



## TÍTULO DE MODELO DE UTILIDAD No. 4901

**Titular(es):** SECRETARIA DE EDUCACIÓN PÚBLICA- TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

**Domicilio:** Arcos de Belen Núm. 79 Piso 3, Colonia Centro, 06010, Delegación Cuauhtémoc, Ciudad de México, MÉXICO

**Denominación:** BIORREACTOR RAFA PARA EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE VINAZAS CON PRODUCCIÓN EFICIENTE DE BIOGÁS.

**Clasificación:** **CIP:** C02F3/30; C02F3/00; C02F9/00; C02F9/14  
**CPC:** C02F3/30; C02F3/00; C02F9/00

**Inventor(es):** ROCÍO MEZA GORDILLO; ABUMALÉ CRUZ SALOMÓN; ARNULFO ROSALES QUINTERO; LUCÍA MARÍA CRISTINA VENTURA CANSECO; JOSÉ DE JESÚS CARRASCO CERVANTES

### SOLICITUD

<b>Número:</b>	<b>Fecha de Presentación:</b>	<b>Hora:</b>
MX/u/2016/000635	19 de Diciembre de 2016	09:38

**Vigencia:** Diez años

**Fecha de Vencimiento:** 19 de diciembre de 2026

**Fecha de Expedición:** 23 de febrero de 2022

El registro de referencia se otorga con fundamento en los artículos 1º, 2º fracción V, 6º fracción III, y 59 de la Ley de la Propiedad Industrial.

De conformidad con el artículo 29 de la Ley de la Propiedad Industrial, el presente registro tiene una vigencia de diez años improrrogables, contada a partir de la fecha de presentación de la solicitud y estará sujeta al pago de la tarifa para mantener vigentes los derechos.

Quien suscribe el presente título lo hace con fundamento en lo dispuesto por los artículos 5º fracción I, 9, 10 y 119 de la Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial; artículos 1º, 3º fracción V inciso a), sub inciso iii), 4º y 12º fracciones I y III del Reglamento del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial; artículos 1º, 3º, 4º, 5º fracción V inciso a), sub inciso iii), 16 fracciones I y III y 30 del Estatuto Orgánico del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial; 1º, 3º y 5º fracción I y antepenúltimo párrafo del Acuerdo Delegatorio de Facultades del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.

El presente documento electrónico ha sido firmado mediante el uso de la firma electrónica avanzada por el servidor público competente, amparada por un certificado digital vigente a la fecha de su elaboración, y es válido de conformidad con lo dispuesto en los artículos 7 y 9 fracción I de la Ley de Firma Electrónica Avanzada y artículo 12 de su Reglamento. Su integridad y autría, se podrá comprobar en [www.gob.mx/impj](http://www.gob.mx/impj).

Asimismo, se emitió conforme lo previsto por los artículos 1º fracción III; 2º fracción VI; 37, 38 y 39 del Acuerdo por el que se establecen lineamientos en materia de Servicios Electrónicos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.

## SUBDIRECTOR DIVISIONAL DE EXAMEN DE FONDO DE PATENTES ÁREAS MECÁNICA, ELÉCTRICA Y DE DISEÑOS INDUSTRIALES Y MODELOS DE UTILIDAD

**PEDRO DAVID FRAGOSO LÓPEZ**



Cadena Original:  
PEDRO DAVID FRAGOSO LOPEZ|00001000000506606281|SERVICIO DE ADMINISTRACION  
TRIBUTARIA|1052||MX/2022/27486|MX/u/2016/000635|Título de modelos de utilidad|1220|RRGO|Pág(s)  
1|rph9tamaLA5VAOAd8V1k/pKDotk=

Sello Digital:  
dnuoZ8xBNjGXm2caskUsTO6K4oS7idBs49FxTrswKxV+7sDkzt/pFHIOjqcd4AVRVCEyZ0+ET4Dr3shuJk1KsHY541  
fWXYXTpD/6rrN8+zRTMD3oRB3qMb4TpvA8n5kFw88gzRbjf5AX1zO2WGtyKH4owNhZigdCxigpC+5WpKH7VbZu1  
xZ77GfscqKHrFPzhERYDFKnfE/Go7EwlnQNm8cmWtUUYGvhtP9zljYBnjKdbiTwpk5yd9MwNMu5lgzBBGE1UyBwH0t  
F32tU9cq1ANDhVPgTx3TZmwgYFKcyihpUV2nM/dVoXTK2OHuSbJQloVFLrlawnKQon+LnTg==



MX/2022/27486



## **BIORREACTOR RAFA PARA EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE VINAZAS CON PRODUCCIÓN EFICIENTE DE BIOGÁS**

### **CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCIÓN**

5 El presente modelo de utilidad se enmarca en el tratamiento biológico anaerobio de aguas residuales agroindustriales (vinazas), específicamente mediante la utilización de un reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA) modificado con la implementación de una segunda cama de lodos, soportados por una placa multi horadada de material sólido, mejorando el sistema de purificación de aguas residuales e incrementando la producción de biogás con mayor proporción de metano.

