

DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES

SOLICITUD DE PATENTE - NACIONAL

1	Tipo de solicitud	☒ Patente de invención	☐ Patente de modelo de utilidad
2	Título de la invención__		3 CIP Clasificación Internacional de Patentes
PROCEDIMIENTO PARA DEPURAR LIXIVIADOS DE VERTEDEROS E INSTALACIONES DE PROCESO DE RESIDUOS ORGÁNICOS USANDO LA SINERGIA DE LOS FENÓMENOS HOFMEISTER Y EL USO DE LOS SUBPRODUCTOS EN APLICACIONES AGROINDUSTRIALES Y OTROS USOS		Nombre	Código
4	Datos del Solicitante / Titular		
Nombre:	JOSE ALBERTO ESTRADA	Dirección Electrónica:	josealberto.estrada@gmail.com
Dirección:	CARRERA 1 NO 6-80 INTERIOR 8 APARTAMENTO 301	Domicilio/País de constitución:	COLOMBIA - CUNDINAMARCA - MADRID
Identificación: ☒ CEDULA DE CIUDADANIA ☐ EMPRESA EXTRANJERA ☐ PASAPORTE ☐ CEDULA DE EXTRANJERIA ☐ NIT Número: 80037369-			
5	Solicitantes		

Apellidos - Nombres o Razón Social		Tipo	Identificación
1.	ESTRADA JOSE ALBERTO	CC	80037369
6	Datos del Inventor		
Nombre:		JOSE ALBERTO ESTRADA	Dirección Electrónica: josealberto.estrada@gmail.com
Dirección:		CARRERA 1 NO 6- 80 INTERIOR 8 APARTAMENTO 301	Domicilio/País de constitución: COLOMBIA - CUNDINAMARCA - MADRID
Identificación:			
☒ CEDULA DE CIUDADANIA		☐ CEDULA DE EXTRANJERIA	
☐ EMPRESA EXTRANJERA		☐ NIT	
☐ PASAPORTE			
Número:		80037369-	
7	Inventor(es)		
Apellidos - Nombres		Domicilio	
1.	ESTRADA JOSE ALBERTO	COLOMBIA	
8	Datos Inventor(es)		
País de Residencia		Departamento/Estado	Ciudad
Dirección			
1.	COLOMBIA	CUNDINAMARCA	MADRID
CARRERA 1 NO 6-80 INTERIOR 8 APARTAMENTO 301			
9	Declaraciones de prioridad		☐ SI ☒ NO
(33) País de origen		Codigo del país	(31) No. Solicitud
(32) Fecha			
1			
2			
3			
10	Declaración sobre uso de recursos genéticos o biológicos		

Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de recursos genéticos o biológicos de los que cualquiera de los países miembros de la Comunidad Andina es país de origen.

☐ SI ☒ NO

Nota: En caso afirmativo deberá anexar copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, o certificado o numero de registro, expedido por la Autoridad competente.

11 Declaración sobre uso de conocimientos tradicionales

Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de conocimientos tradicionales de comunidades indígenas, afroamericanas o locales de países miembros de la Comunidad Andina.

☐ SI ☒ NO

Nota: En caso afirmativo deberá anexar la licencia o autorización de uso de conocimiento tradicional, o certificado o numero de registro.

12 Para publicar a partir de la fecha de publicación o de la prioridad invocada

Si es Patente de Invención

☐ 6 Meses ☐ 12 Meses ☐

18 Meses

☒ Otro Cual: 0 Meses

Si es Patente de Modelo de Utilidad

☐ 6 Meses ☐ 12 Meses

☐ Otro Cual:

13 Reivindicaciones

Número reivindicaciones:

9

Pago Reivindicaciones:

Si

14 Reducción de tasas.

Declaro que carezco de medios económicos para presentar la solicitud de patente.

☐ SI ☒ NO

Nota: En caso de ser persona natural y carecer de medios económicos, y por lo tanto, aplique la reducción de tasas a que se refiere la resolución vigente en tarifas, debe firmar la presente solicitud bajo la gravedad de juramento.

☐ Micro, pequeñas y medianas empresas

☐ Universidades públicas o privadas

☐ Entidades sin ánimo de lucro

Debe aportar los documentos que se indican en el numeral 17 de anexos

15 Documentos Anexos

☒ Reivindicaciones

☒ Descripción

☒ Dibujos y/o Figuras

☒ Resumen

☐ Certificado Deposito Materia Biologico

☐ Uso de Conocimiento tradicional

☐ Listado de secuencias

☐ Artes finales 12 x 12 cm

☐ Poderes, si fuere el caso

☐ Documento que legalmente pruebe la Cesión del inventor al solicitante o a su causante

