



TÍTULO DE PATENTE NO. 315205

Titular(es): CENTRO DE INVESTIGACION Y ASISTENCIA EN TECNOLOGIA Y DISEÑO DEL ESTADO DE JALISCO, A.C.

Domicilio: Av. Normalistas, No. 800, Col. Colinas de la Normal, 44270, Guadalajara, Jalisco, MÉXICO

Denominación: PROCESO PARA DEGRADAR COMPUESTOS RECALCITRANTES PRESENTES EN EL AGUA

Clasificación: Int.CI.8: C02F1/78

Inventor(es): ALBERTO LOPEZ LOPEZ

SOLICITUD

Número:	Fecha de presentación:	Hora:
MX/a/2007/008801	20 de julio de 2007	10:29

PRIORIDAD

País:	Fecha:	Número:
--------------	---------------	----------------

Vigencia: Veinte años

Fecha de Vencimiento: 20 de julio de 2027

La patente 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 23 de la Ley de la Propiedad Industrial, la presente patente tiene una vigencia de veinte 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 6º fracciones III y 7º bis 2 de la Ley de la Propiedad Industrial (Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) 27/06/1991, reformada el 02/08/1994, 25/10/1996, 26/12/1997, 17/05/1999, 26/01/2004, 16/06/2005, 25/01/2006, 06/05/2009, 06/01/2010, 18/06/2010, 28/06/2010, 27/01/2010 y 09/04/2012); artículos 1º, 3º fracción V inciso a), 4º y 12º fracciones I y III del Reglamento del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 14/12/1999, reformado el 01/07/2002, 15/07/2004, 28/07/2004 y 7/09/2007); artículos 1º, 3º, 4º, 5º fracción V inciso a), 16 fracciones I y III y 30 del Estatuto Orgánico del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 27/12/1999, reformado el 10/10/2002, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007); 1º, 3º y 5º inciso a) del Acuerdo que delega facultades en los Directores Generales Adjuntos, Coordinador, Directores Divisionales, Titulares de las Oficinas Regionales, Subdirectores Divisionales, Coordinadores Departamentales y otros subalternos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (D.O.F. 15/12/1999, reformado el 04/02/2000, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007).

Fecha de expedición: 30 de octubre de 2013

LA DIRECTORA DIVISIONAL DE PATENTES

NAHANNY CANAL REYES



PROCESO PARA DEGRADAR COMPUESTOS RECALCITRANTES PRESENTES EN EL AGUA

CAMPO TÉCNICO

5 La presenta invención tiene su campo de aplicación en la ingeniería ambiental,
específicamente en el del área de tratamiento de agua. Es un proceso de
oxidación avanzada que se lleva acabo en un reactor bifásico (gas-líquido),
mediante el cual el ozono molecular (gas) es catalizado con peroxido de
hidrogeno (H_2O_2) para producir radicales hidroxilos (HO^\bullet) causantes de la
10 degradación total y acelerada de los compuestos orgánicos recalcitrantes
presentes en el agua (liquido).

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

La calidad del agua puede ser alterada por una gran variedad de contaminantes
15 orgánicos e inorgánicos cuyo origen es natural y antropogénico. La mayor parte
de estos contaminantes pueden ser removidos o degradados por una serie de
operaciones y procesos unitarios que conforman un proceso de tratamiento. Los
procesos convencionales comúnmente utilizados para remover los
contaminantes son de tipo fisicoquímicos (decantación, coagulación floculación,
20 filtración entre otros) y biológicos (Aerobios y anaerobios); sin embargo, existe
un grupo de contaminantes en el agua, denominados recalcitrantes, los cuales
no pueden ser degradados por los métodos antes citados.

Desde un punto de vista de tratamiento de aguas, se denominan compuestos
recalcitrantes o no biodegradables a aquellos compuestos que persistentes a un
25 proceso de tratamiento biológico aerobio o anaerobio, o bien su degradación es
tan lenta que no es viable el tratamiento desde un punto de vista técnico y
económico. Además los compuestos recalcitrantes se caracterizan por ser
tóxicos para la salud humana y en general a los ecosistemas con los que entran
en contacto directo. Por otro lado, estos compuestos provocan problemas
30 técnicos a nivel de tratamiento y potabilización del agua, dado que los sistemas

de tratamiento biológicos se inhiben por la toxicidad causada por este tipo de contaminantes.