10

### **ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN**

En lo que concierne a la contaminación ambiental generada por las agroindustrias (efluentes líquidos) y el uso excesivo de combustibles fósiles, se ha impulsado la búsqueda de nuevas tecnologías que afronten ambas necesidades. Actualmente existen diversos sistemas de tratamiento y generación de biogás a partir de aguas residuales agroindustriales que utilizan reactores anaerobios de flujo ascendente. Dichos reactores poseen diversos diseños en su forma y funcionamiento. Generalmente sus paredes, su piso y su techo son rectos, es decir su forma geométrica es tetraédrica, por lo tanto, no promueve adecuadamente el flujo de los líquidos que se contienen y se pretenden tratar. También, el piso de los reactores existentes es plano, por lo que la sedimentación del consorcio microbiano se distribuye en todo el piso del reactor y no se concentra en un lugar, esto ocasiona que se pierda una gran cantidad de bacterias al extraer los líquidos. Estos reactores no cuentan con un sistema innovador como deflectores que promuevan el rompimiento de los 3 estados (líquido, sólido y gaseoso) del caldo orgánico y no cuentan con una segunda cama de lodos para incrementar el porcentaje de remoción de la materia orgánica y producción de biogás.

Existen diversos estudios sobre la utilización de reactores anaerobios de flujo ascendente para tratamiento de aguas residuales, contaminadas o negras provenientes de casa habitación, hoteles, comunidades, rastros, industrias, agroindustrias, etc., para evitar la creciente contaminación de los cuerpos de agua superficiales y generación de biogás y disminuir la contaminación generada por el uso indiscriminado de combustibles fósiles. Tanto es así, que se reportan, en mayor medida, invenciones y artículos científicos relacionados con la mejora y/o modificación de los reactores anaeróbicos de flujo ascendente.

30 La patente mexicana MX 306142 B, se refiere a un proceso de tratamiento biológico anaerobio de aguas residuales que se basa en el concepto RAFA, comprendiendo un sistema de alimentación de aguas residuales, un tanque reactor y un sistema de separación de las aguas tratadas y gas generado.

La patente mexicana MX 290550 B, se refiere a una diversidad de mejoras en diseño, adaptaciones y nuevos elementos a un sistema de purificación de aguas residuales que utiliza reactores de flujo ascendente anaerobios RAHFA. Al utilizar dichas mejoras de diseño del reactor RAHFA, se promueve un flujo mayor que, con la ayuda de inyectores, decantadores internos y externos más la posterior utilización de una ciénega con lirios acuáticos que cuenta con un diseño serpenteado, el proceso de purificación se

35

vuelve considerablemente más eficiente. Con esta invención se pretende proveer un sistema eficiente de purificación de aguas contaminadas o residuales que evite la constante contaminación de los mantos acuíferos.

5 La patente mexicana PA/a/1994/004619, se refiere a biorreactores del tipo RAFA, el biogás es separado de la corriente en subida del agua cloacal por medio de campanas de captación, colocadas en forma escalonada, dentro de las cuales se mantiene constante una superficie de nivel libre en donde se produce el desprendimiento del gas. En las formas conocidas de los cortes transversales de las campanas de captación, la superficie libre del nivel se reduce fuertemente con niveles de agua altos y en correspondencia el desprendimiento de gas es fuertemente impedido. De acuerdo a la invención, se usa por lo tanto un perfil  
10 rectangular con una superficie libre constante del nivel. El lado exterior de las campanas de captación puede desarrollarse como superficie deslizador del barro anaerobio en sedimentación.

La patente mexicana MX/a/2010/011550, se refiere a un reactor anaerobio de flujo ascendente que por sus características de descarga, permite acumular el biogás en la parte superior al mismo tiempo que presuriza el biogás hasta un máximo de 2.93 lb/plg<sup>2</sup> y protege al equipo contra posibles excesos de presión de biogás o el efecto del vacío sobre la integridad del equipo. El proceso biológico corresponde a equipos anaerobios  
15 tipo RAFA, pero el diseño interior de este reactor es completamente diferente a equipos que hay en el mercado abaratando la tecnología y permitiendo que sea usada en equipos de pequeño tamaño o en aplicaciones menores a las que usualmente usan esta tecnología.