☐ Otros anexos



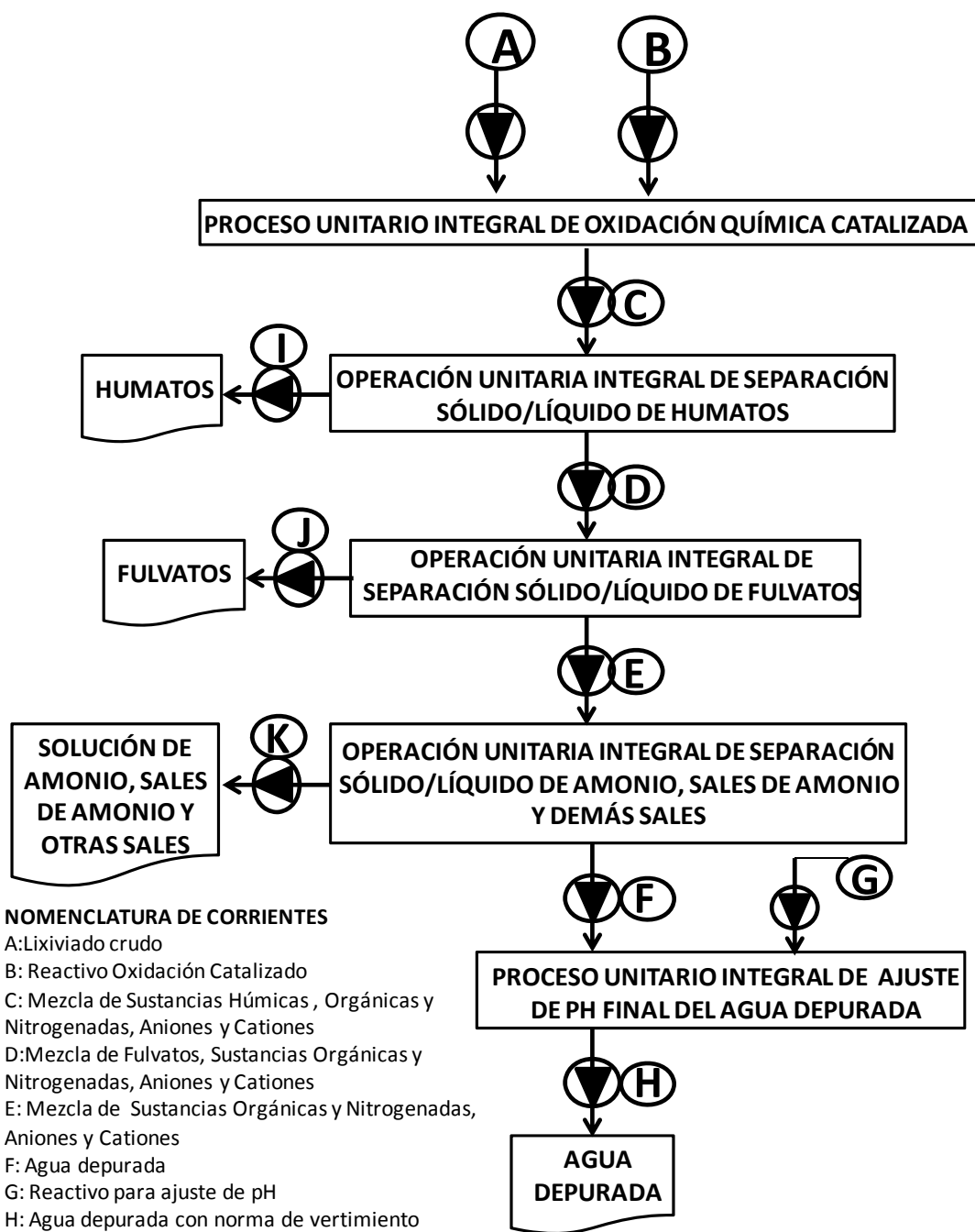
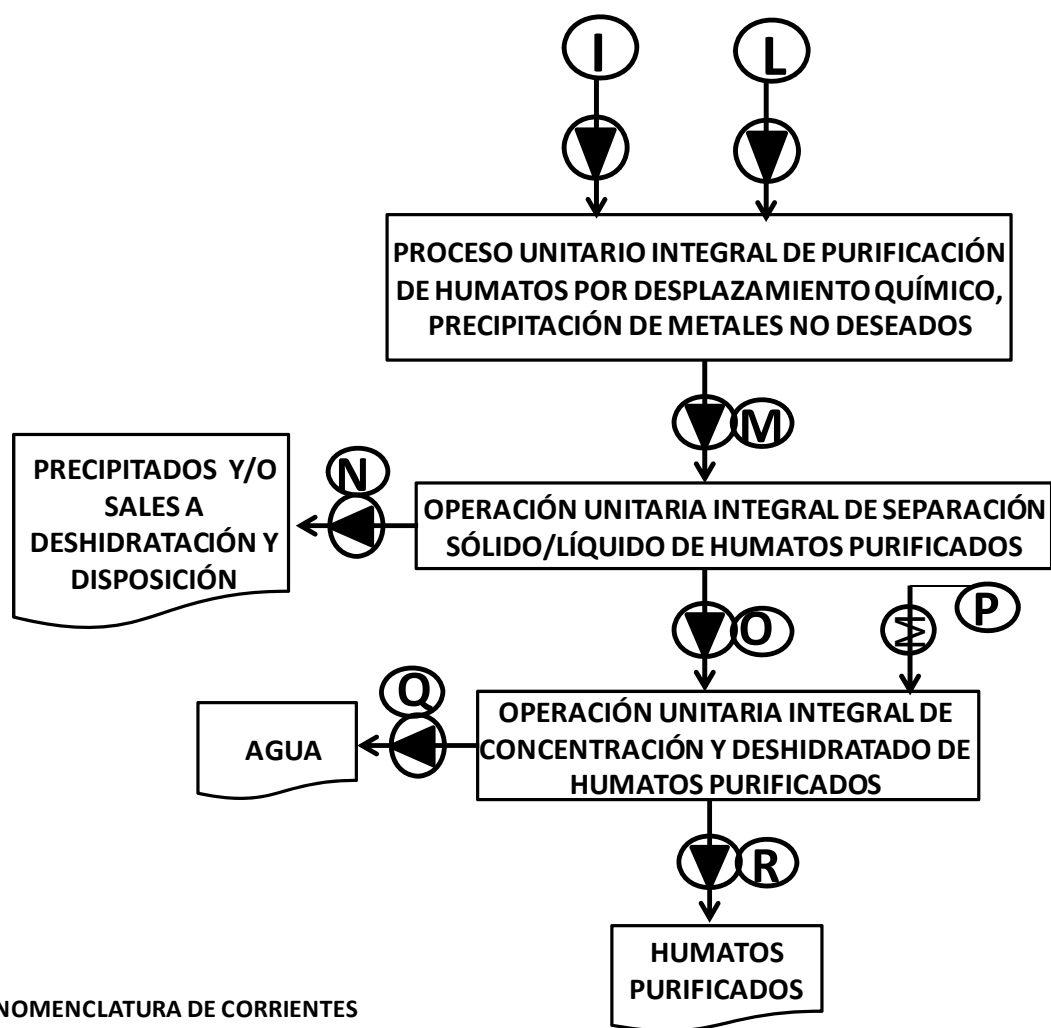


