

DISPOSITIVO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

CAMPO DE LA INVENCION

- 5 La presente invención se relaciona con el campo técnico de la ingeniería química, en particular, con dispositivos de tratamiento biológico para optimizar la eliminación de contaminantes presentes en aguas residuales que integran tecnologías avanzadas de oxidación.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

El tratamiento biológico de aguas residuales es un proceso que utiliza microorganismos para degradar y descomponer la materia orgánica presente en el agua. El tratamiento biológico se basa en la capacidad de diversos microorganismos, principalmente bacterias, para asimilar materia orgánica y
15 nutrientes disueltos en el agua residual (*Wang, et al., 2016*). Estos microorganismos utilizan los contaminantes como fuente de energía y nutrientes para su crecimiento, lo que resulta en la reducción de la carga contaminante del agua. El proceso puede ser aeróbico (con oxígeno) o anaeróbico (sin oxígeno), dependiendo de las condiciones del reactor (*Mara, D., 2004; Metcalf & Eddy, Inc., 2003*).

20 Dependiendo de las condiciones del reactor en el que se implementa el proceso, el tratamiento biológico de aguas residuales se divide en dos tipos principales: tratamiento aeróbico y tratamiento anaeróbico. El tratamiento aeróbico utiliza organismos que necesitan oxígeno para multiplicarse y degradar la materia orgánica en dióxido de carbono y agua. Por otro lado, el tratamiento anaeróbico utiliza
25 organismos que pueden multiplicarse en ambientes sin oxígeno disuelto, degradando la materia orgánica en metano, dióxido de carbono y agua (*Moreira, et al, 2015*).

Dentro de los reactores más comunes para la implementación de tratamientos biológicos, se observan:

- 30
- Reactores de lodos activados: Utilizan un proceso aeróbico donde los microorganismos crecen en suspensión.
 - Reactores biológicos secuenciales (SBR): Operan en ciclos discontinuos, donde todas las etapas del tratamiento se realizan en un solo tanque.

- Reactores de membrana (MBR): Combinan el tratamiento biológico con la separación por membranas, permitiendo una mejor calidad del efluente.
- Reactores de lecho móvil (MBBR): Utilizan soportes donde la biomasa se adhiere, mejorando la eficiencia del tratamiento.

5 En el campo de los reactores para el tratamiento de aguas residuales a partir de la implementación de tratamientos biológicos, la luz solar o la radiación UV se emplea para estimular el proceso de fotosíntesis, lo que aumenta la producción de oxígeno y mejora la eficiencia del tratamiento. A su vez, la luz UV se emplea para inactivar microorganismos patógenos en el agua tratada, mejorando la calidad del efluente
10 antes de su liberación o reutilización.

Además de la descomposición de la materia orgánica, las tecnologías de tratamiento biológico también permiten la recuperación de energía a través de procesos como la fermentación del metano. La biomasa generada durante el tratamiento puede ser utilizada para la producción de biocombustibles o fertilizantes,
15 favoreciendo un enfoque de economía circular. Las principales ventajas del tratamiento biológico de aguas residuales incluyen:

- Eficiencia en la eliminación de materia orgánica: Es uno de los métodos más efectivos y económicos para tratar aguas residuales biodegradables.
- Sostenibilidad: Utiliza procesos naturales y puede ser integrado con
20 tecnologías de reutilización de recursos.
- Bajos costos operativos: Comparado con otros métodos de tratamiento, el biológico suele requerir menos inversión y mantenimiento.
- Flexibilidad: Puede adaptarse a diferentes tipos de aguas residuales y condiciones operativas.
- Producción de biomasa: La biomasa generada puede ser utilizada para otros
25 fines, como la producción de biocombustibles o fertilizantes.

Es así como las tecnologías de tratamiento biológico constituyen una solución integral que combina la depuración de aguas residuales con la recuperación de recursos y energía, lo que las convierte en una opción atractiva y sostenible en
30 comparación con otros métodos de tratamiento de aguas residuales (*Moreira, et al., 2015; Chu and Wong, 2004*).