La patente mexicana MX/a/2010/011551, se refiere al equipo separador de agua residual y biogás  
20 necesario para operar adecuadamente el sistema de descarga de agua del reactor anaerobio de flujo ascendente con presurización estática de biogás. Sirve para separar la mezcla de agua residual y el biogás que sale del reactor cuando la presión supera las 2.93 lb/plg<sup>2</sup> de presión en el interior del reactor.

La patente mexicana MX/a/2009/011428, se refiere a un proceso para el tratamiento de lodo constituido de  
25 sólidos orgánicos salinos o residuos orgánicos producidos en un sistema acuícola de agua de sal o salobre. El proceso incluye el uso de un reactor modificado RAFA, que opera bajo condiciones anaeróbicas, que produce metano de la digestión de los sólidos orgánicos salinos. La modificación de un reactor tradicional que incluye un substrato de empaque que proporciona la digestión de residuos salinos no conocidos previamente.

La patente mexicana PA/a/2005/004542, se refiere a un proceso de tratamiento biológico anaerobio de  
30 aguas residuales que se basa en el concepto UASB, comprendiendo un sistema de alimentación de aguas residuales, un tanque reactor y un sistema de separación de las aguas tratadas y gas generado.

La patente mexicana PA/a/1997/005785, se refiere a un proceso para el tratamiento aeróbico de efluente  
35 en un reactor del tipo RAFA, en la parte inferior del cual el efluente a ser tratado es alimentado y, al mismo tiempo, el oxígeno es alimentado en una cantidad tal que se promueve el crecimiento de microorganismos facultativos y una biomasa aeróbica. Un aparato para el tratamiento aeróbico de efluente es también descrito, el cual consiste en un reactor RAFA, distribuidores para proveer el líquido y medios de aireación

que están localizados en la parte inferior del reactor y medios para sedimentación integrada de biomasa y colección de gas que están localizados en la parte superior del reactor. El aparato puede también ser un reactor anaeróbico/aeróbico integrado.

5 La patente mexicana MX/a/2008/008724, se refiere a un proceso para la purificación anaerobia de aguas residuales usando un sistema de lecho de lodo, el proceso comprende alimentar aguas residuales y opcionalmente agua de recirculación a la parte inferior de un reactor de flujo ascendente, el mejoramiento comprende en separar los gases del líquido en el separador, en donde, antes de la separación del gas de la fase líquida, placas, tubos inclinados u otras partes internas inclinadas se instalan en el cuerpo del separador de tres fases para incrementar la superficie de asentamiento efectiva, a un reactor de flujo  
10 ascendente adecuado para este proceso así como un separador de tres fases.

La patente española, 2318986, se refiere un depurador AFADS (unidad Anaeróbica continua a flujo vertical más fitodepurador con Aireación mecánica y Destilador Solar) para tratamiento de aguas residuales orgánicas. Consiste en un invernadero con al menos una cubierta inclinada, que contiene en su interior un digestor anaeróbico de flujo vertical (tipo RAFA o similares), una serie de bandejas por las que el efluente  
15 baja a cascada, y un estanque poco profundo situado a la base en el que se harán crecer plantas con alto poder de fitodepuración. Optimiza rendimiento y producción de biogás del digestor. Depura el efluente, parte por destilación solar y parte por aireación además de fitodepuración, minimiza el riesgo ambiental impidiendo fugas de las plantas acuáticas al ambiente y produce biomasa útil.

La patente española 2154482, se refiere a una columna para la depuración biológica de las aguas residuales. la columna contiene un reactor RAFA en la parte inferior y un reactor aerobio en la superior. Los dos reactores están separados uno de otro por un tabique dotado de aberturas para permitir el paso del efluente hacia el reactor aerobio. El tabique está situado a cierta distancia sobre el sistema colector del gas con el fin de formar un espacio intermedio para el fango anaerobio que haya circulado a través del mismo. Preferentemente, se monta un aparato de flotación en el reactor aerobio con el fin de separar la  
20 biomasa del agua depurada.