FIGURA 1



NOMENCLATURA DE CORRIENTES

I: Corriente de Humatos

L: Reactivos para desplazamiento y precipitación metálica

M: Mezcla de Humatos purificados y otras sustancias

N: Mezcla de sales y precipitados

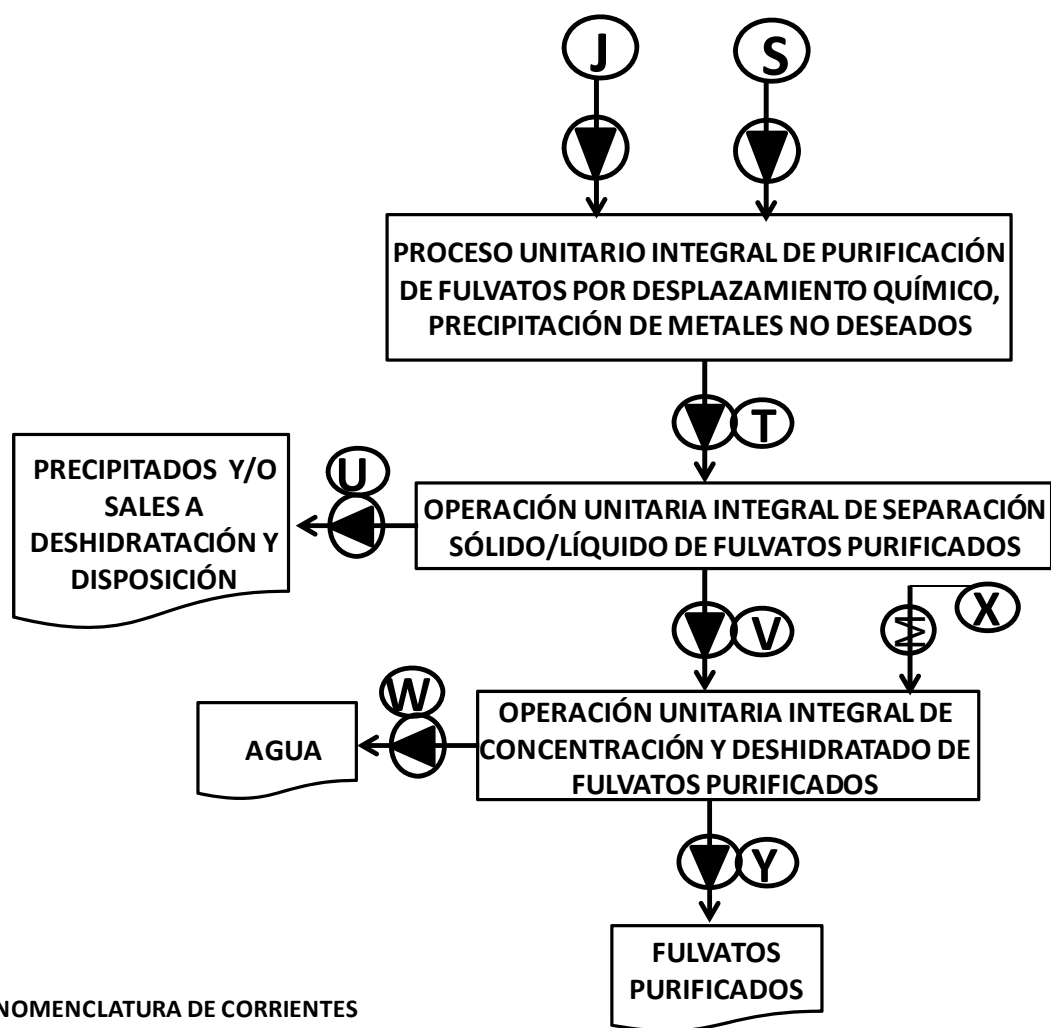
O: Mezcla de Humatos purificados

P: Aire caliente y/o Radiación solar

Q: Vapor de agua y/o aire caliente saturado

R: Humatos purificados concentrados

FIGURA 2



NOMENCLATURA DE CORRIENTES

J: Corriente de Fulvatos

S: Reactivos para desplazamiento y precipitación metálica

T: Mezcla de Fulvatos purificados y otras sustancias

U: Mezcla de sales y precipitados

V: Mezcla de Fulvatos purificados

W: Vapor de agua y/o aire caliente saturado

X: Aire caliente y/o Radiación solar

Y: Fulvatos purificados concentrados

FIGURA 3

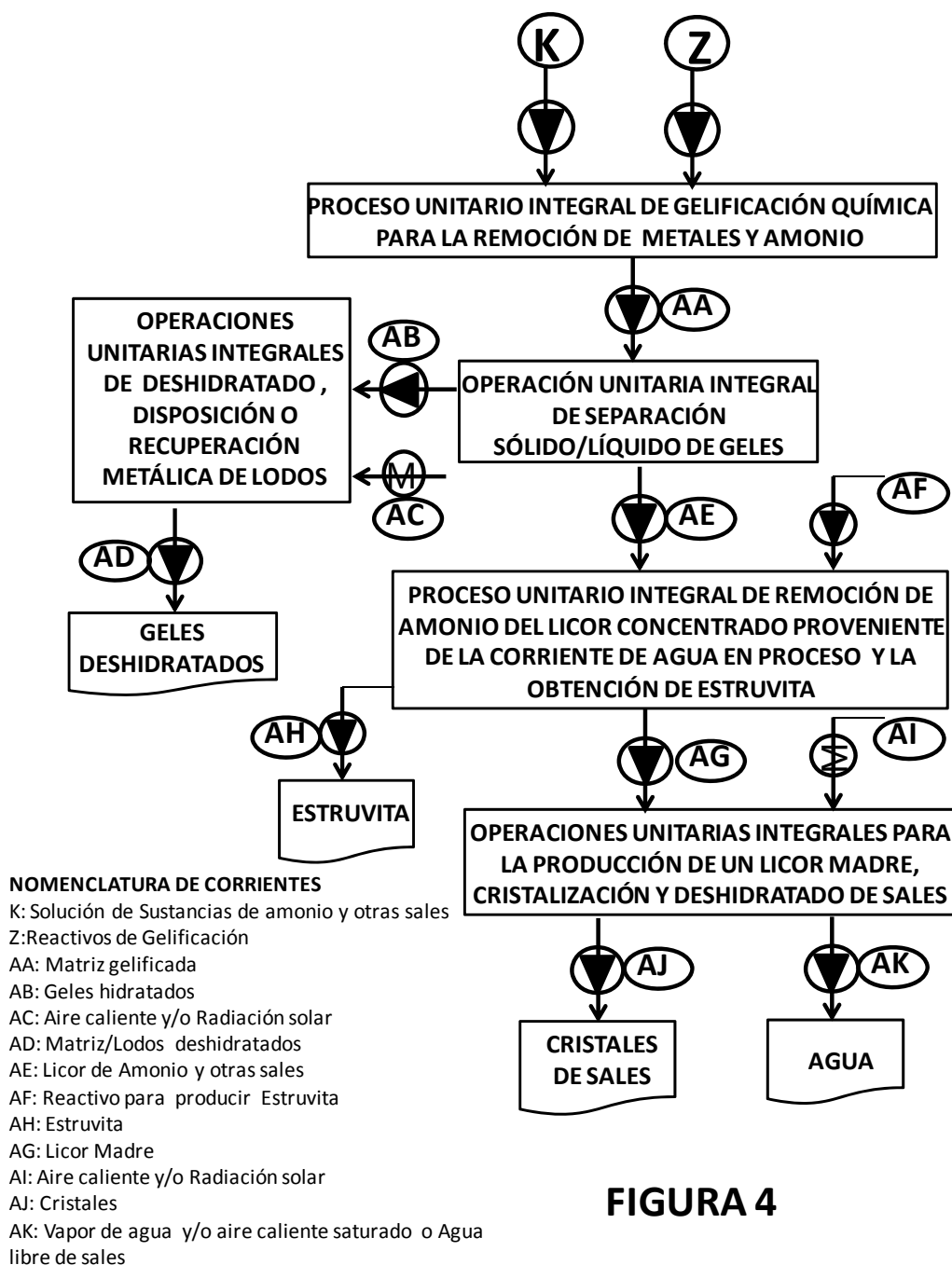


FIGURA 4

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para depurar lixiviados de vertederos e instalaciones de proceso de residuos orgánicos usando la sinergia de los fenómenos Hofmeister y el uso de los subproductos en aplicaciones agroindustriales y otros usos.

5 Ámbito técnico

La invención encuentra aplicación tanto en la protección del medio ambiente como en la mejora de la productividad de explotaciones agroindustriales, la recuperación de suelos, sectores industriales, veterinaria, medicina y donde se requieran humatos y fulvatos o sus ácidos. Más particularmente en la depuración de lixiviados procedentes de vertederos e instalaciones de proceso de residuos orgánicos como Plantas de procesamiento de residuos sólidos urbanos, Plantas de compostaje, biometanización de residuos orgánicos o aguas que contengan alta concentración de materia orgánica refractaria y nitrogenada; y el uso de los subproductos resultantes de la invención como aditivos y/o bases de mezclas fertilizantes y/u otro tipo de aplicaciones que involucren humatos/fulvatos o sus ácidos, y/o sales de amonio.

15 Técnica anterior

En la literatura técnica se conocen procedimientos para el tratamiento de lixiviados de vertederos. En estos procedimientos se aplican técnicas comunes para la depuración de aguas residuales domésticas o industriales tales como: i) Técnicas biológicas, ii) Técnicas físicas y/o químicas, y iii) combinación de las técnicas i) y ii). Así, los documentos WO0177027A1, 5342482, 5238580 y 5934207 reclaman métodos y aparatos para evaporar lixiviados de rellenos sanitarios y principalmente para la remoción de amoníaco y compuestos orgánicos volátiles. El documento US2013/03313195A1 reclama un método para remover contaminantes de lixiviados mediante el uso de membranas de Ósmosis Inversa y/o Nanofiltración.

Por otra parte, los documentos 4678582 y 4995969 reclama un sistema para el tratamiento de lixiviados mediante filtros biológicos y plantas tolerantes al lixiviado. Así mismo el documento 7517456B2 reclama un método para tratar lixiviados que comprende: a) la coagulación y sedimentación del lixiviado, b) la filtración multietapa del sobrenadante mediante una batería de filtros tipo cartucho, c) la filtración del líquido filtrado mediante Ósmosis Inversa y d) el tratamiento del líquido resultante con un oxidante basado en cloro. Reclama que el proceso es eficiente en el tratamiento del agua residual, con equipos compactos, bajos costos de arranque y operativos.