El tratamiento biológico es, por lo tanto, una solución efectiva y sostenible para el manejo de aguas residuales, contribuyendo a la protección del medio ambiente y la reutilización de recursos.

En este contexto, resulta necesario proveer soluciones para mejorar la transferencia de masa y la eficiencia del tratamiento biológico, superando las limitaciones de los métodos convencionales.

En la literatura de patentes se encuentran diferentes soluciones, tales como, por ejemplo, el documento ES2376303T3 que describe un sistema avanzado de tratamiento de aguas que combina la radiación ultravioleta y oxidantes para eliminar contaminantes orgánicos y microbianos de los fluidos. A continuación se destacan algunos de sus componentes fundamentales: Radiación Ultravioleta (UV): Se utiliza una fuente de luz UV de alta intensidad para descomponer los contaminantes orgánicos en dióxido de carbono, agua y otros productos no dañinos. Oxidantes: La combinación de UV y oxidantes (como ozono o peróxido de hidrógeno) mejora la eficiencia de la oxidación. La radiación UV acelera la descomposición del ozono en radicales hidroxilos, que son poderosos oxidantes. Diseño del Contenedor: El contenedor es de un material de alta resistencia y está recubierto internamente con un material reflectante y no adherente, como el fluoropolímero, que permite una irradiación eficiente y previene la formación de biofilm.

El Documento US3761065 presenta una tecnología de tratamiento de fluidos que también implica el uso de oxidantes y radiación UV, pero con un enfoque adicional en la recirculación de gases y la reducción de emisiones: Recirculación de Gases: El sistema es de presión negativa, lo que permite la recirculación de aire y evita la liberación de gases no disueltos y bacterias al ambiente. Desinfección: Se enfatiza en la capacidad del sistema para eliminar microorganismos mediante la ruptura de sus paredes celulares con la combinación de UV y oxidantes.

El documento US5120450 revela un aparato de descontaminación de fluidos que utiliza una combinación de radiación ultravioleta y un agente oxidante en un contenedor especialmente diseñado: Material del Contenedor: Construido de aleación de alta resistencia con un revestimiento interno reflectante y transparente a la radiación UV, como el fluoropolímero. Esto maximiza la irradiación y facilita la limpieza. Fuente de Luz UV: Emplea una fuente de luz UV de alta intensidad y un haz dirigido que mejora la eficiencia del proceso de oxidación y desinfección. Ventana UV Transparente: Hecha de cuarzo y recubierta con fluoropolímero para evitar la acumulación de biofilm y simplificar el mantenimiento.

De acuerdo con el estado de la técnica citado, la presente invención aporta una solución a la problemática asociada al tratamiento de aguas residuales a partir de tratamientos biológicos, a través de la configuración e interrelación de los elementos técnicos estructurales de un dispositivo que integra una nueva configuración de elementos que logran la combinación de la homogeneización del agua, la irradiación con luz UV y la inyección de gas, garantizando un funcionamiento eficiente y sostenible en el tratamiento de aguas residuales.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION.

En un único objeto, la presente invención revela un dispositivo para la eliminación de contaminantes presentes en aguas residuales, basado en la integración de tecnologías avanzadas de oxidación que combina la homogeneización del agua, la irradiación con luz UV y la inyección de gas (oxígeno u ozono), favoreciendo la interacción entre las fases líquida y gaseosa.

El dispositivo objeto de la presente divulgación proporciona una solución integral y eficiente para el tratamiento de aguas residuales, mediante la configuración, integración e interrelación de sus elementos estructurales: conjunto de columnas de burbujeo (1) interconectadas en serie que se encuentran alojadas en un contenedor Escalonado (2) con configuración de altura constante; Un arreglo de lámparas (5) ubicadas al final de cada uno de los niveles de la configuración de escalón del contenedor (2);

Cada columna de burbujeo aloja en su interior, al menos, un disco difusor microporoso (1.1)

El dispositivo comprende también un tanque de Recepción y Homogenización de aguas residuales (3) y un tanque de Salida (4) de las aguas objeto de tratamiento.

El objeto anteriormente descrito, al igual que los objetos adicionales a que hubiere lugar, serán expuestos al detalle y con la suficiencia necesaria en el capítulo descriptivo que se divulga a continuación, el cual constituirá el fundamento del capítulo reivindicatorio.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS.

