del pH por adición de cal.
- Tratamiento térmico.

Acondicionamiento

35

En esta etapa, mediante la adición de productos químicos, se mejora la deshidratación de los lodos facilitando la eliminación del agua.

Deshidratación

40

En esta última fase del tratamiento se elimina parte del agua contenida en los lodos, transformándolos en sólidos fácilmente manejables y transportables. Los lodos deshidratados presentan un 20-25% de materia seca. Los métodos de deshidratación
45 mas habituales son:

45

- Centrifugación.
- Filtros banda.
- 50 - Secado térmico.

- Eras de secado

El destino final de los fangos puede ser su reutilización o su eliminación final. Las posibilidades se muestran en la siguiente tabla:

5

REUTILIZACION	
Utilización en agricultura como abono	Digestión aerobia / Digestión anaerobia
Recuperación de terrenos agotados	Digestión aerobia / Digestión anaerobia
Recuperación energía eléctrica	Incineración
Compostaje	Sin digestión

ELIMINACION	
Vertido al mar	Sin digestión
	Digestión aerobia
	Digestión anaerobia
Vertido Cauce superficial	Sin digestión
Relleno terreno	Digestión aerobia
Escombreras	Digestión anaerobia

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la depuración de aguas residuales urbanas, agropecuarias o industriales y obtener condiciones de reutilización, que consiste en la circulación del caudal de agua a tratar (Afluente) a través de un Tanque de Suministro y su posterior vertido a un Tanque Reactor Biológico. En el sistema se ha integrado una instalación solar fotovoltaica, **caracterizado** porque: (a) La corriente eléctrica de alimentación al sistema: unidad de control, Tanque de Suministro y Reactor Biológico procede directamente de la instalación solar fotovoltaica. (b) el procedimiento comprende el inicio del ciclo y la programación de sus fases basándose en función del valor de la irradiación solar instantánea.
- 10
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** por el paso del Tanque de Suministro a un Tanque Reactor Biológico siendo este paso, el inicio del ciclo en función de la irradiación solar instantánea.
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación anterior porque comprende la operación añadida, al inicio del ciclo, de la programación de las fases del ciclo en función del valor de la irradiación solar instantánea.
- 25 4. Planta (1) para la depuración de aguas residuales urbanas, agropecuarias o industriales, (Afluente) (9), y obtener condiciones de reutilización para el agua depurada, Efluente (10), que comprende una unidad de control (8), un Tanque de Suministro (6), un Tanque Reactor Biológico (2) y una instalación solar fotovoltaica (3) con un medidor o sonda de irradiación solar (7).. Esta instalación solar fotovoltaica está integrada con la unidad de control, con el Tanque de Suministro y con Tanque Rector Biológico. El Tanque de suministro está conectado a la entrada del tanque Reactor Biológico.
- 30 5. Planta (1) según la reivindicación 4, **caracterizada** porque la relación entre el área efectiva de la instalación solar fotovoltaica expresada en m² de superficie efectiva de panel de 250 Wp y el caudal de agua tratada (9) expresada en m³/h sigue la siguiente relación: $(A_p/Q) \geq 2,42$.
- 35 6. Planta según reivindicaciones 4 o 5, **caracterizada** porque el sistema de control, que permite el inicio del ciclo y sus diferentes fases en función del valor de la irradiación instantánea medida por el medidor o sonda de irradiación solar, gobierna un grupo de bombeo (4) de agua para verter el agua del Tanque de Suministro al Tanque Reactor Biológico, también gobierna otro grupo de bombeo (11) para sacar el agua ya tratada (10) del Tanque Reactor Biológico, también gobierna un grupo de bombas soplantes (5) que se activan en la fase de reacción oxidación en el Reactor Biológico.
- 40 7. Planta según reivindicación 6, **caracterizada** porque el grupo de bombeo y las bombas soplantes comprende unas bombas que reciben la corriente eléctrica de una instalación solar fotovoltaica.
- 45

