

01177



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

POSGRADO EN INGENIERÍA

UNAM
POSGRADO 

**TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DE REACTORES
PARA TRATAMIENTO ANAEROBIO
DE AGUAS RESIDUALES
CON BASE EN ANÁLISIS DE PATENTES**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA (AMBIENTAL)

P R E S E N T A :

FERNANDO MORALES CONTRERAS

**DIRECTOR DE TESIS
DR. ADALBERTO NOYOLA ROBLES**

MÉXICO, D.F.

2005

m343856



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Por su tiempo y asesoría brindada:

Dr. Adalberto Noyola Robles, Director de Tesis, Instituto de Ingeniería-UNAM;

MC. Antonio de Jesús Galán Alcalá, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

A los Sinodales, por sus comentarios y evaluación del presente trabajo:

Dr. Germán Buitrón Méndez, Instituto de Ingeniería-UNAM;

Dra. Petia Mijaylova Nacheva, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA);

Dra. María del Rocío Cassaigne Hernández, Facultad de Química-UNAM.

Al MC. Rodrigo A. Cárdenas y Espinosa, por la asesoría brindada;

Al Ing. Armando Roa Béjar (CONACYT), por la revisión y comentarios del borrador final.

De manera muy especial a mi esposa, Lic. Ivonne Guadalupe Valverde Mireles, por su comprensión, invaluable ayuda y amorosa paciencia de siempre.

A mi Madre, Sra. Teresa Contreras Mercado y a la memoria de mi Padre Sr. Julio Morales Gallardo, cuyas vidas de entrega, sacrificio y amor por sus hijos sentaron las bases de mi desarrollo personal y profesional.

A mis hermanos Rafael, Juan y Elizabeth por su acostumbrado apoyo incondicional; y a Lety (q.e.p.d.).

A mis suegros, Sr. Manuel Valverde y Sra. Nelly Mireles, por su apoyo moral y material de siempre.

RECONOCIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca-crédito nacional otorgada para estudios de Maestría en Ingeniería Ambiental.

ABSTRACT

The overall objective of the study was to find out the technological development trend associated with those anaerobic reactors for industrial-scale applications in the biological treatment of wastewater effluents. The study focused on the analysis of technological information, which is available in 30-patented inventions found for this type of anaerobic reactors. The analyzed inventions were patented in the USA during the last two decades.

A search was carried out at the United States Patent and Trade Office's database, which is available online in the USPTO website, in order to find patented inventions regarding anaerobic reactors for the biological treatment of wastewater effluents. In addition another search was carried out, this time at the Mexican Institute for Industrial Property (IMPI) in order to find inventions patented in Mexico by two leader companies. As a result, 30 inventions patented in the USA by 16 different companies or institutions were found and analyzed. Most of these patents regard to UASB reactors (9 patents, 30%) and Fluidized / Expanded bed reactors (7 patents, 23%). Some other patented inventions (8 patents, 27%) have to do with applications in EGSB reactors. Considering number of patented inventions, installed and operated reactors, and variety of applications for the anaerobic technology, two leader companies were identified as a result of the study: Paques (10 patents or 33%), and Biothane (3 patents or 10%). Both companies built more EGSB and IC reactors (159 reactors in total) than UASB reactors (30 reactors in total) in the period 2000 - 2004. Regarding the 10 inventions patented in the USA by the leader company Paques in a 14-year period, the elements of its reactors that have been subject to technological development are broader versus those elements identified for the Biothane Company. In the case of Paques, the core elements of its anaerobic reactors that have been subject to technological development are the recirculation and mixing systems, the phase separator of UASB reactors, and the influent distribution system. Only three out of ten inventions patented in the USA by Paques have equivalent patents in Mexico. The core element identified in 3 inventions patented in the USA by the leader company Biothane in a 8-year period, which has been subject to technological development, is the gas-liquid-solid phase separation device which is used in fluidized / expanded bed reactors (EGSB type) and also used in UASB reactors. No inventions patented in Mexico by Biothane and equivalent to those inventions patented in the USA were found.

Main conclusions obtained from this study:

- Shown interest for the technological development of UASB and Fluidized / Expanded Bed reactors matches the important number of UASB reactors that have been built for industrial scale applications and also the growing number of Fluidized / Expanded Bed reactors (EGSB and IC types) which have been installed all over the world. Industrial scale applications of these patented inventions have been the main objective during the studied period.
- Given the interest for the technological development of anaerobic reactors, which use granular biomass and fluidized / expanded bed, it is foreseen that this interest is going to be kept in order to obtain technological improvements in such anaerobic reactors as UASB type and fluidized / expanded bed (EGSB and IC types), but mainly in EGSB and IC type reactors.
- According to identified trends for the technological development of anaerobic reactors, it is foreseen that devices such as phase separators and those devices with application in agitation and mixing improvement may be object of technological development in the near future. These improved devices should be compact and also economic regarding energy consumption.
- Taking advantage of technology available for free use in Mexico is possible through the exploitation of inventions patented in the USA but not in Mexico. This potential use is anticipated given the fact that only three out of ten inventions of Paques have been patented in Mexico and Biothane has no Mexican patents for its inventions.

RESUMEN

El objetivo general fue identificar la tendencia que está tomando el desarrollo tecnológico de los reactores anaerobios para el tratamiento de las aguas residuales a escala industrial-comercial, con base en el análisis de la información tecnológica e invenciones de estos reactores disponible en patentes otorgadas en EU durante las dos últimas décadas del siglo XX.

Con tal fin se investigó la existencia de patentes sobre reactores para el tratamiento biológico anaerobio de aguas residuales, a través de una búsqueda sistematizada en el banco de patentes de la Oficina de Patentes de EU (USPTO). Adicionalmente, se buscó en el banco de patentes del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) innovaciones patentadas en México por las dos compañías líderes identificadas. Se encontraron y analizaron 30 patentes otorgadas por la USPTO a 16 diferentes compañías o instituciones. El mayor número de patentes es concretamente sobre reactores UASB (9 patentes, 30 %) y reactores de lecho Fluidizado/Expandido (7 patentes, 23 %). El 27 % (8 patentes) son invenciones cuya aplicación incluye a los reactores EGSB. Las dos compañías líderes identificadas en cuanto a número de invenciones patentadas, presencia comercial y aplicación de sus tecnologías anaerobias fueron Paques (10 patentes o 33%) y Biothane (3 patentes o 10%). Entre ambas construyeron más reactores EGSB e IC en conjunto (159) que reactores UASB (30) en el período 2000-2004. Los elementos de desarrollo tecnológico identificados en 10 invenciones patentadas en Estados Unidos en 14 años por la compañía líder Paques, son más amplios que los de Biothane, y se centran en la recirculación y mezclado del reactor, el separador de fases de reactores UASB y el sistema de distribución del influente. Solo tres invenciones de Paques patentadas en EU tienen también las patentes equivalentes en México. Los elementos de desarrollo tecnológico identificados en 3 invenciones patentadas en EU en 8 años por la compañía líder Biothane, se centran principalmente en los dispositivos de separación gas-líquido-sólido de empleo en reactores de lecho fluidizado/expandido tipo EGSB y UASB. Biothane no tiene patentes mexicanas equivalentes a las otorgadas en Estados Unidos para esta compañía.

Las principales conclusiones de este trabajo son:

- El interés mostrado por el desarrollo tecnológico de los reactores UASB y de Lecho Fluidizado/Expandido coincide con el importante número de reactores UASB construidos a escala industrial y con el creciente número de los reactores de lecho Fluidizado/Expandido tipo EGSB e IC construidos y en operación. Esto indica que la aplicación industrial y la explotación comercial de las invenciones patentadas han sido el propósito fundamental durante el periodo de estudio.
- Dado el interés por el desarrollo tecnológico de los reactores anaerobios que emplean biomasa granular y lecho fluidizado/expandido, se puede esperar que este interés continúe y siga favoreciendo la obtención de mejoras en la tecnología de reactores anaerobios del tipo UASB y de lecho fluidizado/expandido del tipo EGSB e IC, con mayor predominio de estos dos últimos.
- De acuerdo a las tendencias reconocidas, el desarrollo tecnológico se prevé en los dispositivos separadores de fases y los mecanismos del reactor que por un lado mejoren las condiciones de agitación y mezclado y al mismo tiempo sean más compactos y económicos en materia de consumo de energía.
- Dado que sólo se identificaron tres patentes mexicanas propiedad de Paques (y ninguna de Biothane), existen oportunidades de aprovechamiento potencial de tecnología de libre uso a través de las invenciones que cuentan con patente en Estados Unidos pero que no tienen protección industrial en México.