Los procesos convencionales para el tratamiento de agua tanto fisicoquímico como biológico están básicamente orientados a eliminar materia orgánica biodegradable disuelta y en suspensión, no así para degradar los compuestos recalcitrantes; los cuales persisten a pesar de un tratamiento convencional. Frente a esta problemática, hoy en día se desarrollan y se investigan los llamados procesos de oxidación avanzada o AOP's por sus siglas en ingles (Advanced Oxidation Processes) los cuales resultan de acoplar dos o más agentes oxidantes como Ozono (O_3); peróxido de hidrógeno (H_2O_2); cloro (Cl_2); radiación Ultravioleta (UV); sulfato ferroso ($FeSO_4$); Catalizador metálico bivalente (Me^{++}) con la finalidad de generar radicales hidroxilos (HO°), principales causantes de la oxidación completa de compuestos recalcitrantes presentes en el agua. Sin embargo, los problemas técnicos de acoplamiento de los agentes oxidantes; así como de: dosificación precisa de reactivos, modo de agregación de los oxidantes, transferencia de fases en juego y tipo de reactor utilizado entre otros, hace que la eficiencia de degradación del compuesto recalcitrante no sea la esperada. Estas desventajas se ven reflejadas en el elevado costo de operación de estos procesos, además de hacerlos poco atractivos para su escalamiento y aplicación a grandes volúmenes de agua.

Existe el proceso por ozonización, el cual consiste en poner en contacto directo el gas ozono (O_3) con el agua que contiene los contaminantes o materia orgánica. Este proceso presenta las siguientes desventajas: la degradación de los compuestos orgánicos es parcial, los tiempos de retención hidráulica (TRH) son relativamente grandes con respecto a otros procesos donde el ozono es acoplado con otro agente oxidante. Cuando el proceso es llevado a gran escala, esta última característica se ve reflejada en elevados costos de inversión, operación y mantenimiento. Dado que el O_3 es un gas, el fenómeno de transferencia de masa juega un papel importante en este proceso, sin embargo este fenómeno es poco considerado; razón por la cual existen una serie de inconvenientes técnicos en la aplicación del proceso. Cabe señalar que este

proceso es básicamente utilizado como mucho éxito para la desinfección de agua; es decir para inactivar y eliminar los microorganismos patógenos. Sin embargo el proceso es poco aplicado para degradar compuestos recalcitrantes por las desventajas antes citadas. Nuestra invención de proceso, es el acoplamiento del de O_3 y H_2O_2 , el cual garantiza la degradación de compuestos recalcitrantes en tiempos cortos y un costo bajo.

Por otro lado, el proceso de Cl_2 acoplado a otro oxidante (O_3 , UV o H_2O_2), presenta la gran desventaja de que durante el proceso de oxidación de materia orgánica se generan subproductos químicos clorados que están considerados como precursores de cáncer y otras enfermedades crónicas degenerativas y mutagénicas. Así mismo, el Cl_2 aplicado sólo al agua presenta la misma desventaja antes citada. Desde hace muchos años el Cl_2 se ha utilizado como agente desinfectante y no como oxidante, en consecuencia cuando el Cl_2 se ha utilizado como oxidante, el consumo de éste ha sido muy elevado con eficiencias de oxidación bajas. Aún más, en los últimos años la utilización de cloro para desinfección ha sido remplazada por O_3 y/o UV, dado los riesgos a la salud antes citados. La presente invención no genera subproductos que provoquen algún riesgo de salud pública.