FIGURA 1

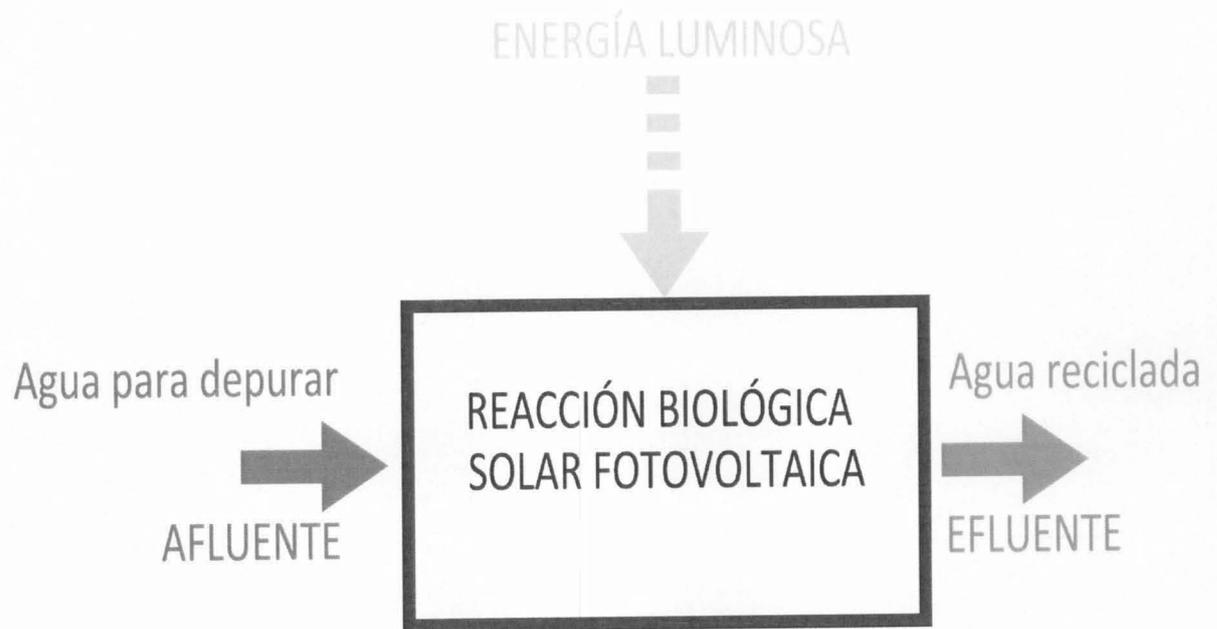


FIGURA 2

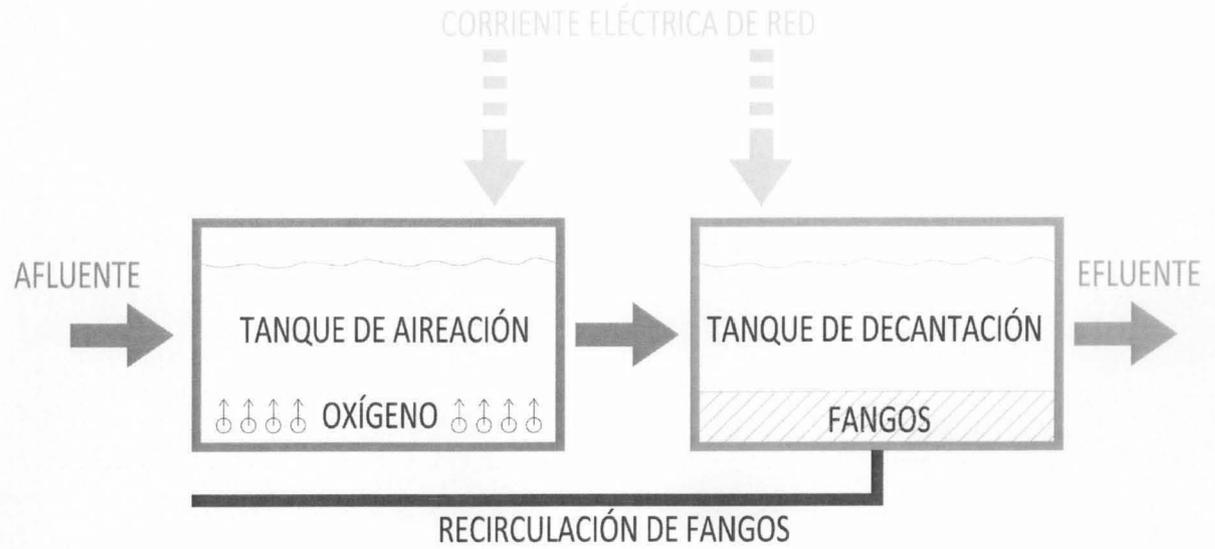


FIGURA 3

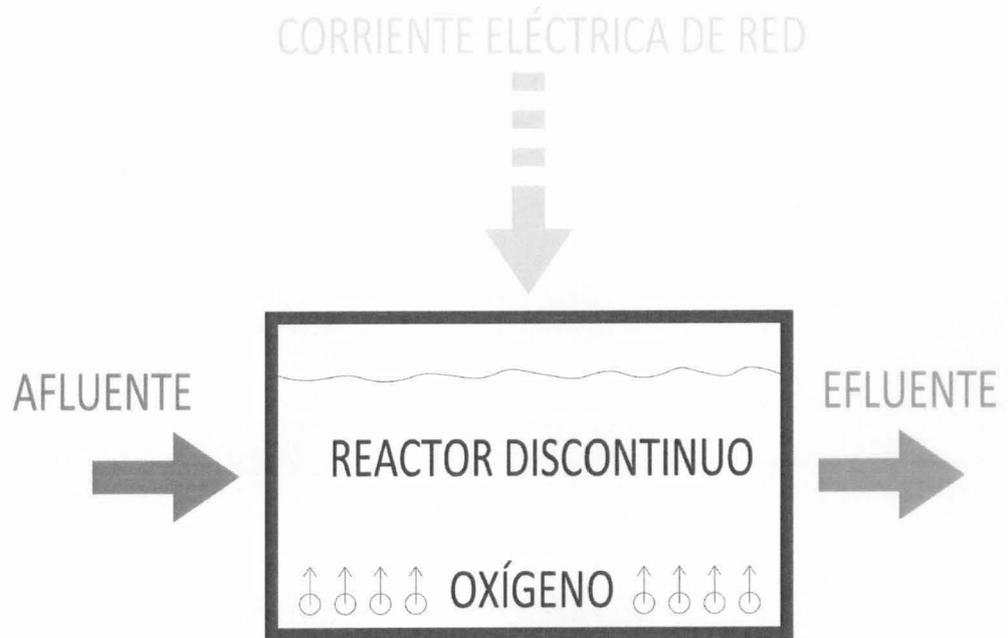


FIGURA 4

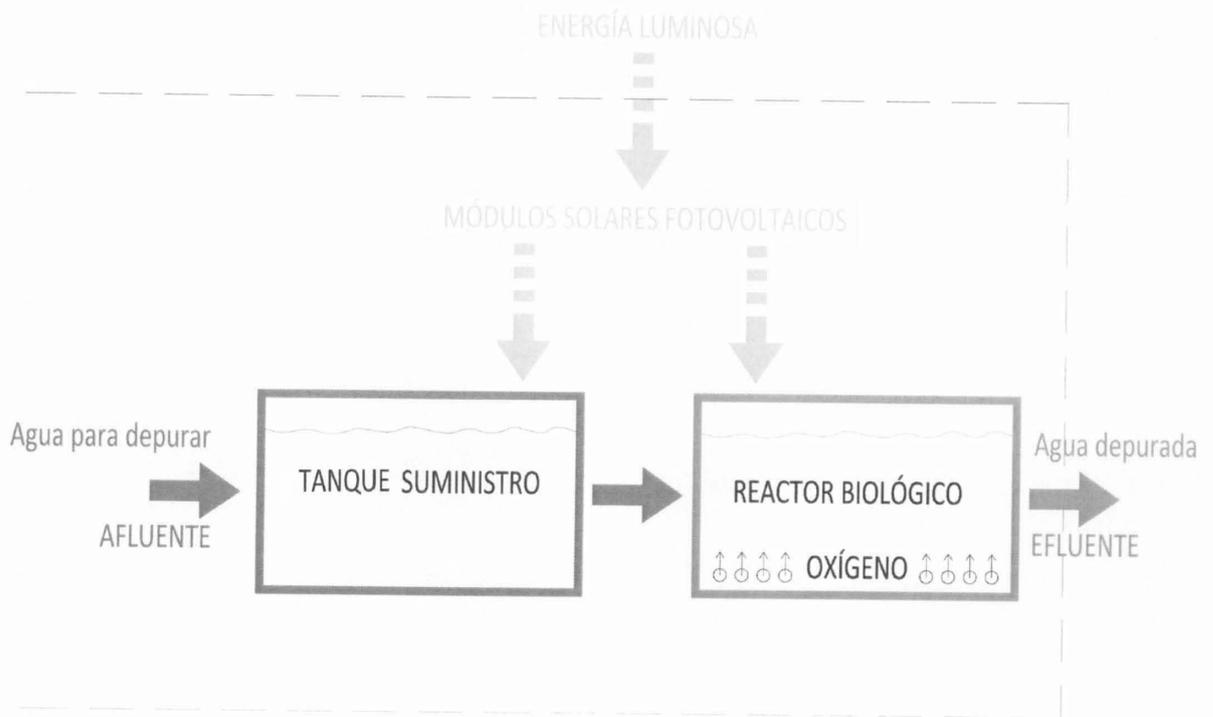