LISTA DE ACRÓNIMOS

ADIAT - Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico

AnRBC – Anaerobic Rotating Biological Contactor (reactor biológico rotatorio anaerobio de contacto o biodisco anaerobio)

AnSBR – Anaerobic Sequencing Batch Reactor (reactor discontinuo secuencial anaerobio)

BANAPANET - Banco Nacional de Patentes del IMPI en Internet

CONACYT – Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

DQO – Demanda Química de Oxígeno

EGSB - Expanded Granular Sludge Bed (reactor de cama de lodo granular expandida)

ELDIPAT - Encuentro Latinoamericano de Divulgación de Información de Patentes

EPO – European Patent Office

IC – Internal Circulation (reactor de circulación interna)

IMPI - Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

IWA – International Water Association

OMPI – Organización Mundial de la Propiedad Intelectual

ORSTOM - Agencia Francesa de Cooperación Internacional (actualmente IRD)

RBC – Rotating Biological Contactor (reactor biológico rotatorio de contacto o biodisco)

SBR – Sequencing Batch Reactor (reactor discontinuo secuencial)

SEFI - Sociedad de Ex-Alumnos de la Facultad de Ingeniería

UAM – Universidad Autónoma Metropolitana

UASB - Upflow Anaerobic Sludge Blanket (reactor de flujo ascendente y manto de lodo anaerobio)

UNAM – Universidad Nacional Autónoma de México

USPTO - United States Patent and Trade Office

WIPO – World Intellectual Property Organization

LISTA DE DIAGRAMAS, FIGURAS Y TABLAS

Diagramas: Algunos de los principales tipos de reactores para el tratamiento anaerobio de aguas residuales.

Fig. I. Número de patentes por tipo de reactor anaerobio o categoría (1980 – 2001)

Fig. II. Porcentaje relativo por tipo de reactor o categoría.

Tabla. Clasificación por tipo o categoría de reactores anaerobios identificados en 30 patentes otorgadas por la USPTO entre 1980 y 2001.

Tabla 1. Resumen del análisis realizado a 30 patentes de invenciones sobre reactores para el tratamiento anaerobio de aguas residuales.

Tabla 2. Elementos de desarrollo tecnológico en reactores anaerobios patentados por diferentes compañías o instituciones en el período 1980 – 2001.

Tabla 3. Importancia relativa entre compañías / titulares por el número de invenciones patentadas para reactores anaerobios en el período 1980 – 2001.

Tabla 4. Invenciones patentadas por las compañías Biothane y Paques en el período 1986 – 2001.

Tabla 5. Tendencia de sustitución de la tecnología UASB por la tecnología IC en el caso de Paques, expresada en el número de reactores construidos en el período 2000 – 2004.

Tabla 6. Tendencia de sustitución de la tecnología UASB por la tecnología EGSB en el caso de Biothane, expresada en el número de reactores construidos en el período 2000 – 2003.

Tabla 7. Patentes y solicitudes de Paques en México (al mes de diciembre, 2004)

CONTENIDO

ABSTRACT	4
RESUMEN	5
LISTA DE ACRÓNIMOS	6
LISTA DE DIAGRAMAS, FIGURAS Y TABLAS	7
1. INTRODUCCIÓN	11
1.1 EXPOSICIÓN DE MOTIVOS, IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.....	11
<i>El tratamiento de aguas residuales: históricamente, un problema de carácter tecnológico</i>	11
<i>Las patentes: fuente de información tecnológica</i>	11
<i>Interés por el futuro de la tecnología anaerobia para el tratamiento de las aguas residuales a escala industrial-comercial</i>	13
<i>Escasez, inaccesibilidad o falta de trabajos publicados sobre la exploración o el estudio del desarrollo tecnológico de reactores anaerobios para el tratamiento de aguas residuales a escala industrial-comercial, empleando como fuente de información tecnológica las patentes</i>	14
<i>Limitaciones de las fuentes tradicionales de información en relación con la tecnología e innovación de reactores anaerobios a escala industrial-comercial</i>	16
<i>Identificar la tendencia que está tomando el desarrollo tecnológico de los reactores anaerobios para el tratamiento de aguas residuales con base en análisis de patentes</i>	16
1.2 ALCANCES DEL TRABAJO.....	17
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	19
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2. ANTECEDENTES	20
2.1 ORÍGENES DE LA TECNOLOGÍA PARA EL TRATAMIENTO ANAEROBIO DEL AGUA RESIDUAL	20
2.2 VENTAJAS, DESVENTAJAS Y PERSPECTIVA ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA ANAEROBIA COMO ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES	20
2.3 DIGESTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS: TECNOLOGÍA PRECURSORA DEL DESARROLLO DE LOS MODERNOS REACTORES ANAEROBIOS DE ALTA TASA	23
2.4 CARACTERÍSTICAS DE ALGUNOS DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE REACTORES QUE HAN CONSTITUIDO CAMBIOS O SALTOS TECNOLÓGICOS EN EL TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES.....	25
<i>Reactor de contacto anaerobio</i>	26
<i>Filtro anaerobio</i>	27
<i>Reactor de lecho de lodos y flujo ascendente UASB</i>	29
<i>El reactor de lecho fluidizado o expandido</i>	30
<i>El reactor EGSB</i>	32
<i>Otras configuraciones</i>	33
2.5 GENERALIDADES SOBRE INVENCIONES, PATENTES E INFORMACIÓN TECNOLÓGICA.....	35
<i>Invenciones y patentes</i>	35
<i>Las patentes como fuente de información tecnológica</i>	36
<i>Lo que es patentable en digestión anaerobia</i>	37

2.6	EL CONCEPTO DEL BENCHMARKING TECNOLÓGICO	38
3.	METODOLOGÍA.....	40
4.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	43
4.1	BÚSQUEDA DE PATENTES OTORGADAS POR LA USPTO.....	43
4.2	ANÁLISIS DE PATENTES ENCONTRADAS Y RESULTADOS OBTENIDOS.....	43
4.3	INNOVACIONES TECNOLÓGICAS DE LOS REACTORES PARA EL TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES. EL CASO DE DOS COMPAÑÍAS LÍDERES.....	67
4.4	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	74
	<i>Sobre los reactores UASB, de Lecho Fluidizado/Expandido y EGSB.....</i>	<i>76</i>
	<i>Sobre los reactores IC de circulación interna</i>	<i>78</i>
	<i>Sobre otros tipos de reactores anaerobios.....</i>	<i>79</i>
4.5	TECNOLOGÍA DE LIBRE USO EN MÉXICO RESPECTO A INVENCIONES PATENTADAS EN MÉXICO POR DOS COMPAÑÍAS LÍDERES EN INNOVACIÓN TECNOLÓGICA	81
5.	CONCLUSIONES.....	84
	REFERENCIAS	89
ANEXO I.	ANÁLISIS DE LAS 30 PATENTES ENCONTRADAS.....	94
	<i>US4182675 de Ecolotrol. Waste treatment process (proceso de tratamiento de residuos)...</i>	<i>95</i>
	<i>US4253956 de Centrale Suiker Maatschappij. Apparatus for the anaerobic purification of waste water (aparato para la purificación anaerobia de agua residual).....</i>	<i>98</i>
	<i>US4284508 de Jewell. Methane production by attached film (producción de metano mediante película adherida).....</i>	<i>100</i>
	<i>US4482458 de Degremont. Process and apparatus for the anaerobic treatment of waste water in a filter including granular material (proceso y aparato para el tratamiento anaerobio de agua residual en un filtro que incluye material granular)</i>	<i>102</i>
	<i>US4563281 de Syracuse University. Anaerobic contactor (contactor anaerobio).....</i>	<i>104</i>
	<i>US4609460 de Paques. Anaerobic purification equipment for waste water (equipo de purificación anaerobia para agua residual).....</i>	<i>106</i>
	<i>US4622147 de Paques. Plant for the anaerobic purification of wastewater (planta para la purificación anaerobia de agua residual).....</i>	<i>109</i>
	<i>US4707254 de Paques. Apparatus for purifying water (aparato para purificar agua)</i>	<i>111</i>
	<i>US4758339 de Paques. Equipment for the anaerobic purification of waste water (Equipo para la purificación anaerobia de agua residual)</i>	<i>113</i>
	<i>US4818393 de Degremont. Apparatus for the anaerobic treatment of waste water (aparato para el tratamiento anaerobio del agua residual).....</i>	<i>115</i>
	<i>US4869815 de Degremont. Fluidized bed reactor with means for ensuring homogeneous distribution of the fluid to be treated (reactor de lecho fluidizado con dispositivos para asegurar la homogénea distribución del fluido a ser tratado)</i>	<i>117</i>
	<i>US5013431 de Meyn Machinefabrick. Apparatus for anaerobic purification of waste water (aparato para la purificación anaerobia del agua residual).....</i>	<i>119</i>
	<i>US5116505 de Gist-Brocades. Fluidized bed process (proceso de lecho fluidizado)</i>	<i>121</i>
	<i>US5185079 de Iowa State University. Anaerobic sequencing batch reactor (reactor anaerobio discontinuo secuencial).....</i>	<i>123</i>