Bajo este mismo contexto, Baig y colaboradores (2000) presentan la solicitud de patente PA/a/2004/11655, denominada "Proceso de mineralización de contaminantes orgánicos del agua por ozonización catalítica", el cual es un proceso orientado a degradar contaminantes orgánicos recalcitrantes y no recalcitrantes. Este proceso consiste en activar el O_3 molecular con un catalizador constituido al menos de un átomo de Cobalto (Co^{++}), así durante esta activación se generan radicales HO° que realizan la degradación de los contaminantes orgánicos contenidos en las aguas. Durante este proceso la materia orgánica es mineralizada, particularmente el carbono orgánico es transformado en bióxido de carbono. Algunas desventajas de este proceso son la falta de un mecanismo de recuperación del catalizador CoO agregado y de las impurezas de este último que reduce la eficiencia del proceso. Además, persisten los elevados costos por la utilización de catalizadores de alta pureza.

Una variante de este proceso es que el catalizador a base de Co^{++} puede ser sustituido por otro a base Manganese (Mn^{++}); de Hierro (Fe^{++}); de Níquel (Ni^{++}); o de Zinc (Zn^{++}). Los inconvenientes técnicos son los mismos que los del proceso citado en este mismo párrafo.

- 5 Otro proceso de oxidación avanzada que también es utilizado en el tratamiento de aguas para degradar materia orgánica recalcitrante y no recalcitrante, es el proceso conocido como Reactivo de Fenton; el cual consiste en combinar una sal ferrosa, regularmente FeSO_4 y H_2O_2 . Este proceso ha resultado efectivo para degradar compuestos recalcitrantes tales como: alifáticos y aromáticos clorados, colorantes tipo azo y fenoles; sin embargo existen compuesto recalcitrantes que no pueden ser degradados por este proceso, tales como la acetona, el ácido acético, el ácido oxálico, las parafinas y los compuestos órganoclorados. Además, los costos de los reactivos son elevados, se generan grandes cantidades de lodos residuales. El proceso reactivo de Fenton se desarrolla a un pH=4, así mismo, la reacción de este proceso genera una presión y temperatura elevadas lo cual representa una características de alto riesgo para los fines buscados. La presente invención degrada sin selectividad alguna, todos los compuestos orgánicos recalcitrantes; además no genera lodos residuales y el proceso no es de alto riesgo.
- 10
- 15
- 20 Tal como se observa de lo anterior, en la actualidad existe una carencia de condiciones técnicas que permitan a los procesos de oxidación avanzada ser efectivos para degradar compuestos recalcitrantes y sobre todo, no existen las condiciones precisas de un proceso de oxidación avanzada en un reactor bifásico (gas-líquido) que utilice O_3 molecular (gas) catalizado con H_2O_2 para producir radicales HO° y causar la degradación completa de los compuestos orgánicos recalcitrantes presentes en el agua (líquido) en tiempos muy cortos, del orden de magnitud de minutos, además, no existen procesos que simplifiquen la implementación y aplicación a bajo costo como se propone en la presente invención.. Esta invención constituye un recurso tecnológico que en un futuro inmediato podrá ser extensible para tratar efluentes de la industria textil,
- 25
- 30

farmacéutica, papelera, petroquímica, curtiduría, minera, por citar algunos; efluentes difícilmente tratables con los procesos convencionales.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

- 5 Los detalles característicos de esta invención tecnológica **“Proceso para degradar compuestos recalcitrantes presentes en el agua”** se muestran claramente en la siguiente descripción y figuras, las cuales se mencionan a manera de ejemplo y no deben de ser consideradas como limitativas a la presente invención.
- 10 La Figura 1 es un diagrama de flujo del **proceso para degradar compuestos recalcitrantes presentes en el agua** utilizando ozono y peroxido de hidrógeno. La figura 2 es un esquema de la adaptación del reactor bifásico gas-liquido, con sus características y sus dispositivos complementarios.
- Con la finalidad de realizar el proceso de esta invención, es necesario contar con
- 15 un reactor bifásico (gas-líquido) en material de vidrio o acero inoxidable con dimensiones tales que la relación Ancho/Altura = 3 ó Diámetro/Altura = 3. El reactor debe contar con un sistema de difusión colocado en el fondo del mismo, con la característica principal de producir una burbuja de diámetro \leq 1mm. Esta característica es de suma importancia para garantizar la más alta
- 20 eficiencia de transferencia de gas (ozono) al liquido (agua con compuestos recalcitrantes), de lo contrario la eficiencia de degradación de compuestos recalcitrantes será menor o bien el consumo de reactivos (O_3 y H_2O_2) y el tiempo de tratamiento serán mayor para conseguir la misma eficiencia.
- En caso de un reactor en régimen semicontinuo, éste debe contar con una
- 25 entrada (en el fondo del reactor) y una salida (en la parte superior del reactor) para que fluya el gas ozonado, además de una salida para toma de muestras; el agua será dispuesta de manera intermitente. En caso de que el reactor trabaje en régimen continuo, éste debe contar además de una entrada y una salida del agua problema, esta última servirá también para tomar muestras de agua.