Los documentos WO2011158195A1 y US20130153509A1 indican un proceso para la reducción de DQO, COT y sólidos totales de un medio líquido contaminado en cinco etapas que incluye electrodisolución, floculación y oxidación, y reivindica que los lodos obtenidos pueden ser empleados en la fabricación de combustibles, como también que la parte inorgánica y orgánica de los lodos obtenidos se pueden emplear para la fabricación de agrofertilizantes. También, el documento ES-2261048A1 reivindica un método y un reactor de fermentación para lixiviados de rellenos sanitarios y plantas de procesamiento de sólidos urbanos y la utilización del líquido resultante como abono para plantas.

Otros documentos como el WO1999037587A1 reivindica un método para depurar lixiviados que usa múltiples etapas de almacenamiento y tratamiento químico y biológico anaerobio y aerobio incluyendo humedales. También el WO2003000600A1 reivindica un sistema de depuración de aguas residuales procedentes de basureros (lixiviados) mediante alcalinización y ozonización que consta de ocho etapas sucesivas que incluye coagulación-floculación, alcalinización con hidróxido sódico, inyección de aire a presión y filtración en paralelo, filtración en lecho de arena, nylon y carbón activo, ozonización, filtrado en lecho de arena, nylon, diatomeas y carbón activo, y osmosis inversa. De otra parte el WO2008041051A2 reivindica un proceso para purificar aguas servidas en tres etapas que incluyen flotación por aire disuelto, hiperoxidación con ácido hipocloroso y metales activados de hierro y aluminio; y filtración especializada con membranas a presiones menores de 200 psig y tamaños de poros entre 100 y 8 angstroms.

Divulgación de la Invención

Problema Técnico

Los lixiviados de vertederos municipales, resultan de la percolación del agua a través de una matriz sólida (extracción líquido/sólido). Dentro de los constituyentes principales de los lixiviados se encuentran: i) Compuestos orgánicos, ii) Compuestos nitrogenados, iii) Aniones y Cationes, iv) Sustancias de interés sanitario como metales pesados, virus y bacterias; que establecen una condición termodinámicamente estable del medio acuoso. Las sustancias húmicas son parte importante de los compuestos orgánicos de los lixiviados, son sustancias muy resistentes al ataque microbiano pero son reactivas y tienen un alto contenido de grupos funcionales oxigenados que las hacen interesantes para muchas aplicaciones. Así, los lixiviados de vertederos son considerados aguas residuales fuertemente cargadas y tóxicas incapaces de ser vertidas a cauces públicos e imposibles de ser reutilizados directamente de alguna forma.

Solución Técnica

Sobre la base del estado del arte previamente descrito, el objeto de esta invención es implementar un novedoso procedimiento para la depuración de lixiviados de vertederos e instalaciones de proceso de residuos orgánicos que use de forma eficaz, efectiva, eficiente y económica la sinergia de los fenómenos Hofmeister aprovechando la fuerza iónica de las especies de la serie Hofmeister presentes en los lixiviados, el potencial de oxidación y de desinfección de los reactivos utilizados para obtener subproductos tales como: i) agua depurada, ii) humatos y fulvatos de amonio y/o metálicos, iii) aguas de amonio y/o sales de amonio. Todos libres de patógenos y bacteriológicamente seguros para aplicaciones agroindustriales y otros usos. Así se minimiza o elimina algún efecto deletéreo de los lixiviados al ambiente y se tornan en una fuente alternativa y renovable para la extracción de materiales húmicos y fúlvicos respecto a la fuente convencional de Leonardita y una fuente adicional de compuestos de amonio.