<i>US5230794 de Biothane. Fluidized – bed apparatus (aparato de lecho fluidizado)</i>	125
<i>US5256380 de Biothane. Startup openings in a three-phase gaslift loop reactor (orificios para arranque en un reactor de tres fases de ciclo gas-lift)</i>	127
<i>US5338445 de Passavant-Werke. Module for a reactor for anaerobic waste water treatment (módulo para un reactor de tratamiento anaerobio de aguas residuales)</i>	129
<i>US5338447 de Paques. Bioreactor</i>	131
<i>US5441634 de Edwards Laboratories. Apparatus and method of circulating a body of fluid containing a mixture of solid waste and water and separating them (aparato y método para hacer circular un fluido que contiene una mezcla de sólidos residuales y agua y para su separación)</i>	133
<i>US5500118 de Passavant-Werke. Biogas reactor for the anaerobic treatment of waste water (reactor de biogás para el tratamiento anaerobio de agua residual)</i>	135
<i>US5565098 de Paques. Reactor for the biological treatment of water (reactor para el tratamiento biológico de agua)</i>	136
<i>US5599450 de Jet Tech. Anaerobic upflow batch reactor (reactor discontinuo anaerobio de flujo ascendente)</i>	140
<i>US5733454 de EHH Holding Co. Process and apparatus for the treatment of flowable waste (proceso y aparato para el tratamiento de fluidos residuales)</i>	142
<i>US5855785 de Biothane. Three-phase separator for a fluidized bed apparatus (separador de tres fases para un aparato de lecho fluidizado)</i>	145
<i>US5904850 de Paques. Settling device for a fluid containing liquid, gas and particulate material, as well as a cleaning device provided herewith and a method for cleaning waste water (sedimentador para un fluido que contiene líquido, gas y partículas, así como un purificador y un método para la purificación de agua residual)</i>	147
<i>US5972219 de Paques. Process for aerobic treatment of waste water (proceso para el tratamiento aerobio del agua residual)</i>	150
<i>US6030529 de US Filter. Biological reactor including settler (reactor biológico que incluye sedimentador)</i>	152
<i>US6048459 de MOCKBA. Method and apparatus for fluidization of particulate bed materials (método y aparato para la fluidización de lechos de materiales particulados)</i> ..	154
<i>US6063273 de Paques. Apparatus for the biological purification of waste water (aparato para la purificación biológica de agua residual)</i>	156
<i>US 6309553 B1 de Biothane. Phase separator having multiple separation units, upflow reactor apparatus, and methods for phase separation (separador de fases que tiene múltiples unidades de separación, aparato reactor de flujo ascendente, y métodos para la separación de fases)</i>	159

ANEXO II. PATENTES Y SISTEMAS DE PROTECCIÓN A LA PROPIEDAD INTELECTUAL.....162

ANEXO III. RECOPIACIÓN EN CD DE LAS 30 PATENTES (DOCUMENTOS COMPLETOS).....167

ANEXO IV. LISTA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO ANAEROBIO A ESCALA INDUSTRIAL CONSTRUIDAS POR BIOTHANE.....168

ANEXO V. LISTA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO ANAEROBIO A ESCALA INDUSTRIAL CONSTRUIDAS POR PAQUES.....169

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Exposición de motivos, importancia y justificación del tema

El tratamiento de aguas residuales: históricamente, un problema de carácter tecnológico

A través de su historia, el hombre ha dedicado trabajo al desarrollo de dispositivos, aparatos, máquinas y estructuras que como resultado de una incesante búsqueda, resuelvan los problemas que plantean las necesidades sociales o hagan más sencillas las tareas cotidianas. En la antigüedad, a medida que las diversas ocupaciones iban desarrollándose, aparecieron, junto con los sacerdotes, médicos y maestros, los ingenieros: expertos dedicados a crear estos dispositivos y obras (Krick, 1986).

Los antecedentes de la tecnología, como expresión de la actividad de los primitivos ingenieros en la época de los antiguos imperios, se pueden ejemplificar con una de las invenciones atribuidas a Arquímedes de Siracusa (287-212 A.C.): la cóclea, “caracol” o “tornillo sin fin”, que aún después de 2300 años se emplea en instalaciones para el tratamiento de aguas residuales. La bomba de tornillo de Arquímedes tiene aplicaciones principalmente para satisfacer requerimientos de bombeo a baja altura y alto caudal, de agua residual cruda, y para la recirculación de lodos activados (WEF/ASCE, 1992).

En relación con el tratamiento del agua residual actualmente se requiere encontrar *mejores medios para transformar grandes cantidades de esa agua contaminada en agua útil a un costo aceptable*, para resolver las necesidades de contar con el vital líquido. El tratamiento del agua residual se trata entonces de un problema del campo de la ingeniería y, por consiguiente, de un problema de carácter tecnológico.

Entonces, si el tratamiento del agua residual es un problema de carácter tecnológico parece adecuado estudiarlo acudiendo a las fuentes de información tecnológica a nuestro alcance.

Las patentes: fuente de información tecnológica

Una patente es un derecho o privilegio legal que concede el estado a una persona física o moral para producir o utilizar en forma exclusiva y temporal (usualmente 20 años) el conocimiento

científico generado por el inventor, a cambio de una oportuna divulgación abierta de ese conocimiento para el uso público. Las patentes son fuente de información tecnológica, que en general transmiten la información más reciente, además de que suelen contener información que no se divulga en otro tipo de fuente documental. Una investigación llevada a cabo por la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos indica que al menos un 70% de la tecnología divulgada en las patentes de los Estados Unidos desde 1967 hasta 1972 no ha sido publicada por otros medios. El Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) estima que 75% de la información revelada en patentes no vuelve a publicarse en otros medios, además de que otros tipos de literatura ofrecen generalmente información con una mayor antigüedad o con diferente enfoque.

A pesar de que las características particulares de las patentes las hacen ser útiles como fuente de información tecnológica y del estado del arte, en general su empleo es reducido (OMPI, 2001). El hecho de que se utilice tan poco la información sobre patentes es lamentable para la Comunidad Europea donde se gastan miles de millones por año –la Oficina Británica de Patentes estimó alrededor de 20 mil millones de libras esterlinas– para investigar y crear cosas que ya existen y cuya documentación figura en la descripción de las especificaciones de patentes. Esta situación seguramente no escapa a la realidad de países en desarrollo como México, en donde las repercusiones económicas al respecto pueden ser más impactantes.

La importancia y justificación del uso de las patentes como fuente de información tecnológica parecen obvias en áreas donde el desarrollo tecnológico ha experimentado una dinámica continua, como es el caso de las industrias automotriz Galán (1995), farmacéutica y biotecnológica (ADIAT, 2001), entre otras. Como fuente de información tecnológica de claro interés de aplicación, las patentes pueden ser empleadas como instrumento de análisis para identificar tendencias del cambio tecnológico (Basberg, 1987). Este hecho no es de extrañar considerando que las patentes divulgan información tecnológica indicando la novedad reivindicada (reclamada) por referencia al estado de la técnica. Debido al carácter acumulativo de la información tecnológica en las patentes, éstas son fuente de información no solamente sobre lo nuevo (la invención), sino también sobre lo que ya se conoce (el estado de la técnica) y en muchos casos se hace en ellas un resumen histórico de los avances tecnológicos conseguidos en el sector al que se refieren (Herce, 2001). Divulgar el conocimiento tecnológico es el pago que hace el inventor o titular de la patente a la sociedad a cambio de un monopolio, ya que quien

patenta tiene un interés de monopolio sobre la explotación del conocimiento tecnológico de su propiedad. Todos los titulares de patentes deben, a cambio de la protección, publicar información sobre su invención, el texto de la patente, a fin de enriquecer el cuerpo total de conocimiento técnico del mundo. Este creciente volumen de conocimiento público promueve una mayor creatividad e innovación en otras personas. Así pues, las patentes proporcionan no sólo protección para el titular sino así mismo información e inspiración valiosa para investigadores e inventores.

Sin embargo, las patentes como fuente de información tecnológica también tienen ciertas limitaciones: hay información que no se plasma en las patentes, por ejemplo el *Know-How*, entendido éste en forma simple como la habilidad práctica y el conocimiento adquirido por la experiencia, el cual es intangible debido a que no está escrito (un ingeniero puede leer y entender una técnica, pero la habilidad práctica para ejecutar adecuadamente dicha técnica se la dan los años de experiencia en el trabajo). También está el hecho de que no todas las patentes se explotan comercialmente. Muchas veces quienes patentan no lo hacen con el fin de explotarlas comercialmente o aplicar el conocimiento en el país donde se patenta, sino con el propósito solamente de bloquear un desarrollo tecnológico determinado en ese país.