Figura 1. Muestra una vista esquemática de la configuración de la columna de burbujeo (1) y sus componentes:

Disco difusor microporoso (1.1); Tubería de conexión de ingreso de gas (1.2.); Tapa inferior de columna sujeta (1.3); Tapa superior de columna sujeta (1.4); Tubería con válvula (1.10) que permite la conexión con la siguiente columna de burbujeo y el cierre en caso de averías en la configuración escalonada.

Figura 2. Muestra una vista esquemática de la configuración de la columna de burbujeo (1) y la interrelación de los componentes: Disco difusor microporoso (1.1); Tubería de conexión de ingreso de gas (1.2.); Pieza que permite el ingreso de sensores de parámetros fisicoquímicos (1.5); Entrada en manguera roscada de gas (1.6); Trampa de gas (1.7) que permite el paso de gas y retiene el agua en la columna de burbujeo; Válvula antirretorno (1.8); Tubería en forma de T (1.9) que

permite el ingreso de gas nuevo y el residual de la columna de burbujeo anterior en la configuración escalonada;

Figura 3. Conjunto de columnas de burbujeo (1) interconectadas en serie, mediante conexión tipo tubería (1.11) que permite la conexión de gas entre las columnas (1).

- 5 Figura 4. Contenedor Escalonado (2) y sus componentes: Escalones con altura constante (2.1); Orificios de entrada al contenedor escalonado (2.2); Orificios de salida del contenedor escalonado (2.3); Orificios estructurales (2.4) que permiten la sujeción del arreglo de lámparas (5) al contenedor; Superficies internas del contenedor escalonado (2.5) fabricadas en material reflejante de la luz.
- 10 Figura 5. Muestra una vista esquemática de la configuración del tanque de Recepción y Homogeneización (3) y sus componentes: Entrada al fondo del Tanque de recepción y homogeneización (3.1); Baffles del Tanque de recepción y homogeneización (3.2); Compartimiento vacío (3.3) (sin agua a tratar) que presenta una altura superior a un nivel de escalón del contenedor escalonado.
- 15 Figura 6. Muestra una vista esquemática de la configuración del tanque de Salida de Homogeneización (4): Salida en la parte superior del tanque de homogeneización (4.1); Baffles del tanque de salida de homogeneización (4.2).

Figura 7. Muestra una modalidad de realización del Conjunto de columnas de burbujeo (1) y su ubicación al interior del contenedor escalonado (2)

- 20 Figura 8. Muestra una modalidad de realización del dispositivo con sus componentes: conjunto de columnas de burbujeo (1) ubicadas en el Contenedor Escalonado (2); el tanque de Recepción y Homogeneización (3) y el tanque de Salida de Homogeneización (4).

- 25 Figura 9. Muestra una modalidad de realización del dispositivo con una distribución particular de los componentes: conjunto de columnas de burbujeo (1) ubicadas en el Contenedor Escalonado (2); el tanque de Recepción y Homogeneización (3) y el tanque de Salida de Homogeneización (4).

- 30 Figura 10. Muestra una modalidad de realización del dispositivo con la configuración del arreglo de lámparas (5) ubicadas al final de cada uno de los niveles de la configuración de escalón.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION.

La presente invención revela un dispositivo de tratamiento de aguas residuales cuya configuración de elementos estructurales maximiza la eficiencia en el tratamiento mediante la integración de componentes de homogeneización del agua, la irradiación con luz y la inyección de gas (oxígeno u ozono) favoreciendo la interacción entre las fases líquida y gaseosa.

El dispositivo objeto de divulgación mejora la transferencia de masa y la eficiencia del tratamiento biológico. El dispositivo comprende los siguientes elementos estructurales:

Un tanque de Recepción y Homogeneización de aguas residuales (3) a través del cual se genera la entrada y mezcla del agua a tratar, permitiendo la sedimentación de sólidos. Dicho tanque de recepción (3) se encuentra conectado a un conjunto de columnas de burbujeo (1) interconectadas en serie. En la configuración del dispositivo de tratamiento, el tanque de recepción y homogeneización de aguas residuales (3) se ubica a una altura superior a la de las columnas de burbujeo (1), lo que permite generar un flujo uniforme, evitando caminos preferentes.