Este objeto es alcanzado mediante la ejecución de los Procesos y Operaciones Unitarios que conforman tanto el tren de tratamiento del procedimiento descrito en la reivindicación 1; como con la ejecución de los Procesos y Operaciones Unitarios que conforman los trenes de tratamiento de los procedimientos descritos en las reivindicaciones dependientes 2, 3 y 4 . Otras ventajas resultan de las características indicadas en las reivindicaciones dependientes del procedimiento 1, según las reivindicaciones 5, 6, 7, 8 y 9.

De acuerdo con la invención, el procedimiento de la reivindicación 1 se caracteriza porque contempla un tren de tratamiento conformado por los siguientes Procesos y Operaciones Unitarios indicados a continuación:

- a) Proceso Unitario integral de oxidación química catalizada.
- b) Operación Unitaria integral de separación sólido/líquido de humatos.
- c) Operación Unitaria integral de separación sólido/líquido de fulvatos.
- d) Operación Unitaria integral de separación sólido/líquido de amonio, sales de amonio y demás sales.
- e) Proceso Unitario de ajuste de pH final del agua depurada.

De igual manera la invención incluye trenes de tratamiento para la recuperación y purificación de los subproductos obtenidos con el procedimiento de la reivindicación 1. Los Procesos y

Operaciones Unitarios que conforman los trenes de tratamiento para la recuperación y purificación de subproductos se describen en las reivindicaciones 2, 3 y 4. Los trenes se integran modularmente para obtener resultados específicos.

Efectos Ventajosos de la Invención

- 5 El procedimiento de la siguiente invención usa de manera eficaz, efectiva, eficiente y económica la sinergia de los fenómenos producidos por iones de la serie liotrópica Hofmeister presentes en los lixiviados y el potencial de oxidación y de desinfección de las sustancias utilizadas en el proceso. Es modular, lo que permite implementar los trenes de proceso según las necesidades de cada vertedero, los recursos económicos disponibles para la instalación de las unidades de proceso
- 10 y para el tratamiento de los lixiviados, así como para la demanda de los productos para aplicaciones agrícolas en las zonas que atiende los vertederos o las plantas de procesamiento de residuos orgánicos.

Breve descripción de los dibujos

- Las características y ventajas de esta invención serán aparentes a partir de la siguiente descripción, usada en conjunción con los dibujos adjuntos, los cuales son ilustrativos y no limitativos de la aplicación coherente de la invención y son:
- 15

Figura 1 que muestra el diagrama de bloques del tren de tratamiento y el conjunto de Operaciones y Procesos Unitarios del procedimiento para depurar lixiviados según la reivindicación 1, y que usa la fuerza iónica de las especies de la serie Hofmeister presentes en el lixiviado para la obtención de subproductos que contienen humatos, fulvatos, aguas de amonio y sales de amonio.

20

Figura 2 que muestra el diagrama de bloques del tren de tratamiento y el conjunto de Operaciones y Procesos Unitarios del procedimiento para la recuperación y purificación de humatos de amonio y/o metálicos para su uso como aditivos y/o bases en mezclas fertilizantes y/u otro tipo de aplicaciones según la reivindicación 2.

25

Figura 3 que muestra el diagrama de bloques del tren de tratamiento y el conjunto de Operaciones y Procesos Unitarios del procedimiento para la recuperación y purificación de fulvatos de amonio y/o metálicos para su uso como aditivos y/o bases en mezclas fertilizantes y/u otro tipo de aplicaciones según la reivindicación 3.

Figura 4 que muestra el diagrama de bloques del tren de tratamiento y el conjunto de Operaciones y Procesos Unitarios del procedimiento para el tratamiento del licor concentrado

30

proveniente de la batería de membranas y/o CDI para remover metales, sales y sustancias de amonio residuales para su disposición o uso en aplicaciones agroindustriales.

La mejor manera de llevar a cabo la Invención.

5 El procedimiento de la reivindicación 1 utiliza los factores ambientales de la matriz lixiviado que influyen en la solubilidad de las sustancias húmicas. Los factores ambientales son: i) la temperatura, ii) la constante dieléctrica, iii) el pH y iv) la fuerza iónica.

10 Como puede observarse en la figura 1, el procedimiento de la reivindicación 1 consta de un conjunto de Procesos y Operaciones Unitarios para lograr unos subproductos con características particulares de calidad para su posterior recuperación, purificación uso en aplicaciones agroindustriales y/u otros usos. El procedimiento de la reivindicación 1 comprende los siguientes Procesos y Operaciones Unitarios:

15 1) Proceso Unitario integral de oxidación química catalizada. Con este Proceso Unitario Integral se modifica el entorno termodinámico de la solución con el uso de iones de la serie liotrópica Hofmeister y se oxida catalíticamente materia orgánica. Se genera una fase sólida compuesta principalmente de humatos de alto a medio peso molecular para su posterior separación y se esteriliza la matriz lixiviada.

20 2) Operación Unitaria integral de separación sólido/líquido de humatos. Con esta Operación Unitaria integral se separa la fase sólida formada por humatos de medio a alto peso molecular durante la ejecución del Proceso Unitario Integral de oxidación química catalizada. La separación de la fase sólida se realiza según se indica en la reivindicación 1.

3) Operación Unitaria integral de separación sólido/líquido de fulvatos. Con esta Operación Unitaria integral se separan los fulvatos y humatos residuales de bajo peso molecular presentes en la solución en tratamiento para su posterior purificación. La separación de la fase sólida se realiza según se indica en la reivindicación 1.

25 4) Operación Unitaria integral de separación sólido/líquido de amonio, sales de amonio y demás sales. Con esta Operación Unitaria integral se separa amonio libre en solución, las sales de amonio y sales contenidas en la corriente de agua en depuración para su recuperación y/o disposición. El porcentaje de remoción de sales es función del tipo y el corte molecular de las membranas seleccionadas para la Operación Unitaria integral. La separación de la fase sólida se realiza según se indica en la reivindicación 1.