La patente internacional WO/2009/102186, se refiere a un sistema para el tratamiento de aguas residuales con aireación intermitente y de bajo consumo de energía, que comprende: un cárcamo de bombeo controlado por medio de un controlador lógico programable (PLC) para realizar el control de bombeo, nivel y gasto del líquido; el líquido es bombeado hasta el dispositivo de tratamiento aeróbico, o al dispositivo  
30 RAFA el cual tienen una cámara de acumulación de biogás que puede quemarse; el sistema de quemado está controlado por el PLC, y en esa parte tiene también una unidad sedimentadora que separa los lodos anaerobios del líquido obtenido.

La patente internacional CN203923181(U), se refiere a un modelo de utilidad el cual describe un reactor RAFA con la función de producir eficientemente metano. Un tubo de escape está dispuesto en la parte superior de una pared del cilindro, un deflector en la parte superior media de la pared del cilindro, una  
35 cámara de separación gas-líquido por encima del deflector, una cámara de generación de metano por

5 debajo del deflector, un tubo de alimentación corre a través de la pared exterior de la cámara de separación gas-líquido para ser montado en la cámara de separación gas-líquido y un tubo de dosificación se colocó en la cámara de generación de metano que se comunica con la cámara de separación gas-líquido para ser montado en el deflector; un tubo de salida de metano está montado en el deflector para ser comunicada con la cámara de generación de metano y el equipo externo; una ranura de recogida de la materia fermentada es un anillo circular con forma de L provisto de una abertura en la parte superior, y está montado en la parte superior media de la cámara de generación de metano; un tubo de descarga de materia fermentada está dispuesto en la parte inferior de la ranura de recogida de la materia fermentada; una abertura de descarga de residuos está dispuesto en una posición al ras de la parte superior de la ranura de recogida de la materia fermentada de la pared del cilindro; una placa de separación de tres fases está dispuesto en el centro de la cámara de generación de metano; una abertura de descarga líquida de fermentación se forma en la parte inferior de la cámara de generación de metano y un tubo de descarga de lodos está dispuesta en la parte inferior de la cámara de generación de metano. El dispositivo se puede utilizar para separar rápidamente el gas de los materiales.

15 La patente internacional CN203922846(U), se refiere a un modelo de utilidad el cual describe un reactor RAFA con la función de intercambio de calor. Una cámara de reacción con estructura cilíndrica hueca provista de aberturas en los dos extremos; un extremo de obturación está dispuesto en la parte superior de la cámara de reacción; una cámara de recolección de aire está dispuesta en la parte superior del extremo de obturación; una cámara de metano está dispuesta en la parte superior de la cámara de recogida de aire, y está separada de una cámara de almacenamiento de gas a través de una placa de sello; la cámara de almacenamiento de gas se comunica con una bomba de alimentación de aire; un tubo de alimentación de aire está dispuesto en la parte inferior de la cámara de almacenamiento de gas y está comunicada con una entrada de aire de un tubo de intercambio de calor que está montado dentro de la cámara de reacción; un tubo de salida de metano está dispuesto en la cámara de almacenamiento de gas; la cámara de recogida de aire se comunica con la cámara de reacción a través de un material de volver tubería; un separador de tres fases primaria está dispuesta en la parte superior de la cámara de reacción; un separador de tres fases secundario está dispuesto en la parte inferior media de la cámara de reacción; una cámara de sedimentación está dispuesta en la parte inferior de la cámara de reacción; un dispositivo de alimentación de tornillo está dispuesto en la parte inferior de la cámara de sedimentación; un distribuidor de agua está dispuesto en la parte inferior de la cámara de sedimentación, este distribuidor de agua se comunica con un tubo de alimentación; la cámara de reacción está montada sobre un soporte; una abertura de descarga del líquido de fermentación está en la parte inferior de la cámara de reacción. El dispositivo se puede utilizar para ajustar automáticamente el flujo de entrada de aire de la tubería de intercambio de calor de acuerdo con el rendimiento de gas, para aumentar la cantidad de intercambio de calor de una manera dirigida.

35

## OBJETIVOS DE LA INVENCIÓN

El objetivo del presente modelo de utilidad se refiere a un reactor RAFA modificado para aumentar la eficiencia de remoción de materia orgánica de las vinazas e incrementar la composición de metano en la mezcla de biogás producido, para ser utilizado como biocombustible.

### 5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

El presente modelo de utilidad se caracteriza por realizar una mejora en el reactor anaerobio de flujo ascendente, la cual se describe a continuación.