El tanque de Recepción y Homogeneización de aguas residuales (3) tiene una entrada al Fondo (3.1) que permite la entrada del agua a tratar; Baffles (3.2), que mejoran la mezcla y la sedimentación y un compartimento vacío (3.3) (espacio sin agua) que permite la sedimentación de sólidos.

En la modalidad preferida de realización, cada columna de burbujeo (1) es fabricada en vidrio y presenta una relación de altura/diámetro (H/D) entre 2.8 y 5.2 cm, con una altura mínima de 30 cm. Esta configuración optimiza el contacto entre la fase líquida y la fase gaseosa, mejorando la eficiencia del tratamiento del agua.

En cada columna de burbujeo (1) se encuentra alojado, al menos, un disco difusor microporoso (1.1), ubicado cerca del fondo de la columna (1).

Dicho disco difusor micro poroso permite la inyección de gas en forma de burbujas finas, favoreciendo la transferencia de masa.

Cada columna de burbujeo (1) incluye una tapa inferior (1.3) y una tapa superior (1.4). Estas tapas (1.3) y (1.4) aseguran la integridad estructural de la columna de burbujeo (1) y facilitan la conexión con otros componentes del dispositivo.

En la modalidad preferida de realización, cada columna de burbujeo (1) presenta una pieza para sensores (1.5) que permite el ingreso de sensores que monitorean parámetros fisicoquímicos del agua objeto de tratamiento.

Cada columna de burbujeo (1) presenta una Entrada de gas (1.6), preferiblemente, del tipo manguera roscada. Dicha entrada de gas (1.6) permite la entrada del gas necesario para el tratamiento del agua.

5 El dispositivo de tratamiento de aguas residuales comprende también, al menos, una trampa de gas (1.7), que permite el paso del gas mientras retiene el agua objeto de tratamiento es retenida en la columna de burbujeo (1), asegurando que el gas se mantenga en contacto con el líquido.

10 La trampa de gas (1.7) se encuentra ubicada en la parte superior de cada columna de burbujeo (1). A su vez, el dispositivo incluye, al menos, una válvula antirretorno (1.8) conectada a cada trampa de gas (1.7). La válvula antirretorno (1.8), evita el retroceso del gas, garantizando un flujo unidireccional.

15 Al encontrarse el conjunto de columnas de burbujeo (1) interconectadas en serie, el sistema de conexión del dispositivo incluye una tubería en forma de T (1.9) que permite el ingreso de gas nuevo y el residual de la respectiva columna de burbujeo (1) anterior dentro de la configuración; tubería con válvula (1.10) que facilita la conexión entre las columnas de burbujeo (1) y permite el cierre en caso de averías; tubería de conexión de gas (1.11), que permite la conexión de gas entre las columnas de burbujeo (1).

20 Las columnas de burbujeo (1) se encuentran alojadas en un contenedor Escalonado (2) con configuración de altura constante. Este contenedor escalonado (2) proporciona soporte a las columnas de burbujeo (1) y al arreglo de luces (5). Los escalones (2.1) del contenedor (2) al presentar una altura constante, permiten la disposición eficiente de los componentes del dispositivo de tratamiento, en particular, la instalación de las columnas de burbujeo (1) y del arreglo de luces (5).

25 El contenedor Escalonado (2) presenta orificios de entrada (2.2) y orificios de salida (2.3) que permiten la adecuada circulación del agua a través del dispositivo. A su vez, incluye orificios estructurales (2.4), que permiten la sujeción del arreglo de luces (5) al contenedor escalonado (2).

30 El contenedor escalonado (2) presenta, además, superficies reflectantes (2.5), recubiertas con material que potencia la irradiación de luz, especialmente de luz UV, optimizando los procesos de fotólisis involucrados en el tratamiento.

35 El dispositivo de tratamiento de aguas residuales de la invención comprende un arreglo de lámparas (5) Distribuidas estratégicamente al final de cada uno de los escalones (2.1) del contenedor escalonado (2) que contiene a las columnas de burbujeo (1).