30 5) Proceso Unitario integral de ajuste de pH final del agua depurada. Con este Proceso Unitario integral se ajusta el pH del vertimiento al valor requerido por la norma de

vertimiento. Para el efecto se puede usar cualquiera de los siguientes químicos o combinación de ellos: i) Hidróxido de sodio. ii) Hidróxido de Calcio. iii) Silicatos metálicos. iv) solución de cal. v) Ácido Sulfúrico, vi) Ácido Clorhídrico, vii) Ácido Fosfórico.

- 5 Así mismo, los trenes de recuperación y purificación de subproductos comprenden los siguientes Proceso y Operaciones Unitarios:

Tren de Recuperación y Purificación de Humatos de amonio y/o metálicos para su uso como aditivos y/o base en mezclas fertilizantes y/u otro tipo de aplicaciones.

Procesos y Operaciones Unitarios del tren de tratamiento:

- 10 6) Proceso Unitario integral de purificación de humatos por desplazamiento químico, precipitación de metales no deseados. Con éste proceso Unitario integral se purifican los humatos de amonio y/o metálicos removiendo el hierro, el aluminio y otros metales de interés que puedan estar en el concentrado húmico. Para ello se efectúa un desplazamiento químico según se indica en la Reivindicación 2.

- 15 7) Operación Unitaria integral de separación sólido/líquido de humatos purificados. Con esta Operación Unitaria integral se separan los precipitados de metales o sales de metales no deseados de la mezcla de humatos de medio a alto peso molecular purificados. La separación de materiales se realiza según se indica en la reivindicación 2.

- 20 8) Operaciones Unitarias integrales de concentración y deshidratado de humatos purificados. Con estas Operaciones Unitarias integrales se elimina agua para reducir el volumen a transportar y/o manejar para la posterior formulación de las mezclas fertilizantes con o sin micorrizas o de uso agroindustrial u otros usos. El agua se elimina por evaporación con el uso de energía térmica solar o térmica residual de la combustión del biogás de relleno o una combinación de las mismas. La deshidratación se realiza en
25 cámaras de destilación/evaporación simples y/o mixtas según se indica en la reivindicación 2.

Tren de Recuperación y Purificación de Fulvatos de amonio y/o metálicos para su uso como aditivos y/o base en mezclas fertilizantes y/u otro tipo de aplicaciones.

Procesos y Operaciones Unitarios del tren de tratamiento:

- 30 9) Proceso Unitario de purificación de fulvatos y humatos de bajo peso molecular por desplazamiento químico, precipitación de metales no deseados. Con éste proceso Unitario

integral se busca purificar los fulvatos/humatos de bajo peso molecular de amonio y/o metálicos removiendo el hierro, el aluminio y otros metales de interés que puedan estar en el concentrado fúlvico. Para ello se efectúa un desplazamiento químico según se indica en la Reivindicación 3.

- 5 10) Operación Unitaria integral de separación sólido/líquido de fulvatos/humatos de bajo peso molecular purificados. Con esta Operación Unitaria integral se separan los precipitados de metales o sales de metales no deseados de la mezcla de fulvatos/humatos de bajo peso molecular purificados. La separación de materiales se realiza según se indica en la reivindicación 3.
- 10 11) Operaciones Unitarias de concentración y deshidratado de fulvatos y humatos de bajo peso molecular purificados (13),(15),(24). Con estas Operaciones Unitarias integrales se elimina agua para reducir el volumen a transportar y/o manejar para la posterior formulación de las mezclas fertilizantes con o sin micorrizas o de uso agroindustrial u otros usos. El agua se elimina por evaporación con el uso de energía térmica solar o térmica residual de la combustión del biogás de relleno o una combinación de las mismas. La deshidratación se realiza en cámaras de destilación/evaporación simples y/o mixtas según se indica en la reivindicación 3.
- 15

Tren de Tratamiento del Licor Concentrado proveniente de la batería de membranas y/o CDI para remoción de metales, sales y sustancias de amonio residuales.

- 20 Procesos y Operaciones Unitarios integrales del tren de tratamiento:
- 12) Proceso Unitario integral de gelificación química para la remoción de metales y amonio. Con este Proceso Unitario integral se eliminan metales pesados residuales y amonio soluble mediante su adsorción en una matriz gelificada formada In Situ según se indica en la reivindicación 4.
- 25 13) Operación Unitaria integral de separación sólido/líquido de geles. Con esta Operación Unitaria integral se separa la fase sólida formada en la gelificación química. La separación de materiales se realiza según se indica en la reivindicación 4.
- 14) Operaciones Unitarias integrales de deshidratado, disposición o recuperación metálica de lodos. Con estas Operaciones Unitarias integrales se elimina agua de los lodos con contenido de metales para su depósito en una celda de seguridad o para recuperación de metales según se indica en la reivindicación 4.
- 30

15) Proceso Unitario integral de remoción de amonio del licor concentrado proveniente de la corriente de agua en proceso y la obtención de Estruvita. Con este Proceso Unitario Integral se elimina amonio presente en el licor concentrado mediante reacciones químicas para producir Estruvita. Según se indica en la reivindicación 4.

5 16) Operaciones Unitarias para la producción de un licor madre, cristalización y deshidratado de sales. Con estas Operaciones Unitarias integrales se elimina agua para producir un licor madre para la generación de cristales de sales para su depósito en celdas especiales. Para producir el licor madre se usa la energía térmica solar o térmica residual de la combustión del biogás de relleno con el uso de cámaras de destilación/evaporación
10 simples o mixtas según se indica en la reivindicación 4.