Interés por el futuro de la tecnología anaerobia para el tratamiento de las aguas residuales a escala industrial-comercial

Desde finales de los años setentas, la digestión anaerobia ha experimentado un desarrollo creciente en aplicaciones a gran escala, particularmente para efluentes industriales y en menor grado para aguas municipales principalmente en países de clima tropical (van Lier *et al.*, 2001). El número y variedad de los sistemas de tratamiento anaerobio a gran escala ha crecido considerablemente desde que esta tecnología se dio a conocer como una técnica común para el manejo de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales (Pohland, 1998).

Frankin (2001) sitúa los inicios del tratamiento anaerobio de alta tasa en aplicaciones a escala comercial al final de la década de los 70's, con el tratamiento de los efluentes de la industria azucarera. Desde entonces la tecnología se ha desarrollado para el tratamiento de una amplia variedad de industrias. Del análisis hecho a una base de datos de 1162 plantas para tratamiento anaerobio construidas, Frankin concluyó que la tecnología UASB desarrollada en Holanda ha

estado presente predominantemente en los reactores anaerobios. También concluyó que los sistemas del tipo EGSB gradualmente estaban reemplazando al menos parte de las aplicaciones de los reactores UASB.

En este contexto de ideas, el presente trabajo plantea como objeto de interés el identificar la tendencia que está tomando el desarrollo de la tecnología anaerobia en los reactores para el tratamiento de las aguas residuales a escala industrial-comercial. Ésto en función del análisis de la información tecnológica e invenciones que se encuentran contenidas en los documentos de patentes otorgadas en las dos últimas décadas del siglo XX.

Existen trabajos sobre el estudio de la historia del tratamiento anaerobio y la revisión del estado del arte de la tecnología anaerobia. La literatura reporta varias publicaciones entre las cuales se pueden citar las de McCarty (1982, 1985) y Hobson y Wheatley (1993) donde se ha descrito la historia del tratamiento anaerobio del agua residual. Las expectativas de desarrollo tecnológico que pueden esperarse en los próximos años han sido analizadas más recientemente por el grupo especializado en digestión anaerobia de la International Water Association (IWA) que publicó una revisión sobre el estado del arte de la digestión anaerobia, estableciendo los últimos alcances y las líneas futuras de desarrollo en este campo (van Lier *et al.*, 2001).

Escasez, inaccesibilidad o falta de trabajos publicados sobre la exploración o el estudio del desarrollo tecnológico de reactores anaerobios para el tratamiento de aguas residuales a escala industrial-comercial, empleando como fuente de información tecnológica las patentes

Es de interés notar, que siendo el tratamiento de las aguas residuales históricamente un problema de carácter tecnológico y que las patentes son una fuente de información sobre el desarrollo tecnológico, no se hayan encontrado reportados en la literatura trabajos cuyo propósito sea el explorar o estudiar la evolución tecnológica de los reactores anaerobios para el tratamiento de las aguas residuales con base en información disponible en patentes.

En México existe una publicación de la Sociedad de Ex-Alumnos de la Facultad de Ingeniería (SEFI) de la UNAM que se trata, sin embargo, sólo de una recopilación de carácter histórico sobre patentes mexicanas de la segunda mitad del siglo XIX, referentes a invenciones en el campo de los ferrocarriles y la transportación y la hidráulica (desazolve de canales, ríos y acequias, extracción y suministro de agua, entre otras). Este trabajo presenta sólo una breve

introducción que resume las patentes recopiladas. La publicación se enfoca más a mostrar el interés que en México surgió en esa época por la protección a la propiedad industrial a través de la Ley de Patentes de 1832, enmendada en 1851 y 1852 (SEFI, 1988).

Se encontró una publicación como antecedente y motivación del tema objeto del presente estudio. Este caso se refiere a un desarrollo y transferencia de tecnología universitaria con participación de la UNAM, la UAM y la colaboración de la Agencia Francesa de Cooperación Internacional ORSTOM (actualmente IRD), cuyo resultado fue la adaptación y desarrollo de *know-how* y tecnología de tratamiento de aguas residuales por vía anaerobia con base en el concepto UASB.

Esta experiencia concreta comprendió el manejo de resultados de investigación aplicada, destacando como resultado de la gestión tecnológica del proyecto, el manejo de la propiedad industrial para la elaboración, trámite y concesión de dos patentes mexicanas: Patente de invención No. 172965 concedida en enero de 1994 – “Reactor de flujo ascendente para el tratamiento de aguas residuales por vía anaerobia o anóxica”; Patente de invención No. 173685 concedida en marzo de 1994 – “Tecnología relativa al proceso de producción de lodos inóculos para reactor UASB” (Galán y Noyola, 2000).

La información detectada evidencia la generación de una oferta tecnológica en México que creó condiciones de competencia más equilibrada respecto a las tecnologías importadas (holandesas principalmente). Esto propició una baja de precios de la oferta extranjera frente a ofertas nacionales más económicas, favoreciendo al cliente y rompiendo condiciones de monopolio y dependencia extranjera en México. Más aún, esta tecnología anaerobia desarrollada ya se ha aplicado en países del extranjero como Chile (Galán y Noyola, 2000) y Argentina.

Galán y Noyola concluyeron que en el mercado ambiental mexicano, los grupos universitarios de investigación tienen oportunidad de jugar un papel importante, tanto en el apoyo técnico, el desarrollo y adaptación de tecnologías, como en la formación de recursos humanos capacitados en las nuevas aplicaciones.

Por otra parte, dos de las principales compañías, con sede en Holanda, que compiten exitosamente en el mercado mundial del tratamiento anaerobio de las aguas residuales, son líderes en innovación y desarrollo tecnológico en este campo: Biothane y Paques, (Frankin,

2000). Las invenciones en reactores, sujetas a propiedad industrial, pueden conocerse y obtener así información tecnológica mediante el análisis de sus patentes (Morales *et al.*, 2002).

Limitaciones de las fuentes tradicionales de información en relación con la tecnología e innovación de reactores anaerobios a escala industrial-comercial

Las consideraciones anteriores resultan particularmente interesantes cuando se desea indagar sobre tecnología e innovación de reactores anaerobios para el tratamiento de aguas residuales con aplicación a escala industrial-comercial, dado que Hobson y Wheatley (1993) han afirmado que la gran mayoría de la información que está disponible sobre reactores anaerobios se refiere a plantas que han sido construidas con ayuda gubernamental o de otros fondos públicos. En estos casos los reactores anaerobios han sido construidos enteramente como plantas experimentales o sobre la base de que su funcionamiento puede ser monitoreado por alguna universidad o instituto de investigación.

La información sobre tecnología e invenciones en reactores anaerobios para el tratamiento de aguas residuales en aplicaciones a escala industrial-comercial, puede ser limitada o no muy actualizada en fuentes de información a las que tradicionalmente acude el estudiante o investigador universitario: libros de texto, memorias de congresos y seminarios u otros foros de divulgación, revistas científicas, entre otras.

Alternativamente, existe la posibilidad de obtener información sobre desarrollos tecnológicos a partir de catálogos comerciales y manuales técnicos; sin embargo, estos suelen ser poco accesibles debido a que las compañías que construyen y operan reactores anaerobios algunas veces, por razones comerciales propias, no dan detalles ni profundizan en la tecnología de sus equipos. Algo similar sucede con la información que se encuentra en los sitios web de la Internet. Además, en muchos de estos sitios la información valiosa puede resultar costosa para un estudiante o investigador universitario.

Identificar la tendencia que está tomando el desarrollo tecnológico de los reactores anaerobios para el tratamiento de aguas residuales con base en análisis de patentes

Los motivos expuestos y la importancia previamente consideradas justifican el interés por identificar la tendencia que está tomando el desarrollo tecnológico de los reactores anaerobios

para el tratamiento de las aguas residuales, desde la perspectiva que puede aportar un análisis de patentes otorgadas en Estados Unidos durante los últimos años del siglo XX.

La escasez de trabajos que aborden un tema similar o la relativa inaccesibilidad de otros trabajos que pudiesen existir como fuente documental, son consideraciones que permiten suponer originalidad del tema elegido para una tesis de maestría en ingeniería ambiental, orientada al tratamiento anaerobio de las aguas residuales, y justifican la realización del presente trabajo.