El reactor RAFA, se modificó adicionando una placa de material sólido circular multi horadada (la cual funciona como un soporte para la segunda cama de lodos anaerobios), un deflector cónico truncado (para 10 retener los biosólidos dentro del reactor y redireccionar los fluidos) y una campana separadora de lodos granulares (SLG) ensamblada en la tapa del reactor para la recuperación del biogás.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para entender mejor la descripción del presente modelo de utilidad, ésta deberá leerse conjuntamente con las figuras que se anexan, que ilustran la invención.

15 La Figura 1 ilustra una vista bidimensional lateral del reactor RAFA en la cual se puede observar la doble cama de lecho de lodos anaerobios (dos etapas de digestión anaerobia), los cuales están siendo alimentados con vinazas por la parte inferior del reactor; se puede ver que la segunda cama de lecho de lodos está siendo soportada por una placa multi horadada.

20 La Figura 2 muestra una vista superior de la placa de material sólido multi horadada que funciona como soporte de la segunda cama de lecho de lodos, la cual cuenta con horadaciones que permiten el paso de los fluidos de forma ascendente, sin disminuir la hidrodinámica del reactor y sin encapsulamiento del biogás producido.

25 La Figura 3 ilustra la campana de separación unida a la tapa del reactor constituyendo así una pieza única que proporciona mayor seguridad y hermeticidad al sistema.

### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

30 El reactor del presente modelo de utilidad es un cilindro con el extremo superior abierto y el extremo inferior en forma cónica en cuyo vértice tiene un tubo (8) por donde fluye de manera ascendente la vinaza a tratar y en donde se coloca la primera cama de lodos anaerobios (4). A continuación, está colocada una placa de material sólido multi horadada (1) que está sostenida por cuñas fijas en la cara interna del reactor cuyo fin es el soporte de una segunda cama de lodos anaerobios (5), posteriormente está colocado un deflector 35 en forma cónica truncada (2), sostenido por cuñas colocadas en el interior del reactor, con el fin de redireccionar el biogás producido que llega al último componente que es una campana separadora de lodos granulares (SLG) (3) que está ensamblada mediante un tubo de salida (6) en la tapa (7) del techo del

reactor. Este reactor se encuentra construido en fibra de vidrio, pero podría ser construido en concreto, vidrio, metal con y sin recubrimiento anticorrosivo u otro material resistente a la corrosión del ácido sulfhídrico que se forma en la parte adherida de biopelículas sobre las paredes. El cuerpo del reactor se ilustra en forma cilíndrica, pero pueden presentar otras configuraciones geométricas y se ha diseñado con dimensiones que disminuyen la probabilidad de escape de biosólidos y se incrementa la eficiencia de la digestión anaerobia en la zona en que las partículas son más pequeñas (zona de lecho difuso), arriba del lecho de lodos más pesados (zona de lecho de flujo ascendente) que permanece cercano al fondo de forma cónica; la placa de material sólido multi horadada **(1)** (figura 1) está ubicada exactamente a la mitad de la altura del reactor, el cual lleva acabo dos funciones principales, la primera y más importante funciona como soporte para la segunda cama de lecho de lodos anaerobios los cuales al estar ubicados por encima de la primera cama de lodos **(4)**, utilizan los gases ( $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2$ ) producidos en la primera cama de lechos de lodos anaerobios, los cuales en su mayor proporción viajan de forma disuelta en las vinazas y son utilizados como sustrato para las archaeas metanogénicas hidrogenotróficas ubicadas en mayor proporción en la segunda cama de lecho de lodos anaerobios **(5)** para llevar acabo la generación de metano, el cual enriquece la concentración porcentual final en la mezcla, incrementando así la calidad del biogás producido. La segunda función de la placa sólida multi horadada **(1)** es como trampa para biosólidos del primer lecho, puesto que el biogás generado queda adherido a los biosólidos por la presencia de polisacáridos extracelulares en los flóculos, lo que los hace flotar. Con la placa sólida multi horadada disminuye la probabilidad de escape de los biosólidos, incrementado así la eficiencia de la digestión anaerobia. La placa de material sólido multi horadada **(1)**, se encuentra construida en material sólido como metal, fibra de vidrio, cristal u otro material resistente a la corrosión por el ácido sulfhídrico y cuenta con la rigidez suficiente para soportar el peso del segundo lecho de lodos. La forma de la placa multi horadada es circular ya que el reactor es de forma cilíndrica, pero pueden presentar otras configuraciones geométricas, dependiendo de la forma del reactor, puesto que su ensamblamiento se realiza con las paredes del reactor. La placa está multi horadada (Figura 2), para permitir el paso de los fluidos de forma ascendente sin disminuir la hidrodinámica del reactor o sin encapsulamiento del biogás producido, sin embargo, las horadaciones realizadas son de un diámetro menor al diámetro del inóculo utilizado para que estos puedan sostenerse y estos no obstruyan el flujo de los fluidos presentes en el reactor. Otra cualidad que presenta esta placa es la capacidad de ser removida en cualquier momento para llevar acabo la limpieza del reactor y no está ensamblada de forma permanente, lo cual permite que el reactor funcione como un reactor convencional si así se requiere o como reactor de doble lecho de cama de lodos anaerobios.