REIVINDICACIONES

1. Un Procedimiento para depurar lixiviados de vertederos e instalaciones de proceso de residuos orgánicos **caracterizado porque** usa los factores ambientales de la matriz lixiviado y la sinergia de los fenómenos Hofmeister que influyen en la solubilidad de las sustancias húmicas aprovechando la fuerza iónica de las especies de la serie liotrópica Hofmeister previa oxidación catalizada de materia orgánica y la obtención de subproductos libres de patógenos tales como: i) agua depurada, ii) humatos y fulvatos de amonio y/o metálicos, iii) aguas amonio/amoniacaes y/o sales de amonio, y **caracterizado porque** el procedimiento se estructura de forma modular con trenes de tratamiento para la purificación de los subproductos generados en la depuración de los lixiviados. El tren de depuración de lixiviados **se caracteriza por** el siguiente conjunto Procesos y Operaciones Unitarios:

a) Proceso Unitario integral de oxidación química catalizada para: i) Oxidar catalíticamente la materia orgánica. ii) Modificar la fuerza iónica con el uso de iones de la serie liotrópica Hofmeister. iii) Generar una fase sólida de sustancias húmicas, iv) Esterilizar la matriz lixiviada.

b) Operación Unitaria integral de separación sólido/líquido de humatos para: Separar la fase sólida de humatos de medio a alto peso molecular. La separación sólido/líquido se efectúa integralmente con Operaciones Unitarias que utilicen la fuerza gravitacional, o el levantamiento con aire sea disuelto o no, o microtamices, o membranas o sus combinaciones. La separación de la fase sólida se puede realizar con el uso de uno o más de las siguientes unidades de proceso y sus elementos asociados: i) Sedimentación. ii) Flotación con Aire Disuelto (Dissolved Air Flotation -DAF-). iii) Flotación Acelerada mediante Burbujas (Bubble Accelerated Flotation -BAF-). iv) Flotación por Gestión de la Energía de Mezcla de Gas (Gas Energy Management Mixing -GEM- Flotation). v) Microfiltración, vi) Ultrafiltración, vii) Nanofiltración.

c) Operación Unitaria integral de separación sólido/líquido de fulvatos para: Separar los fulvatos y humatos de bajo peso molecular residuales. La separación sólido/líquido se efectúa integralmente con Operaciones Unitarias que utilicen membranas. La separación de la fase sólida se puede realizar con el uso de uno o más de las siguientes unidades de proceso y sus elementos asociados: i) Membranas de Ultrafiltración. ii) Membranas de Nanofiltración. iii) Membranas de Ósmosis Inversa. El tipo y corte de las membranas se

ajusta en función del grado de recuperación del corte molecular de los fulvatos y la concentración de iones en la corriente extraída.

d) Operación Unitaria integral de separación sólido/líquido de amonio, sales de amonio y demás sales para: Separar amonio, sales de amonio y demás sales para su recuperación y/o disposición. La separación sólido/líquido se efectúa integralmente con Operaciones Unitarias que utilicen membranas o aplicando diferencia de potencial eléctrico. La separación de la fase sólida se puede realizar con el uso de uno o más de las siguientes unidades de proceso y sus elementos asociados: i) Membranas de Nanofiltración. ii) Membranas de Ósmosis Inversa. iii) Deionización Capacitiva- CDI-. El tipo y corte de las membranas se ajusta en función del grado de recuperación del amonio y la concentración de iones en la corriente extraída.

e) Proceso Unitario integral de ajuste de pH final del agua depurada para: El ajuste del pH del vertimiento. Para el efecto se puede usar cualquiera de los siguientes químicos o combinación de ellos: i) Hidróxido de sodio. ii) Hidróxido de Calcio. iii) Silicatos metálicos. iv) Solución de cal. v) Ácido Sulfúrico, vi) Ácido Clorhídrico, vii) Ácido Fosfórico.

2. Un procedimiento para la recuperación y purificación de humatos de amonio y/o metálicos para su uso como aditivos y/o bases en mezclas fertilizantes y/u otro tipo de aplicaciones **caracterizado porque** los humatos de amonio y/o metálicos provienen del procedimiento de depuración de lixiviados de la reivindicación 1, y **porque** el tren de tratamiento de recuperación y purificación de humatos se integra modularmente con el tren de depuración de la reivindicación 1. El tren de recuperación y purificación de humatos de amonio y/o metálicos **se caracteriza por tener** el siguiente conjunto Procesos y Operaciones Unitarios:

f) Proceso Unitario integral de purificación de humatos por desplazamiento químico, precipitación de metales no deseados para: Recuperar y purificar los humatos de amonio y/o metálicos por desplazamientos químicos y precipitación de metales no deseados. Para este Proceso Unitario integral se utilizan fosfatos y/o silicatos ajustando el valor del pH entre 5 a 9.

g) Operación Unitaria integral de separación sólido/líquido de humatos purificados para: Separar la fase sólida formada por los humatos purificados de medio a alto peso molecular.

La separación sólido/líquido se efectúa con Operaciones Unitarias integrales que utilizan la fuerza gravitacional y/o membranas. La separación de la fase sólida se realiza con el uso de uno o más de las siguientes unidades de proceso y sus elementos asociados: i) Sedimentación. ii) Membranas de Microfiltración. iii) Membranas de Ultrafiltración. El tipo y corte de las membranas se ajusta en función del grado de recuperación del corte molecular de los humatos. Los precipitados se deshidratan y disponen en relleno especial y la fracción acuosa se conduce a deshidratado o se usa directamente como base para la formulación de mezclas fertilizantes.

h) Operaciones Unitarias integrales de concentración y deshidratado de humatos purificados para: Eliminar agua para la reducción del volumen a transportar y/o manejar para la posterior formulación de las mezclas fertilizantes con o sin micorrizas o de uso agroindustrial u otros usos. El agua se elimina por evaporación con el uso de energía térmica solar o térmica residual de la combustión del biogás de relleno o una combinación de las mismas. La deshidratación se realiza en cámaras de destilación/evaporación simples y/o mixtas.

3. Un procedimiento para la recuperación y purificación de fulvatos de amonio y/o metálicos para su uso como aditivos y/o bases en mezclas fertilizantes y/u otro tipo de aplicaciones **caracterizado porque** los fulvatos de amonio y/o metálicos provienen del procedimiento de depuración de lixiviados de la reivindicación 1, y **porque** el tren de tratamiento de recuperación y purificación de fulvatos se integra modularmente con el tren de depuración de la reivindicación 1. El tren de recuperación y purificación de fulvatos de amonio y/o metálicos **se caracteriza por tener** el siguiente conjunto Procesos y Operaciones Unitarios:

i) Proceso Unitario integral de purificación de fulvatos por desplazamiento químico, precipitación de metales no deseados para: Recuperar y purificar los fulvatos de amonio y/o metálicos por desplazamientos químicos y precipitación de los metales no deseados. Para este Proceso Para este Proceso Unitario integral se utilizan fosfatos y/o silicatos ajustando el valor del pH entre 5 a 9.

j) Operación Unitaria integral de separación sólido/líquido de fulvatos purificados para: Separar la fase sólida formada por la mezcla fulvatos purificados. La separación sólido/líquido se efectúa con Operaciones Unitarias integrales que utilizan la fuerza gravitacional y/o membranas. La separación de la fase sólida se realiza con el uso de uno o más de las siguientes unidades de proceso y sus elementos asociados: i) Sedimentación. ii)

Membranas de Microfiltración. iii) Membranas de Ultrafiltración. El tipo y corte de las membranas se ajusta en función del grado de recuperación del corte molecular de los fulvatos. Los precipitados se deshidratan y disponen en relleno especial y la fracción acuosa se conduce a deshidratado o se usa directamente como base para la formulación de mezclas fertilizantes.

k) Operaciones Unitarias integrales de concentración y deshidratado de fulvatos purificados para: Eliminar agua para la reducción del volumen a transportar y/o manejar para la posterior formulación de las mezclas fertilizantes con o sin micorrizas o de uso agroindustrial u otros usos. El agua se elimina por evaporación con el uso de energía térmica solar o térmica residual de la combustión del biogás de relleno o una combinación de las mismas. La deshidratación se realiza en cámaras de destilación/evaporación simples y/o mixtas.