30

El reactor debe contar con un dosificador de H_2O_2 , un dispositivo pH, parámetro muy importante a controlar en el proceso.

El reactor debe tener adaptado un generador de ozono a partir de oxígeno puro (bajo el principio de descarga eléctrica) capaz de producir ozono a una concentración de 10 - 100 mg/L, así como de un analizador de ozono para determinar las concentraciones de ozono a la entrada y salida del reactor. Utilizar materiales de conducción que no reaccionen con el ozono producido, por ejemplo: acero inoxidable o teflón,

Colocar un flujómetro en línea para medir el flujo de gas ozonado producido e inyectado al reactor.

MEJOR METODO CONOCIDO PARA LLEVAR A CABO LA INVENCION

El proceso para degradar compuestos recalcitrantes presentes en el agua consta de las etapas que se describen a continuación:

Etapas

15 **Etapas 1. Preparación de reactivos**, esta primera etapa consistente en las siguientes fases:

1.1 Producir con el generador de ozono, una corriente de gas ozonado en un rango de concentración de 10 - 100 mg/L.

1.2 Preparar una solución al 30% en peso de H_2O_2 procurando que contenga la mínima cantidad de impurezas.

1.3 Determinar la concentración del compuesto orgánico recalcitrante en el agua problema que se desea tratar. Si se tratase una mezcla de compuestos orgánicos recalcitrantes, la concentración se determinará utilizando como parámetro la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

25 **Etapas 2. Establecimiento de las dosis de oxidantes**: Una vez que se ha realizado la preparación de los reactivos es necesario: Establecer las cantidades de O_3 y H_2O_2 que deberán dosificarse al reactor bifásico, las cuales se establecerán en función de la concentración de compuesto orgánico recalcitrante o en función de la concentración de DQO y se realizará de la manera siguiente:

30 2.1 En caso de tratarse de una agua que contiene sólo un compuesto recalcitrante establecer de 3-10 moles de O_3 por cada mol de compuesto

recalcitrante. Esta dosificación varía en función del grado de recalcitrancia o de biodegradabilidad del compuesto.

2.2 En caso de tratarse de una mezcla acuosa de compuestos orgánicos recalcitrantes establecer una dosis de 0.5 - 10.0 gramos de O_3 por cada gramo de DQO a remover. Al igual que el caso anterior, la dosificación varía en función del grado de recalcitrancia del compuesto.

2.3 Una vez que se ha establecido la dosis de O_3 , establecer la dosis de H_2O_2 con una relación molar del H_2O_2 será 1:2 con respecto a la dosis de Ozono señalada en el apartado 2.2 antes mencionado.

2.4 En el caso de utilizar un reactor en régimen semicontinuo; es decir; el O_3 es suministrado en continuo y agua con compuestos recalcitrantes es suministrada de manera intermitente o por lotes, se debe asegurar una cantidad inicial de H_2O_2 igual a la mitad de las necesidades de ozono requerido para el agua contaminada contenida en el reactor antes de iniciar la introducción del gas conteniendo O_3 .

2.5 Para un reactor en régimen continuo, gas y líquido en continuo, la dosificación de H_2O_2 se inicia en el momento de iniciada la reacción. Una vez arrancado el proceso en continuo se debe seguir adicionando el O_3 y el H_2O_2 en la relación señalada en el inciso c) de esta etapa.