1.2 Alcances del trabajo

- El presente trabajo permitió explorar el desarrollo de la tecnología en los reactores para el tratamiento anaerobio de las aguas residuales a escala industrial-comercial, empleando como fuente básica de información tecnológica las patentes otorgadas en Estados Unidos. Para los alcances del presente trabajo las patentes otorgadas en Estados Unidos se consideran representativas, debido a que las compañías o instituciones líderes en innovación tecnológica suelen proteger intelectualmente sus desarrollos tecnológicos en este país (Galán y Noyola, 2000);
- Se emplearon como herramientas algunos conceptos usados por los especialistas en administración de la tecnología más que el pretender realizar un análisis riguroso de prospección tecnológica, propiedad intelectual o benchmarking tecnológico como lo haría un especialista en la materia;
- Se exploró la utilidad de las patentes en el campo de la tecnología de los reactores anaerobios para el tratamiento de aguas residuales, en relación con lo que se puede aprender de ellas en un primer contacto y enfocando el análisis de la patente en la parte técnica o ingenieril, procurando deslindar la parte legal asociada con las patentes;
- Se profundizó en el análisis de la parte técnica de la patente tratando de identificar el propósito de la misma y los elementos constitutivos del reactor que han sido motivo de desarrollo tecnológico, con el fin de establecer relaciones que permitieran concluir sobre la tendencia del rumbo que está tomando la tecnología de los reactores anaerobios para el tratamiento de aguas residuales a escala industrial-comercial. Los resultados del presente trabajo pueden servir de guía a las empresas y centros de investigación y desarrollo que trabana en esta línea. El análisis procuró evitar sumergirse en lo que a la forma de las patentes se refiere y su asociación con la parte legal;

- Empleando el concepto de benchmarking tecnológico, se enfocó la parte final del trabajo en las dos compañías identificadas como líderes a partir del análisis realizado, con el fin de concluir sobre el rumbo del desarrollo tecnológico de los reactores anaerobios para el tratamiento de las aguas residuales a escala industrial-comercial;
- Se hizo una búsqueda de posibles innovaciones patentadas en México por las empresas líderes identificadas, con el propósito de señalar tecnología susceptible de libre explotación comercial en México, como aplicación potencial útil del trabajo de análisis de patentes efectuado.

1.3 Objetivo general

Identificar la tendencia que está tomando el desarrollo tecnológico de los reactores anaerobios para el tratamiento de las aguas residuales a escala industrial-comercial, con base en el análisis de la información tecnológica y las invenciones de estos reactores disponibles en patentes otorgadas en Estados Unidos durante las dos últimas décadas del siglo XX.

1.4 Objetivos específicos

1. Con base en el concepto de benchmarking tecnológico, concretar el análisis de patentes al caso de dos compañías líderes en innovación tecnológica de reactores para el tratamiento anaerobio de aguas residuales a escala industrial-comercial, con el fin de concluir sobre el rumbo que podría tomar el desarrollo tecnológico de estos reactores anaerobios en los próximos años;
2. Investigar la posibilidad de explotación comercial de tecnología de reactores para el tratamiento anaerobio de aguas residuales, desarrollada por las compañías líderes identificadas, y que sea de libre uso en México.

2. ANTECEDENTES

2.1 Orígenes de la tecnología para el tratamiento anaerobio del agua residual

Uno de los primeros métodos de tratamiento controlado del agua residual municipal, la fosa séptica patentada por Donald Cameron y James F. Commin en 1896 (patente GB 189521142)¹, trataba en forma anaerobia tanto el agua residual municipal como los sólidos. Sin embargo, aunque aún se emplean ampliamente fosas sépticas para casas individuales o en lugares donde no hay drenaje, pronto fue evidente que el efluente de las grandes fosas sépticas con frecuencia era demasiado maloliente para descargarse.

Los trabajos desarrollados por Karl Imhoff y colaboradores condujeron al tanque Imhoff (1905) el cual trataba particularmente los sólidos separados del agua residual municipal, con lo cual el tratamiento anaerobio en las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales especializó su aplicación en el tratamiento de sólidos (lodos). Los filtros percoladores y las plantas de lodos activados entonces llegaron a ser los métodos de tratamiento (aerobio) para el agua residual municipal. El interés por aplicar el tratamiento de las aguas residuales con bajo contenido de sólidos mediante método anaerobio, declinó debido a los grandes volúmenes de tanques que éste requeriría y a las limitaciones de calidad del efluente obtenido.

Fue hasta el desarrollo de los modernos procesos como el filtro anaerobio, el reactor de lecho de lodos (UASB), el lecho expandido, que el tratamiento anaerobio de estas aguas llegó a ser una realidad práctica. Aspectos de la historia del tratamiento anaerobio de las aguas residuales, particularmente aguas municipales, es tratado por McCarty (1985) y (Hobson y Wheatley, 1993).

2.2 Ventajas, desventajas y perspectiva actual de la tecnología anaerobia como alternativa para el tratamiento de las aguas residuales

Las grandes ventajas del tratamiento anaerobio para procesar aguas residuales se pueden resumir como: el tratamiento a alta tasa con buenas eficiencias de remoción de materia orgánica disuelta y de sólidos suspendidos que bajo ciertas condiciones permiten la descarga del efluente o con un

¹ La literatura reporta que la fosa séptica fue inventada por Louis Moureas en 1860, sin embargo no se le conocería con este nombre sino hasta 1895. Cameron y Commin solicitaron la patente de la fosa séptica el 8 de noviembre de 1895 en Inglaterra, la cual les fue concedida el 25 de abril de 1896.

pulimento adicional, la menor generación de lodos residuales que requieren tratamiento y disposición final, uso potencial de la energía del biogás como subproducto, menores costos de operación particularmente por ahorro en consumo de energía eléctrica y reducción de los costos de inversión al requerir menor volumen y con ello emplear reactores relativamente compactos.

El término “alta tasa” (“high-rate”, en inglés), en la actualidad se emplea ampliamente para hacer referencia a los reactores de tratamiento anaerobio de aguas residuales que cumplen al menos con las siguientes dos condiciones: (1) alta retención de lodo viable bajo condiciones de alta carga, y (2) contacto adecuado entre el agua residual que entra al reactor y el lodo retenido, (Seghezzi, *et al.*, 1998).

Por su parte, las desventajas que se asocian con el tratamiento anaerobio son la alta sensibilidad de las bacterias hacia algunas condiciones ambientales (principalmente pH, temperatura y compuestos tóxicos), prolongados procesos de arranque y la producción de gases malolientes como el sulfuro de hidrógeno y los mercaptanos. También se asocian remociones de materia orgánica relativamente bajas y la presencia considerable de sólidos en el efluente del cual es difícil separar. Sin embargo, el diseño de los reactores anaerobios ha evolucionado desde la simple fosa séptica hasta los modernos procesos anaerobios de alta tasa, que permiten la operación a tiempos de retención hidráulica reducidos, superando las desventajas tradicionales del proceso anaerobio.

El control del pH puede necesitarse para el tratamiento de algunas aguas residuales industriales, pero para otros tipos de agua residual de menor concentración de materia orgánica, incluyendo a las aguas residuales domésticas y municipales, usualmente el pH se mantendrá en el intervalo óptimo sin la necesidad de adicionar químicos. Las bacterias anaerobias pueden adaptarse a bajas temperaturas y el tratamiento anaerobio de alta tasa se ha logrado en condiciones psicrófilas (por debajo de los 20°C), incluyendo algunas experiencias con aguas residuales municipales (Lettinga *et al.*, 2001; Lettinga y Rebac, 1999; Rebac *et al.*, 1999). En estos casos es imperativo lograr una adecuada transferencia de masa dentro del sistema.

Por otro lado, las bacterias anaerobias pueden tolerar una amplia variedad de sustancias tóxicas una vez aclimatadas a ellas. El arranque de reactores anaerobios se puede lograr satisfactoriamente en tiempos muy cortos si se dispone del inóculo adecuado, y esta

disponibilidad será progresivamente mayor en la medida de que se construyan más plantas de tratamiento anaerobio y llegue a disponerse de lodo granular altamente activo para el arranque de nuevas plantas. No obstante, se ha demostrado que la inoculación con biomasa activa no es un prerrequisito para el arranque de reactores anaerobios para el tratamiento de aguas residuales municipales (Seghezzo *et al.*, 1998) aunque el tiempo de puesta en marcha se aumenta considerablemente. A bajas temperaturas el arranque puede tomar más tiempo, pero puede lograrse exitosamente inoculando con lodo digerido. Finalmente, una adecuada construcción del reactor y su apropiada operación pueden eliminar por completo el problema de los malos olores en los reactores anaerobios.

Como puede verse, se han hecho mejoras sustanciales para contrarrestar las desventajas asociadas con el tratamiento anaerobio. Si bien quedan mejoras por implementar en los procesos anaerobios, todos sus principales beneficios, en relación con los métodos del tratamiento aerobio convencional, persisten (Seghezzo *et al.*, 1998). De hecho, la literatura reporta la consolidación de la tecnología anaerobia en el ámbito comercial del mercado europeo (Pohland, 1998; Lettinga, 2000) aplicada al tratamiento de efluentes industriales, y el tratamiento anaerobio gana paulatinamente aceptación en países en vías de desarrollo.

Las ventajas de la tecnología anaerobia la hacen atractiva en un contexto mundial que favorezca el desarrollo sustentable, y lo es particularmente para su aplicación a gran escala en países en vías de desarrollo. En México, el tratamiento anaerobio de aguas residuales industriales se considera actualmente como una tecnología madura que, a pesar de sus ventajas económicas, su aceptación ha resultado difícil (Galán y Noyola, 2000). La dificultad para la aceptación de la tecnología anaerobia en México está asociada con prejuicios y falta de conocimiento de esta tecnología, que en un medio tradicional y poco innovador como el de la ingeniería sanitaria mexicana, es un factor de peso (Galán y Noyola, 2000). Sin embargo, las perspectivas para que el tratamiento anaerobio se constituya en una tecnología sustentable para el tratamiento de las aguas residuales en México, son alentadoras (Monroy *et al.*, 2000).