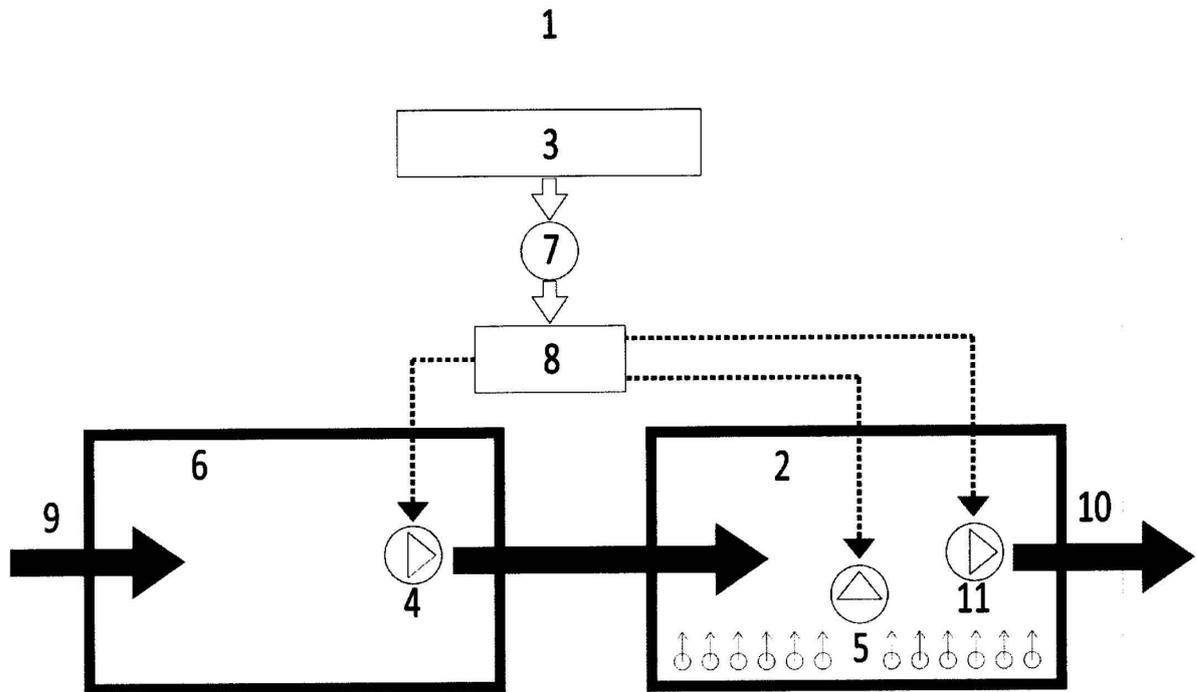


FIGURA 5



- 1.-PLANTA PROCESO AGUA-FOTÓN
- 2.-REACTOR BIOLÓGICO
- 3.-INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA
- 4.-BOMBA DE LLENADO DEL REACTOR B
- 5.-REACCIÓN OXIDACIÓN
- 6.-TANQUE DE SUMINISTRO
- 7.-SONDA DE IRRADIACIÓN DE LUZ
- 8.-SISTEMA DE CONTROL DEL CICLO
- 9.-AGUA A TRATAR
- 10.-CAUDAL TRATADO
- 11.-BOMBA DE IMPULSIÓN DE AGUA TRATADA