Etapa 3. Preparación del reactor: Una vez realizadas la preparación de los reactivos y el establecimiento de las dosis de oxidantes conforme la etapa 1 y 2, se debe de preparar el reactor conforme a las fases siguientes:

3.1 Llenar el reactor con el agua problema hasta un 80-90% de la capacidad del reactor, en caso de trabajar en régimen semicontinuo; o bien hacer pasar un flujo de agua problema, de tal manera que se obtenga un TRH entre 5 y 60 minutos en caso de trabajar en régimen continuo.

3.2 Ajustar el pH del medio acuoso en un rango de 7.6 ± 0.2 a través de la programación del dispositivo de control del pH que para tal fin utiliza soluciones de hidróxido de sodio (NaOH) y ácido clorhídrico (HCl) a una concentración de 0.5 y 0.1 Normal (N) respectivamente. Sin embargo, existe la alternativa de aumentar el pH a un valor entre 9 y 10 sin utilizar la dosis de H_2O_2 indicada,

teniéndose las mismas eficiencias de remoción de los compuestos recalcitrantes que cuando se efectúa a $\text{pH}=7.6\pm 0.2$ con la dosificación respectiva de H_2O_2 .

3.3 Establecer la temperatura del medio de reacción, ésta deberá ser la temperatura del medio ambiente y será garantizable en un rango de 15 a 30 °C, fuera de este rango la eficiencia del proceso disminuye, sobre todo si la temperatura se mantiene por debajo del rango indicado. Para valores fuera del rango indicado es aconsejable utilizar un controlador de temperatura o intercambiador de calor, para cumplir esta condición.

3.4 Preparar el dispositivo de dosificación de H_2O_2 , de tal manera que garantice la dosis previamente establecida.

Etapas 4. Ejecución de la reacción: una vez que se han establecido las dosis de reactivos a suministrar (O_3 y H_2O_2) y se ha preparado el reactor con el agua problema, etapas 2 y 3 respectivamente; la reacción de degradación de los compuestos recalcitrantes se lleva a cabo cuando se pone en contacto las fases en juego, gas ozonado con el agua problema que contiene los compuestos recalcitrantes, además de la dosis correspondiente de H_2O_2 , esta operación se realiza de conformidad a las siguientes fases:

4.1 Introducir el flujo de gas ozonado por el fondo del reactor, previamente lleno de agua problema, a una velocidad de 100-400 L/h con la ayuda de la válvula V y un flujómetro colocados en línea, este valor del flujo de gas garantiza una degradación rápida del orden de minutos, pero sobre todo garantiza un mezclado homogéneo de las fases en juego (gas-Líquido).

4.2 Poner en funcionamiento, de manera inmediata, el dispositivo regulador de pH para mantener el valor de este parámetro en un rango 7.6 ± 0.2 .

4.3 Poner simultáneamente en funcionamiento el dosificador de H_2O_2 previamente programado. Es importante que el H_2O_2 sea dosificado en el seno del reactor gas-líquido de tal manera de conseguir una mezcla homogénea tan pronto como sea posible y en consecuencia la sinergia buscada entre el O_3 y H_2O_2 .

4.4 Mantener en funcionamiento el intercambiador de calor, en caso de ser necesario, para conservar la temperatura del medio de reacción en un rango de 15 a 30°C.

Etapas 5. Evaluación continua de la degradación: Una vez iniciado el proceso de degradación de compuestos recalcitrante, es necesario evaluarlo de manera continua de la manera siguiente:

5.1 Garantizar un exceso del 10% de H_2O_2 en seno del reactor con objeto de que todo el O_3 sea consumido o haya reaccionado para producir radicales HO^\bullet . En este sentido se debe llevar a cabo una determinación continua del H_2O_2 remanente con objeto de ajustar la dosificación en los términos antes señalados. Un exceso no controlado de H_2O_2 inhibirá la reacción de degradación de los compuestos recalcitrantes, con consecuencias adversas a las buscadas. Una alternativa para verificar la presencia del H_2O_2 en el seno del líquido, es determinando la concentración de O_3 en el líquido es cero, lo cual confirma lo dicho en el párrafo anterior. La determinación de O_3 en el líquido puede realizarse directamente por espectrofotometría a una longitud de onda (λ) igual 254 nanómetros (nm).