En la modalidad preferida de realización, la distancia entre el arreglo de lámparas (5) y las columnas de burbujeo (1) no excede el 40% del diámetro de dichas columnas (1).

Las lámparas (5) pueden ser seleccionadas entre lámparas de luz solar, UVC, UVB, UVA. En la modalidad preferida de realización, el arreglo de lámparas (5) es de luz UV, lo que permite maximizar la irradiación UV en el agua objeto de tratamiento.

El dispositivo objeto de divulgación comprende también un tanque de salida de homogeneización (4), el cual, recibe el agua tratada y permite la retención de sólidos antes de la salida de dicha agua. Dicho tanque de homogeneización (4) presenta una salida superior (4.1) que facilita la conducción del efluente tratado hacia el posible proceso posterior. El tanque de homogeneización (4) presenta también baffles (4.2) cuya función en el dispositivo deriva en la mejora del proceso de sedimentación.

La configuración escalonada del contenedor (2) favorece el flujo del líquido a través de las columnas de burbujeo (1), aprovechando la caída de presión para la movilidad del fluido. El líquido ingresa por un costado lateral en la parte superior de la columna (1) y sale por la parte inferior del costado opuesto. Esta disposición optimiza el contacto entre el agua y el gas (oxígeno u ozono) inyectado por el disco difusor microporoso (1.1), mejorando la eficiencia del tratamiento.

A su vez, la configuración del dispositivo permite incrementar el tiempo de residencia del agua a tratar, favoreciendo la interacción entre el líquido y el gas, asegurando una mayor efectividad en la eliminación de contaminantes. El tiempo de residencia del agua a tratar se incrementa gracias a la configuración de contraflujo y desniveles presentes en el dispositivo, lo que favorece el flujo del líquido a través de las columnas de burbujeo (1).

Así mismo, el dispositivo objeto de divulgación se encuentra configurado para contener microorganismos que facilitan el tratamiento biológico del agua, a partir del oxígeno u ozono empleado para el burbujeo de gas. Dependiendo de la fuente de luz utilizada en el arreglo de lámparas (5), la altura de las columnas de burbujeo (1) puede ajustarse para optimizar la penetración de la luz solar.

El diseño integrado del dispositivo maximiza el contacto entre los microorganismos y la radiación, lo que potencia la acción biológica sobre el agua a tratar. La columna de burbujeo (1), junto con los tanques de recepción (3) y de salida (4) de homogeneización, están estructurados para optimizar la exposición de los microorganismos a la luz UV o solar, favoreciendo así la fotólisis y la actividad metabólica de los organismos presentes.

En este sentido, la configuración del dispositivo permite retener y minimizar las pérdidas o filtraciones de microorganismos en la corriente de salida. Este diseño asegura que la mayor cantidad posible de microorganismos permanezca en el dispositivo, maximizando su eficacia en la degradación de contaminantes y garantizando que el efluente tratado cumpla con los estándares de calidad requeridos. La implementación de mecanismos de retención en el dispositivo permite mantener la población microbiana activa y funcional, lo que se traduce en un tratamiento más eficiente y sostenible.

En las modalidades en las que se empleen lámparas (5) con fuente de luz diferente a la solar, no existe limitación en la altura de las columnas de burbujeo (1). Este diseño flexible permite aumentar el número de columnas de burbujeo (1) en función del volumen de agua a tratar, mejorando así la eficiencia del sistema.

En relación con la distribución del agua objeto de tratamiento, el efluente ingresa por una tubería que descarga en el fondo del tanque de recepción (3), evitando caminos preferentes hacia la columna de burbujeo (1). A partir del segundo nivel del contenedor escalonado (2), las lámparas (5) se distribuyen formando un patrón de cuadrilátero centrado sobre cada lámpara (5), optimizando en la modalidad preferida de realización la irradiación UV en el agua tratada y mejorando la eficiencia de los procesos de fotólisis, especialmente en condiciones de alta turbidez del agua. Las superficies reflectantes del contenedor (2) potencian los procesos de fotólisis.