Pohland (1998) reconoce que el desarrollo de la tecnología anaerobia ha enfrentado barreras como consecuencia de una combinación de factores sociales, económicos, políticos e institucionales, que particularmente en EUA han obstaculizado la selección de procesos anaerobios solos o en combinación con otros procesos, como la mejor tecnología y más

económica posible. Esta situación ha prevalecido a pesar de una tradición establecida de descubrimientos científicos, innovaciones y avances del estado del arte en forma continua.

2.3 Digestores de residuos sólidos orgánicos: tecnología precursora del desarrollo de los modernos reactores anaerobios de alta tasa

En tiempos de la Segunda Guerra Mundial se hicieron algunos intentos en Alemania para efectuar la digestión de residuos vegetales y animales principalmente, como una fuente de gas combustible para uso en los tractores empleados en las granjas agrícolas. Los digestores de lodos de aguas municipales fueron las primeras plantas en ser construidas y operadas y el digestor de aguas municipales fue la base para los primeros digestores de residuos de granja de tamaño importante (Hobson y Wheatley, 1993).

Posteriormente, el elevado incremento en los precios del petróleo en los años 70's reorientó los esfuerzos de la investigación en los países desarrollados, para buscar alternativas de nuevas fuentes de energía y de ahorro energético a través de la digestión anaerobia de residuos sólidos orgánicos y biomasa. A finales de los 70's y en la década de los 80's el trabajo de laboratorio había demostrado que muchos de los desechos de animales y residuos de cultivos, así como de la mayoría de la biomasa terrestre y acuática eran potencialmente una fuente de biogás. Ya para entonces existían algunos digestores construidos en granjas agrícolas en países occidentales, en la India y en China (digestores Gobar). Asimismo, la digestión anaerobia se orientó de forma importante a la estabilización de lodos en las grandes plantas de tratamiento de aguas residuales municipales. Es decir, el desarrollo de la digestión anaerobia se expandió y al proceso se le vio futuro tanto como una fuente de energía alternativa como un método para el control de la contaminación (Hobson y Wheatley, 1993).

Frankin (2001) sitúa los inicios del tratamiento anaerobio de alta tasa en aplicaciones a escala comercial al final de la década de los 70's, con el tratamiento de los efluentes de la industria azucarera. La fuerza impulsora que condujo a la consecución de los logros más importantes de investigación en el campo de la digestión anaerobia durante los años 70's, fue la necesidad de contar con sistemas de tratamiento más costo-efectivos para su aplicación en la creciente industria de los alimentos, en combinación con el acontecimiento de una crisis internacional del petróleo con altos precios y baja oferta (van Lier *et al.*, 2001).

Desde entonces la tecnología anaerobia se ha desarrollado hacia un método convencional para el tratamiento de una amplia variedad de industrias. De acuerdo con Frankin (2001) la tecnología ahora es funcional en más de 65 países y un total de aproximadamente 1400 plantas fueron construidas por los 16 vendedores líderes de esos sistemas. Estas plantas constituyen aproximadamente el 65% del número total de plantas para el tratamiento anaerobio con aplicaciones industriales, el cual se estima sea alrededor de 2000.

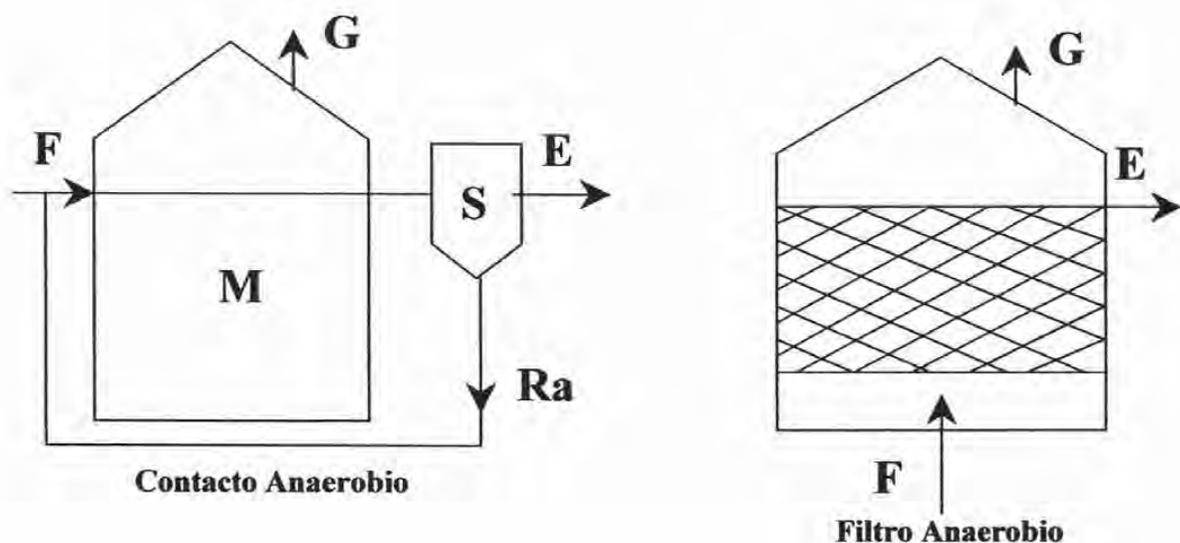
El análisis a partir de una base de datos consistente en 1162 plantas de tratamiento anaerobio de aguas residuales ha permitido concluir que la tecnología UASB como fue desarrollada en Holanda es el proceso anaerobio predominante (Frankin, 2000). También se concluyó que los sistemas del tipo EGSB, de mayor carga, gradualmente reemplazan al menos parte de las aplicaciones de los UASB.

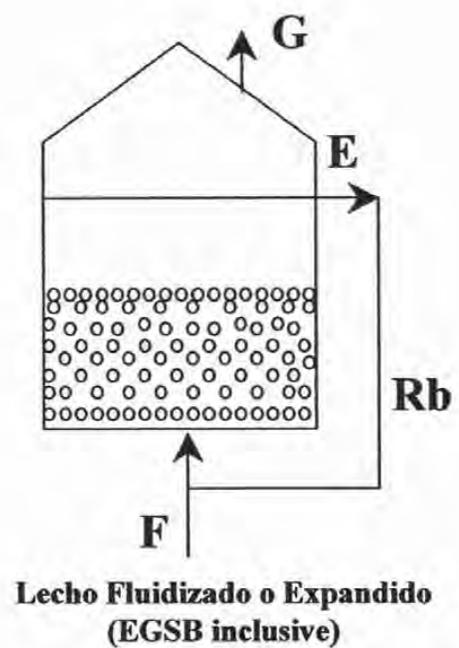
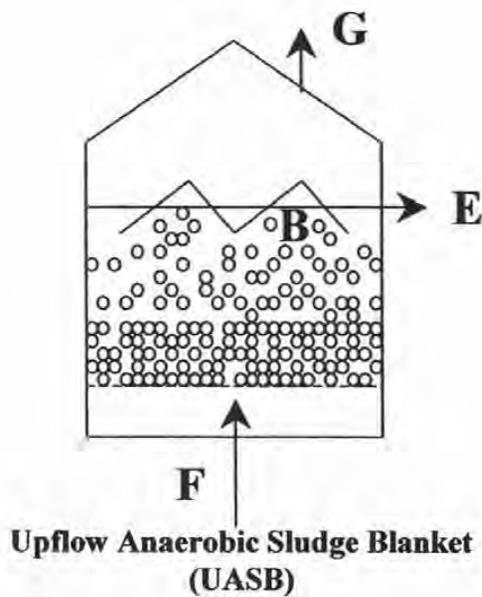
2.4 Características de algunos de los principales tipos de reactores que han constituido cambios o saltos tecnológicos en el tratamiento anaerobio de aguas residuales

Desde el punto de vista de la tecnología de reactores, la clave para la aplicación exitosa del tratamiento anaerobio de las aguas residuales ha sido desacoplar el tiempo de retención hidráulica y el tiempo de retención de los sólidos (Frankin, 2001). Esto ha hecho posible el diseñar reactores con mucho menor volumen, incrementando además la estabilidad de la operación del reactor. Cualquiera que sea el reactor que se considere, en todos los casos la inmovilización de bacterias anaerobias como consorcio apropiadamente balanceado ha sido la clave para el éxito (Lettinga *et al.*, 1997).