5.2 Verificar la concentración de compuestos recalcitrantes, tomando muestras a la salida del reactor a diferentes tiempos de reacción, y analizándolas tan pronto como sea posible.

5.3 Verificar el tiempo de reacción para degradar los compuestos recalcitrantes, el cual será igual al tiempo necesario para degradar por lo menos el 90% de la concentración de compuesto(s) orgánico(o) recalcitrante(s) y será del orden de minutos.

El **proceso para degradar compuestos recalcitrantes presentes en el agua**, es más claramente ilustrada por medio de los ejemplos específicos que a continuación se describen, los cuales se presentan con propósitos meramente ilustrativos, pero no limitativos de los mismos, siendo dichos ejemplos los siguientes:

Ejemplo 1

En un reactor gas-liquido de 8.5 Litros, operando en régimen semicontinuo y a una temperatura de $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ y un $\text{pH}=7.5$, se puso en contacto agua con colorante tipo azoico (Orange II) a una concentración $1 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ y un flujo gaseoso de 200 L/h de O_3 a una concentración de 12 mg/L, además de una dosis de H_2O_2 1:2 con respecto a dosis de ozono. Después de 7 minutos de tratamiento, se logró oxidar más del 95% del colorante, se determinó un consumo de 5 moles de ozono por cada mol de colorante.

Ejemplo 2

En un reactor de 8.5 0 L de capacidad y operando en regimen semicontinuo se puso una agua conteniendo 100 mg/l de un plaguicida llamada atrazina con una corriente de gas con concentración de O_3 de 12 mg/L y una dosis de un mol de H_2O_2 por cada dos moles de ozono. La condiciones de de operación fueron un $\text{pH}=7.5$ y una temperatura ambiente de 18°C . Aproximada 90% de la atrazina fue degradada en 60 minutos de reacción. Resultado similares fueron obtenidos cuando el proceso se desarrolla a $\text{pH}=10$ sin haber dosis alguna de H_2O_2 .

Este proceso de oxidación fue también probado con agua residual procedente de una empresa papelera. Las características del agua antes del tratamiento era: $\text{pH}=7.4$, $T=22^{\circ}\text{C}$, $\text{DQO}=610 \text{ mg/L}$, $\text{DBO}=160 \text{ mg/L}$, el agua se caracterizaba por el intenso color, y la presencia de compuestos aromático, clorados y sulfurado muchos de estos recalcitrantes. Se utilizo un reactor de 8.5 L en régimen continuo, tiempos de tratamiento o de retención hidráulica igual a 50 minutos; se dosifico una relación de un mol de H_2O_2 por dos moles O_3 ; la velocidad de gas con O_3 fue de 200L/h a una concentración de 48 mg O_3/L . La eficiencias del tratamiento muestran una reducción de la DQO del 90% sin embargo para la DBO fue solo del 60%; los valores de pH y temperatura se mantuvieron constantes. Se determino que 1.1 gramo de O_3 es consumido por cada gramo de DQO removida.

REFERENCIAS

Baig, S., Legay C., Molinier J., ESCUDE S., Lúchese Y. and Dartiguenave M.,

2000. Pceso de mineralización de contaminantes orgánicos del agua por
ozonización catalítica, MX 213156, PA/a/2000/011655, C02F1/78.
- López-López A., Pic J.-S., Benbelkacem H. and Dellefontaine H., 2007.
5 Ozonation of azo dye in a semi-batch reactor: A determination of the molecular
and radical contributions, Chemosphere, 66, 2120-2126.
- Masschelein W.J., 1991. Ozone et Ozonation des Eaux, Lavoisier-Tec & Doc,
Paris.
- Rivas F.J., Beltran F.J., Carbajo M., Gimeno O. (2003), Homogeneous Catalyzed
10 Ozone Decomposistion in the Presence of Co (II), Ozone Science & Engineering,
25, 261-271.
- Roustan M. (2003), Transfert gaz-liquide dans les procédés de traitement des
eaux et des effluents gazeux. Lavoisier Tec & Doc, Paris.
- Son E.T., 2004. Treatment method of wastewater containing recalcitrant
15 compounds and apparatus therefor, KR20040084586, C02F9/04.