La configuración de desnivel del dispositivo de tratamiento de aguas residuales favorece el flujo del líquido a través de las columnas de burbujeo (1), aprovechando la caída de presión para la movilidad del fluido. El gas ingresa al disco difusor microporoso (1.1), ubicado cerca al fondo de cada cámara de burbujeo (1), por medio de la tubería (1.2) de conexión hermética y sale por la parte superior mediante la trampa de gas (1.7) que se conecta con la válvula antirretorno (1.8), permitiendo el contraflujo del gas y el líquido. Cada columna de burbujeo (1) cuenta con una válvula que permite su desmontaje individual dentro del dispositivo, facilitando el mantenimiento y la operación flexible del tratamiento.

Aunque la presente invención ha quedado descrita con las realizaciones preferentes mostradas, queda entendido que las modificaciones y variaciones que conserven el espíritu y el alcance de esta invención se entienden dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

5

10

15 REFERENCIAS

- Wang, et al. (2016). "Contaminación de los cuerpos de aguas con contaminantes orgánicos solubles". Agencia Europa de Medio Ambiente (AEMA).
- Brillas and Martínez-huitle (2015). "Descontaminación de aguas residuales contaminadas con colorantes sintéticos". Revista de Descontaminación de Aguas.
- Kim, et al. (2017). "Descontaminación de aguas residuales mediante procesos electroquímicos". Journal of Environmental Science and Technology.
- Mara, D. (2004). Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries. Earthscan.
- Metcalf & Eddy, Inc. (2003). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Moreira, et al. (2015). "Descontaminación de aguas residuales mediante procesos fotoelectroquímicos". Journal of Photochemistry and Photobiology.
- Calvo (2013). "Producción de hidrógeno de forma electroquímica". Journal of Electrochemistry.
- Chu and Wong (2004). "Fotólisis y su aplicación en el tratamiento de aguas residuales". Journal of Environmental Science and Technology.

- da Costa Filho, et al. (2019). "Fotólisis y su aplicación en el tratamiento de aguas residuales". *Journal of Photochemistry and Photobiology*.
- Kodým, et al. (2015). "Modelado cinético de reacciones en procesos electroquímicos". *Journal of Electrochemistry*.
- 5 ▪ Abdullah, et al. (2016). "Modelado cinético de reacciones en procesos electroquímicos". *Journal of Electrochemistry*.
- Grady Jr, C. P. L., Daigger, G. T., Love, N. G., & Filipe, C. D. (2011). *Biological Wastewater Treatment* (3rd ed.). CRC Press.
- 10 ▪ Hems, et al. (2016). "Modelado cinético de reacciones en procesos electroquímicos". *Journal of Electrochemistry*.
- Henze, M., Loosdrecht, M. C. M. van, Ekama, G. A., & Brdjanovic, D. (2008). *Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design*. IWA Publishing.
- 15 ▪ Diaz and Botte (2015). "Modelado cinético de reacciones en procesos electroquímicos". *Journal of Electrochemistry*.
- Fernandes, et al. (2014). "Electrooxidación anódica con electrodos de BDD". *Journal of Electrochemistry*.
- Cañizares, et al. (2005). "Electrooxidación anódica con electrodos de BDD". *Journal of Electrochemistry*.
- 20 ▪ Kapalka, Fóti, and Comninellis (2010). "Electrooxidación anódica con electrodos de BDD". *Journal of Electrochemistry*.
- Mohan, Balasubramanian, and Basha (2007). "Electrooxidación anódica con electrodos de BDD". *Journal of Electrochemistry*.
- 25 ▪ Ganzenko, et al. (2015). "Contaminación de los cuerpos de aguas con contaminantes orgánicos solubles". Agencia Europa de Medio Ambiente (AEMA).
- Barão, et al. (2015). "Contaminación de los cuerpos de aguas con contaminantes orgánicos solubles". Agencia Europa de Medio Ambiente (AEMA).
- 30 ▪ Indermuhle, et al. (2013). "Contaminación de los cuerpos de aguas con contaminantes orgánicos solubles". Agencia Europa de Medio Ambiente (AEMA).