4. Un procedimiento para el tratamiento del licor concentrado proveniente de la batería de membranas y/o CDI para remover metales, sales y sustancias de amonio residuales para su disposición o uso en aplicaciones agroindustriales **caracterizado porque** el licor concentrado proviene del procedimiento de depuración de lixiviados de la reivindicación 1, y **porque** el tren de tratamiento del licor concentrado se integra modularmente con el tren de depuración de la reivindicación 1. El tren de tratamiento del licor concentrado **se caracteriza por tener** el siguiente conjunto Procesos y Operaciones Unitarios:

l) Proceso Unitario integral de gelificación química para la remoción de metales y amonio para: Remover metales pesados residuales y amonio soluble usando la adsorción en una matriz gelificada formada In Situ. El valor de pH se encuentra entre 6,0 a 9,0. El proceso de adsorción metálica es un proceso reversible. Este proceso permite liberar los metales adsorbidos para su posterior recuperación por intercambio iónico y/o desplazamiento químico y/o electrodeposición.

m) Operación Unitaria integral de separación sólido/líquido de geles para: Separar la fase sólida formada en la gelificación química. La separación sólido/líquido se realiza con Operaciones Unitarias integrales que utilicen la fuerza gravitacional, el levantamiento con aire sea disuelto o no. La separación de la fase sólida se realiza con el uso de uno o más de las siguientes unidades de proceso y sus elementos asociados: i) Sedimentación. ii) Flotación con Aire Disuelto (Dissolved Air Flotation -DAF-). iii) Flotación Acelerada

mediante Burbujas (Bubble Accelerated Flotation -BAF-). iv) Flotación por Gestión de la Energía de Mezcla de Gas (Gas Energy Management Mixing -GEM- Flotation).

n) Operaciones Unitarias integrales de deshidratado, disposición o recuperación metálica de lodos para: Eliminar agua para depositar lodos deshidratados con contenido de metales pesados. El agua se elimina por evaporación con el uso de energía térmica solar o térmica residual de la combustión del biogás de relleno o una combinación de las mismas. La deshidratación se realiza en cámaras de destilación/evaporación simples y/o mixtas. Los lodos deshidratados se depositan en una celda de seguridad o pueden ser usados para recuperar metales por intercambio iónico y/o desplazamiento químico y/o electrodeposición.

.o) Proceso Unitario integral de remoción de amonio del licor concentrado proveniente de la corriente de agua en proceso y la obtención de Estruvita para: Remover amonio presente en el licor concentrado proveniente de la corriente de agua en proceso con el uso de reacciones químicas para producir Estruvita. Según la composición molar de fosfato, amonio y magnesio en el licor concentrado, deberá adicionarse magnesio y/o fosfato para ajustar la relación molar necesaria para la producción de Estruvita. El pH para la formación de la sal se encuentra entre 6,5 a 9,0. El precipitado sirve para la formulación de mezclas fertilizantes.

p) Operaciones Unitarias integrales para la producción de un licor madre, cristalización y deshidratado de sales para: Eliminar el agua para producir un licor madre para la generación y separación de cristales de sales para su depósito en celdas especiales. El licor madre se produce por evaporación o eliminación de agua. El agua se elimina por evaporación con el uso de energía térmica solar o térmica residual de la combustión del biogás de relleno o una combinación de las mismas en cámaras de destilación/evaporación simples y/o mixtas; o por membranas de Ósmosis Inversa de alta presión.

5. Un procedimiento modular de depuración de lixiviados y de purificación de humatos y fulvatos integrado según las reivindicaciones 1, 2 y 3 **caracterizado porque** hace posible la extracción y purificación de materiales húmicos y fúlvicos a partir de los lixiviados de vertederos.

6. Un procedimiento modular de depuración de lixiviados y de purificación de humatos, fulvatos y sales de amonio integrado según las reivindicaciones 1, 2, 3 y 4 **caracterizado porque**

hace posible la extracción y purificación de materiales húmicos, fúlvicos y sales de amonio a partir de los lixiviados de vertederos.

7. Un procedimiento modular integrado según las reivindicaciones 1, 2, 3 y 4 **caracterizado porque** no se ve afectado por sustancias inhibidoras que puedan estar presentes en los lixiviados.

8. Un procedimiento modular integrado según las reivindicaciones 1, 2, 3 y 4 **caracterizado porque** tiene una baja producción de lodos de desecho y un bajo consumo de energía eléctrica por metro cúbico depurado.

9. Un procedimiento modular integrado según las reivindicaciones 1, 2, 3 y 4 **caracterizado porque** requiere baja área de instalación por metro cúbico depurado.

RESUMEN DE LA INVENCION

Esta invención implementa un procedimiento para depurar lixiviados de vertederos e instalaciones de proceso de residuos orgánicos usando la sinergia de los fenómenos producidos por iones de la serie liotrópica Hofmeister presentes en los lixiviados y el potencial de oxidación y de desinfección de las sustancias utilizadas en el proceso para obtener subproductos tales como: agua depurada, humatos y fulvatos de amonio y/o metálicos, aguas de amonio y/o sales de amonio. Todos libres de patógenos y bacteriológicamente seguros para aplicaciones agroindustriales y otros usos. La depuración de lixiviados y la valorización de los subproductos se efectúa formando un procedimiento modular compuesto por un tren principal de Procesos y Operaciones Unitarios para depurar lixiviados y tres trenes de Procesos y Operaciones Unitarios para la recuperación y purificación de los subproductos obtenidos de la depuración de los lixiviados. Los trenes de proceso modulares del procedimiento se muestran en las figuras.