El salto tecnológico que superó las aplicaciones tradicionales (fosa séptica, tanque Imhoff, laguna anaerobia) ha sido el concepto de biomasa o biopelícula fija, ya sea sobre soportes inertes o mediante la formación de aglomerados densos (granos) que se retienen dentro del reactor por sedimentación (Galán y Noyola, 2000).

Algunos de los principales tipos de reactores para el tratamiento anaerobio de aguas residuales se muestran en los siguientes diagramas:





- B = Mamparas para retener el lodo dentro del reactor
(un dispositivo cuya función es similar se puede emplear en el reactor EGSB)
- E = Efluente
- F = Influyente
- G = Flujo de gas
- M = Dispositivo de mezclado
- Ra = Flujo de recirculación
- Rb = Recirculación de líquido
- S = Sedimentador

Reactor de contacto anaerobio

La primera innovación sobre el digester anaerobio convencional de mezcla completa consistió en un proceso cuya configuración emplea un sedimentador por gravedad para separar del agua tratada la biomasa en suspensión, lo que implica el desacoplar el tiempo de retención de sólidos del tiempo de retención hidráulica. Se logran así los beneficios adicionales de mayor tiempo de retención de sólidos en el reactor y un menor volumen de reactor. Este proceso conocido como Contacto Anaerobio conserva la mayoría de las ventajas del digester anaerobio convencional de mezcla completa. El sistema de separación de la biomasa usado en el proceso de contacto anaerobio retendrá tanto microorganismos activos como los sólidos suspendidos no digeridos del influente, proporcionando así una mayor biodegradación de las partículas del agua residual (Malina *et al.*, 1992). Este arreglo es la versión anaerobia del proceso de lodos activados.

La dificultad con los reactores o digestores de contacto anaerobio es la sedimentación del efluente para obtener un lodo concentrado de bacterias para su recirculación al digestor. El efluente contiene gases disueltos producto del metabolismo microbiano y esto tiende a hacer que los lodos floten, por lo cual el lodo debe ser desgasificado mediante un dispositivo expresamente dispuesto para ello, y de los cuales existen varios tipos. Una primera aplicación del digestor de contacto anaerobio fue para el tratamiento de aguas de empacadoras de carne en Estados Unidos (Steffen, 1953); después del trabajo experimental en laboratorio se construyeron una planta piloto y una planta a gran escala. La planta a gran escala tenía dos digestores los cuales trataban cada uno un promedio de 2880 m³ por día; el tiempo de retención hidráulica era de 12 a 23 horas, los digestores eran tanques con agitación mecánica. Los digestores de contacto anaerobio también se han usado para tratar residuos de fábricas de papel, de azúcar de remolacha y de cerveza (Hobson y Wheatley, 1993).

Un aspecto importante que Hobson y Wheatley refieren es que la teoría muestra que para asegurar una máxima actividad de las bacterias que se retornan, éstas no deben someterse a choques mecánicos o de temperatura durante el proceso de recirculación de los lodos. Esto es imposible de lograr en la práctica por la necesidad de desgasificar los lodos, y por lo tanto siempre habrá algo de tiempo de inactividad antes de que las bacterias lleguen a estar plenamente activas en el digestor. Por ello, sería mucho mejor si las bacterias pudieran ser retenidas sin salir del digestor. Esto se logró con otro tipo de reactor de biomasa retenida. Pascik y Henzler (1988) trabajando con aguas residuales de una planta de blanqueado de pulpa con sulfito reportaron que no era posible separar las bacterias en un reactor de contacto anaerobio a un costo razonable, así que diseñaron un digestor con las bacterias inmovilizadas sobre una matriz soporte de poliuretano que permitió tratar exitosamente estos residuos con organoclorados.

Filtro anaerobio

En el filtro anaerobio, el tanque está lleno o empacado con una matriz de material inerte como piedra, plástico o cerámica en diferentes formas y tamaños disponibles (Malina y Poland, 1992), sobre el cual crece una biopelícula, y el agua residual fluye hacia arriba o hacia abajo a través del empaque sumergido. La alta concentración de bacterias adheridas permite la rápida degradación de los sustratos en el agua dando tiempos de retención hidráulica de sólo pocas horas con un tiempo de residencia celular de varios días, lo que permite la retención de las bacterias a pesar del

lento crecimiento de las bacterias metanogénicas. Aunque el filtro anaerobio puede ser usado por sí mismo para un tratamiento completo de digestión de acuerdo a los experimentos de Young y McCarty (1968, 1969) quienes trabajaron a nivel laboratorio con filtros anaerobios, la naturaleza del empaque en un filtro impide el tratamiento directo de sustratos con sólidos suspendidos en concentraciones importantes, porque taponan el filtro. Sin embargo, el filtro se puede emplear como una segunda etapa en el tratamiento de sustratos con sólidos suspendidos, por ejemplo el filtro actuando como la parte de la metanogénesis de un digestor en dos fases. La dirección de flujo en los filtros anaerobios (ascendente o descendente) requiere que sea seleccionada de acuerdo a las propiedades de las aguas residuales a ser tratadas. El flujo ascendente generalmente da una mayor remoción de DQO, mientras que el flujo descendente reduce el riesgo de taponamiento y da mejor estabilidad bajo condiciones de cargas de choque (Hobson y Wheatley, 1993).

La literatura reporta el empleo de los filtros anaerobios a gran escala durante la década de los 80's, según lo refieren Hobson y Wheatley (1993) donde se cita el filtro anaerobio más grande del mundo funcionando para tratar aguas residuales de destilería de la Corporación Bacardi, constituido por un tanque con volumen de 13250 m³, y un décimo de este volumen conformando el empaque plástico, para tratar 136 toneladas de DQO por día. Otros filtros anaerobios de 4500 y 5600 m³ se emplearon para tratar también aguas residuales de destilería y la industria vitivinícola (Hobson y Wheatley, 1993). El filtro de estos empaques era de anillos de plástico PVC. Los filtros anaerobios también han sido empleados para el tratamiento de aguas residuales de plantas de azúcar, mermelada, queso, lechería y químicos.

Hamdi y García (1991) compararon el funcionamiento de un digestor anaerobio de contacto y un filtro anaerobio para el tratamiento de aguas residuales de una fábrica de aceite de oliva y encontraron un mejor funcionamiento del filtro respecto del digestor de contacto el cual fue atribuido a la densa biomasa más resistente a los compuestos tóxicos en el agua residual. El filtro además prescindía de los equipos y el consumo de energía para la sedimentación y recirculación del lodo.

En las dos últimas décadas la configuración de los filtros anaerobios fue modificada para incrementar los potenciales de carga y/o para ampliar la aplicabilidad de los reactores anaerobios para varios tipos de agua residual, debido a que el concepto de los reactores de biopelícula

convencional mostró limitaciones que principalmente obedecen a problemas relacionados con la resistencia a la transferencia de masa y/o la aparición de gradientes de concentración dentro del sistema (van Lier *et al.*, 2001). Asimismo, los problemas causados por el taponamiento de los filtros anaerobios, particularmente los primeros que contenían empaques de materiales minerales, dio por resultado investigaciones en los métodos que emplean bacterias floculantes de tal forma que se pudiesen retener dentro del reactor sin la ayuda de materiales de soporte o empaques (Hobson y Wheatley, 1993). Una de las tecnologías innovadoras resultantes fue el reactor anaerobio de lecho de lodos y flujo ascendente (UASB).

Reactor de lecho de lodos y flujo ascendente UASB

El reactor de lecho de lodos y flujo ascendente UASB (por sus siglas en inglés) se debe a la investigación e innovación tecnológica desarrollada por Lettinga *et al.* (1979) y dos compañías holandesas que comercializaron la tecnología. El reactor UASB es resultado de la innovación tecnológica de los reactores de Pretorius (1971) y Coulter *et al.* (1957) según refieren Hobson y Wheatley (1993). Coulter *et al.* (1957) opinaban que generalmente el reactor de contacto anaerobio era inadecuado para el tratamiento de aguas residuales municipales, así que alternativamente experimentaron su tratamiento a nivel laboratorio y piloto con un arreglo de diferente configuración. En este caso el agua ascendía a través de un tanque de forma cónica, los sólidos grandes sedimentaban hacia el fondo del tanque en donde eran degradados lentamente por las bacterias, mientras el líquido era evacuado en la parte alta y pasaba a un filtro anaerobio en donde los sólidos disueltos y los finos eran degradados. El sistema aparentemente no fue muy exitoso, pero una planta piloto similar fue desarrollada por Pretorius (1971) en Sudáfrica. Nuevamente, el agua residual municipal fluía ascendentemente a través de un tanque cilíndrico con mamparas para prevenir que las partículas flotantes escaparan; los sólidos grandes eran degradados lentamente mientras el agua fluía a un filtro anaerobio.