Para evitar que los biosólidos del segundo lecho se pierdan debido a que se encuentran ubicados a una altura mayor que en un reactor RAFA convencional y más cercanos a la zona de separación constituida por la campana **(3)**, se colocó un deflector cónico truncado **(2)** (figura 1), el cual realiza dos funciones muy importantes dentro del reactor RAFA, la primera sirve para poder retener a los biosólidos de la segunda cama de lodos **(5)**, puesto que éstos, por la presencia del biogás generado en el gránulo disminuye su densidad y pueden flotar, por tal razón el deflector cónico truncado **(2)** está ubicado en la parte superior de la segunda cama de lodos retiene a los biosólidos puesto que estos chocan con esta barrera y les permiten

liberar el biogás adsorbido, propiciando así su precipitación y conservación dentro del reactor. Al llevarse a cabo el impacto del biosólido con el deflector cónico truncado **(2)**, se libera el biogás el cual viaja en línea recta ascendente redirigiendo su movimiento de tal forma que quede en dirección de la campana de separación **(3)** para que pueda ser extraído del reactor mediante el efluente de la campana de separación.

5 El deflector cónico truncado **(2)** puede ser de polietileno de alta densidad, fibra de vidrio, metal, vidrio u otro material resistente a la corrosión por el ácido sulfhídrico y con una densidad suficiente para soportar la presión de empuje vertical del fluido y no moverse de su posición de diseño ya que solo está soportado por cuatro cuñas orientadas sobre los cuatro puntos cardinales respectivamente.

10 La campana de separación de lodos granulares (SLG), es otro elemento de gran importancia en la eficiencia del reactor ya que permite la recuperación total del biogás producido, ésta se encuentra ensamblada mediante un tubo de salida **(6)** a la tapa del reactor **(7)** (figura 3) para incrementar la hermeticidad del sistema y se encuentra construida en fibra de vidrio, pero podría ser construida en metal, cristal u otro material resistente a la corrosión por el ácido sulfhídrico.

15 El diseño de este reactor probó tener mejores rendimientos de remoción de carga orgánica y producción de metano, debido a la inclusión de la placa multi horadada **(1)**, el deflector cónico truncado **(2)** y la campana de separación de lodos granulares (SLG) **(3)**.

20

25

30

## **BIORREACTOR RAFA PARA EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE VINAZAS CON PRODUCCIÓN EFICIENTE DE BIOGÁS**

### **REIVINDICACIONES**

5 Una vez descrita, suficientemente la invención, se considera novedad y se reclama como de mi exclusiva propiedad, por tanto, como novedad lo expresado en las siguientes cláusulas reivindicatorias:

1. Un biorreactor RAFA para el tratamiento biológico de vinazas con producción eficiente de biogás caracterizado porque está comprendido por un cuerpo, el cual, en el extremo superior se encuentra abierto y el extremo inferior del mismo, cuenta con una forma cónica en cuyo vértice tiene un tubo por donde fluye de manera ascendente la vinaza a tratar y en donde se coloca la primera cama de lodos anaerobios. A continuación, está colocada una placa de material sólido multi horadada que está sostenida por cuñas fijas en la cara interna del reactor cuyo fin es el soporte de un segunda cama de lodos anaerobios, posteriormente está colocado un deflector en forma cónica truncada, sostenido por cuñas colocadas en el interior del reactor, con el fin de re direccionar el biogás producido que llega al último componente que es una campana separadora de lodos granulares (SLG) que está ensamblada mediante un tubo de salida en la tapa del techo del reactor; una placa de material sólido multi horadada está ubicada exactamente a la mitad de altura del reactor, el cual lleva a cabo dos funciones principales, la primera y más importante funciona como soporte para la segunda cama de lecho de lodos anaerobios los cuales al estar ubicados por encima de la primera cama de lodos, utilizan los gases ( $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2$ ) producidos en la primera cama de lechos de lodos anaerobios, los cuales en su mayor proporción viajan de forma disuelta en las vinazas y son utilizados como sustrato para las archaeas metanogénicas hidrogenotróficas ubicadas en mayor proporción en la segunda cama de lecho de lodos anaerobios para llevar acabo la generación de metano, el cual enriquece la concentración porcentual final en la mezcla, incrementando así la calidad del biogás producido. La segunda función de la placa sólida multi horadada es como trampa para biosólidos del primer lecho, puesto que el biogás generado queda adherido a los biosólidos por la presencia de polisacáridos extracelulares en los flóculos, lo que los hace flotar. Con la placa sólida multi horadada disminuye la probabilidad de escape de los biosólidos, incrementando así la eficiencia de la digestión anaerobia. La placa está multi horadada, para permitir el paso de los fluidos de forma ascendente sin disminuir la hidrodinámica del reactor o sin encapsulamiento del biogás producido, sin embargo, las horadaciones realizadas son de un diámetro menor al diámetro del inóculo utilizado para que estos puedan sostenerse y estos no obstruyen el flujo de los fluidos presentes en el reactor. Dicha placa puede ser removida en cualquier momento para llevar acabo la limpieza del reactor y no está ensamblada de forma permanente, lo cual permite que el reactor funcione como un reactor convencional si así se requiere o como reactor de doble lecho de cada de lodos anaerobios. Para evitar que los

5 biosólidos del segundo lecho se pierdan debido a que se encuentran ubicados a una altura  
mayor que en un reactor RAFA convencional y más cercanos a la zona de separación  
constituida por la campana, se colocó un deflector cónico truncado, el cual realiza dos  
funciones muy importantes dentro del reactor RAFA, la primera sirve para poder retener a los  
10 biosólidos de la segunda cama de lodos, puesto que éstos, por la presencia del biogás  
generado en el gránulo disminuye su densidad y pueden flotar, por tal razón el deflector cónico  
truncado está ubicado en la parte superior de la segunda cama de lodos que retiene a los  
biosólidos puestos que estos chocan con esta barrera y les permite liberar el biogás adsorbido,  
propiciando así su precipitación y conservación dentro del reactor. Al llevarse a cabo el impacto  
15 del biosólido con el deflector cónico truncado, se libera el biogás el cual viaja en línea recta  
ascendente redirigiendo su movimiento de tal forma que quede en dirección de la campana de  
separación para que pueda ser extraído del reactor mediante el efluente de la campana de  
separación. El deflector cónico truncado está soportado por cuatro cuñas orientadas sobre los  
cuatro puntos cardinales respectivamente. La campana de separación de lodos granulares  
20 (SLG) permite la recuperación total del biogás producido, ésta se encuentra ensamblada  
mediante un tubo de salida a la tapa del reactor para incrementar la hermeticidad del sistema.

2. Un biorreactor RAFA para el tratamiento biológico de vinazas con producción eficiente de  
25 biogás de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado porque la placa sólida multi horadada  
puede ser construida con material resistente a la corrosión por ácidos.
3. Un biorreactor RAFA para el tratamiento biológico de vinazas con producción eficiente de  
biogás de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado porque el deflector cónico truncado  
puede ser construido por materiales resistentes a la corrosión por ácidos.
4. Un biorreactor RAFA para el tratamiento biológico de vinazas con producción eficiente de  
biogás de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado porque la placa sólida multi horadada  
y el deflector cónico truncado pueden ser removibles del reactor.
5. Un biorreactor RAFA para el tratamiento biológico de vinazas con producción eficiente de  
30 biogás de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado porque la forma de la placa sólida multi  
horadada, el deflector cónico truncado y la campana de separación pueden ser de diferentes  
configuraciones geométricas.

## RESUMEN

5 La presente invención consiste en una diversidad de mejoras e implementaciones de diseño y nuevos elementos a un reactor anaerobio de flujo ascendente RAFA para el tratamiento de vinazas. Al utilizar dichas mejoras de diseño del reactor RAFA, se promueve la mayor remoción de materia orgánica, generándose mayor producción de biogás con mayor concentración de metano, esto debido a la implementación de la segunda cama de lecho de lodos anaerobios y el proceso de purificación se vuelve considerablemente más eficiente. Con esta invención se pretende proveer de un sistema eficiente para el tratamiento de vinazas que evite la constante contaminación a los cuerpos de agua superficial y disminuya la a utilización de combustibles fósiles mediante la utilización del biogás producido en el reactor.