20

25

30

NOVEDAD DE LA INVENCION

REIVINDICACIONES

1.- Un proceso para degradar compuestos recalcitrantes acuosos para una especie única y/o para una mezcla de ellos, que comprende las etapas siguientes:

1) Preparación de reactivos: Se agrega una dosis de 3-10 moles de ozono por cada mol de compuesto recalcitrante para una especie única o una dosis de 0.5 a 10.0 gramos de ozono por cada gramo de Demanda Química de Oxígeno cuando se trate de una mezcla de compuestos recalcitrantes;

2) establecer la dosis de oxidantes: Una vez establecida la cantidad de ozono a agregar, se establece la cantidad de H_2O_2 a agregar, la cual es en una relación molar O_3/H_2O_2 igual a 2:1;

3) preparación del reactor: se agrega agua que contiene la especie única de compuestos recalcitrantes o sus mezclas hasta el 85% del volumen total del reactor bifásico (gas-líquido), que esta hecho en material de vidrio o acero inoxidable con dimensiones tales que se tenga una relación Ancho/Altura = 3 ó Diámetro/Altura = 3 con un sistema de difusión en el fondo por el que se introduce un flujo de gas ozonado para producir burbujas con un diámetro $\leq 1\text{mm}$;

4) realizar la reacción: manteniendo el medio acuoso de la etapa 3) con un pH en un valor de 7.6 ± 0.2 y a una temperatura de entre 15 y 30°C ; se aplica el flujo de gas ozonado en el fondo del reactor a una velocidad de

100 a 400 L/h de manera simultánea con la dosificación proporcional calculada de peróxido de hidrógeno en la etapa 2) y;

5) evaluar la degradación: agregando peróxido de hidrógeno con un exceso de 10%, sobre la cantidad inicialmente calculada en el seno del reactor, durante el tiempo de reacción; el exceso de peróxido de hidrógeno se obtiene como residual de la reacción; obteniendo una eficiencia del proceso de degradación de compuestos recalcitrantes o mezclas de ellos de al menos el 90%.

2.- El proceso de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado además porque el ozono es producido a partir de oxígeno puro utilizando un generador de ozono por descarga eléctrica a una concentración de 10-100 mg/L.

3.- El proceso de conformidad con la reivindicación 1 y 2, caracterizado además porque el reactor opera en régimen semicontinuo.

4.- El proceso de conformidad con la reivindicación 1 y 2, caracterizado además porque el reactor opera en régimen continuo.

RESUMEN DE LA INVENCION

Esta invención se encuentra en el campo de la ingeniería ambiental, específicamente el área de tratamiento de agua contaminada con compuestos recalcitrantes. Se trata de un proceso de oxidación avanzada que se desarrolla

5 en un reactor bifásico (gas-líquido) con sistema de difusión que garantiza un valor coeficiente de transferencia gas-líquido, mediante el cual el ozono molecular (gas) es catalizado con peróxido de hidrógeno (H_2O_2) para producir radicales hidroxilos (HO°), estos últimos causan la degradación total y acelerada de los compuestos orgánicos recalcitrantes presentes en el agua (líquido). El

10 proceso de oxidación se desarrolla en un reactor en régimen semicontinuo o continuo y un $pH = 7.6 \pm 0.2$ dentro de un rango de temperatura de 15 a $30^\circ C$. La dosis de reactivos son 3-10 moles de ozono para degradar un mol de compuesto recalcitrante y de 0.5 a 1.0 gramos de ozono para eliminar 1.0 gramo de la Demanda Química de Oxígeno de un agua que contiene una mezcla de

15 compuestos recalcitrantes. El tiempo de oxidación o tratamiento es corto para lograr eficiencias de degradación de los compuestos recalcitrantes mayores del 90%, comparado con otros procesos de tratamiento de oxidación avanzada.