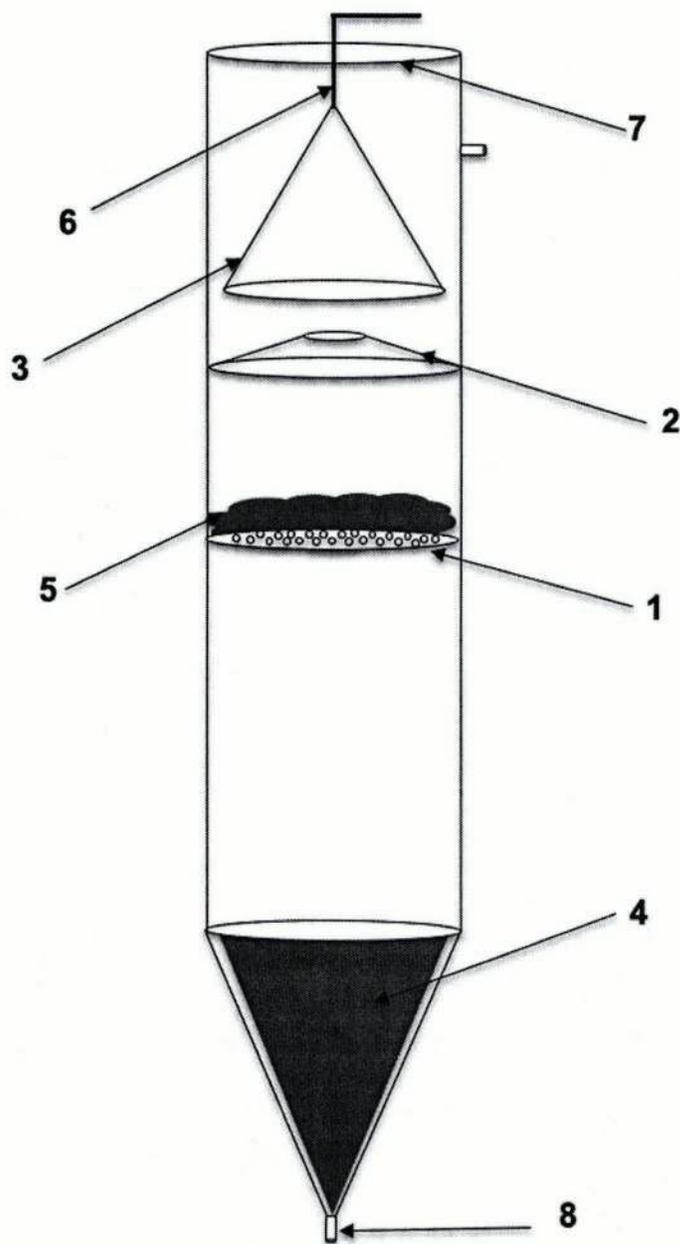


Figura 1.

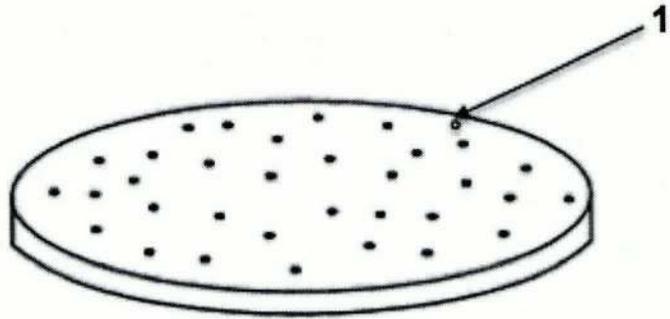


Figura 2.

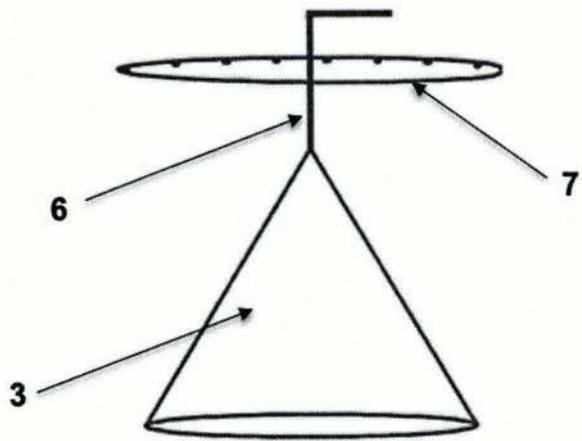


Figura 3.