Sin embargo, mientras el lodo en los digestores de Pretorius y de Coulter *et al.* estaba compuesto por sólidos grandes procedentes del sustrato con bacterias adheridas sobre estos, el lodo en el reactor UASB es predominantemente de bacterias aglomeradas en flóculos densos y el sustrato contiene una baja concentración de sólidos suspendidos. Junto a esto, la principal diferencia entre los dos reactores es que el UASB tiene un sistema de baffles captadores de biogás en lo alto del tanque y separa el lodo y el líquido del biogás. El lodo del UASB, presente en el tercio inferior del reactor, está en forma de granos densos de tamaño cercano al milímetro que se agitan

suavemente mediante el flujo ascendente del agua y del biogás formado, sin requerir partículas como medio de soporte. El primer trabajo de laboratorio sobre el reactor UASB fue desarrollado por Lettinga *et al.* (1979) y desde entonces se ha construido una gran cantidad de unidades a escala industrial; en la actualidad el reactor UASB es el reactor de alta tasa más comúnmente empleado para el tratamiento anaerobio de aguas residuales.

El éxito del concepto UASB se basa en el establecimiento de un denso lecho de lodos en el fondo del reactor, en el cual se llevan a cabo todos los procesos biológicos. Este lecho de lodos se forma básicamente por la acumulación de los sólidos suspendidos que entran al reactor y el crecimiento bacteriano. En los sistemas anaerobios de flujo ascendente, y bajo ciertas condiciones, se observa que las bacterias se pueden agregar naturalmente en flóculos y granos. Estos densos agregados tienen buenas propiedades de sedimentación y no son susceptibles a ser lavados del sistema por arrastre bajo las condiciones de flujo del reactor. La retención del lodo activado, tanto granular como floculento, dentro del reactor UASB permite un adecuado tratamiento a elevadas tasas de carga orgánica. La turbulencia natural ocasionada por el flujo de entrada y la producción de biogás proporciona buen contacto entre el agua residual y la biomasa en los reactores UASB.

El reactor de lecho fluidizado o expandido

Las dificultades para separar la biomasa que se presentan en el reactor de contacto anaerobio así como la falta o pérdida de granulación de los reactores UASB o las obstrucciones que suelen presentar los filtros anaerobios, pueden ser superadas por un reactor cuya tecnología es realmente una combinación de los reactores de los dos últimos tipos mencionados (Hobson y Wheatley, 1993). Esta innovación tecnológica se refiere al reactor de lecho fluidizado, que proporciona una mayor área superficial por volumen de tanque que el filtro anaerobio y un mezclado más íntimo entre el sustrato y las bacterias adheridas al material de soporte.

Las bacterias están adheridas a partículas milimétricas de arena, vidrio, carbón, etc., las cuales son mantenidas en suspensión en el agua residual por el flujo ascendente del agua, producto de una recirculación intensa. La velocidad del flujo de agua residual por sí misma no puede ser suficiente para suspender (expandir) adecuadamente las partículas, así que la velocidad de flujo ascendente se incrementa empleando bombeo para recircular sobrenadante desde la parte alta del tanque hacia su parte baja. El grado de ascenso de las partículas determina si es un lecho fluidizado o expandido.

Mucha de la efectividad de un reactor de lecho fluidizado o expandido comparado con un filtro anaerobio se puede atribuir a que el reactor de lecho fluidizado o expandido emplea partículas de soporte de un tamaño mucho menor, lo que proporciona mayor área para la adhesión de la biopelícula, además de que reduce el riesgo de taponamiento del reactor (Hobson y Wheatley, 1993).

Jewell *et al.* (1981) fueron los pioneros del desarrollo tecnológico de este tipo de reactor anaerobio, en sus intentos por desarrollar un reactor de biomasa fija que pudiera manejar sólidos finos en suspensión, y el sistema fue primero aplicado al tratamiento de las aguas residuales municipales. El reactor de lecho fluidizado o expandido se empleó en los años 80's para tratar varios tipos de sustratos, aunque a escala de laboratorio o planta piloto. Ha mostrado atributos de capacidad para manejar sustratos con compuestos potencialmente tóxicos debido a la gran masa de bacterias en el sistema, el largo tiempo de retención celular que permite la adaptación de las bacterias y efectos de difusión a través de la biopelícula (Hobson y Wheatley, 1993).

La aplicación del reactor de lecho fluidizado o expandido en principio soluciona las limitaciones de la transferencia de masa, pero estos sistemas son difíciles de manejar debido a problemas de la estabilidad estructural de la biopelícula y del lecho propiamente dicho, a causa de las fuerzas cortantes o a problemas hidrodinámicos del lecho del material inerte de soporte, además de la expansión relativamente incontrolable debida a la producción de biogás. Asimismo, para conseguir la completa fluidización, el requerimiento de energía de los reactores de lecho fluidizado es relativamente alto. Como alternativa más económica, se desarrolló el reactor de lecho de lodo granular expandido EGSB el cual hace uso de la elevada capacidad de sedimentación de los lodos granulares metanogénicos.

El diseño del distribuidor del influente en los reactores de lecho fluidizado o expandido, como en otros reactores de alta tasa, es un aspecto crítico de las características de mezclado. Muchos de los detalles de los sistemas de distribución en reactores a gran escala son diseños patentados o están protegidos mediante acuerdos de confidencialidad que no permiten su libre acceso (Hobson y Wheatley, 1993; Malina y Pohland, 1992).

La tecnología de reactores de lecho fluidizado o expandido ha sido estudiada extensivamente a nivel laboratorio y planta piloto. La mayoría de las aguas residuales se han sometido a pruebas de tratamiento a nivel laboratorio (Jeris, 1983; Rudd et al., 1985; Stronach et al., 1986). Sin embargo existen pocos reactores a escala industrial.

Se reporta la existencia de tres diseños de reactores de lecho fluidizado que estaban siendo construidos comercialmente en Holanda, Francia y Alemania (Enger et al., 1988), otro en Francia y España (Iza, 1991; Oliva et al., 1990) y 4 o 5 plantas en los Estados Unidos (Heijnen et al., 1989). Por lo cual, ha habido muy poca experiencia en cuanto al diseño y operación de estos reactores a gran escala y se ha dicho que los reactores de lecho fluidizado o expandido son difíciles de escalar y operar (Sixt y Sahn, 1987).

El reactor EGSB

Para mejorar el contacto entre el lodo y el agua residual y usar más eficientemente el volumen completo del reactor UASB, se requería una mejor distribución del influente. Se habían propuesto como solución diferentes dispositivos de entrada para la alimentación al reactor, más puntos de entrada para alimentación por metro cuadrado o mayores velocidades superficiales. El uso de recirculación del efluente combinado con reactores más altos (con una mayor relación altura/diámetro), dio por resultado el reactor de lodo granular de lecho expandido (EGSB, por sus siglas en inglés de Expanded Granular Sludge Bed), en el cual se aplica una elevada velocidad ascendente. Como característica tecnológica de este reactor, la velocidad ascendente del líquido ($> 4 \text{ m h}^{-1}$) ocasiona que el lecho de lodo granular se expanda, eliminando las zonas muertas y dando por resultado un mejor contacto entre el lodo y el agua residual. Este arreglo previene la acumulación de lodo excedente floculento entre los gránulos de lodos. El reactor EGSB es similar al UASB excepto que el lecho de lodos está expandido por el aumento de la velocidad del flujo ascendente del agua (Lettinga y Hulshoff Pol, 1986).

A diferencia del reactor UASB convencional, los sistemas EGSB no están equipados con un sedimentador interno sino con un dispositivo más avanzado de separación de fases (gas- líquido – sólido). Tal dispositivo puede consistir de mamparas o de un separador interno tipo lamella modificado. El reactor de circulación interna IC es un sistema de lecho expandido basado en el

concepto “gas lift²”. El reactor está equipado con dos separadores gas-sólido, de los cuales uno está colocado a la mitad del reactor y el segundo está en lo más alto. La mezcla gas-agua colectada a la mitad se transporta, por medio de una tubería y gracias al efecto “air lift”, a lo más alto del reactor en donde el líquido se desgasifica. A continuación, aprovechando la presión hidrostática lograda, el líquido se conduce por una tubería al fondo del reactor en donde se mezcla con el influente. La velocidad ascendente resultante depende de la tasa de producción de biogás y puede alcanzar valores de 25 a 30 m/h, creando un compartimiento completamente mezclado abajo del primer separador de sólidos (van Lier *et al.*, 2001).

Los contaminantes solubles son tratados eficientemente en los reactores EGSB pero los sólidos suspendidos no son sustancialmente removidos de la corriente de agua residual debido a las elevadas velocidades ascendentes aplicadas. La recirculación del efluente diluye la concentración del influente, y se ha probado que el agua residual de baja concentración se puede tratar eficientemente en reactores EGSB, sin necesidad de la recirculación para el tratamiento de las aguas residuales municipales. La dilución del influente puede también permitir el tratamiento de compuestos tóxicos en estos reactores. En los reactores EGSB completamente expandidos, se considera que el lecho de lodos se comporta como un tanque completamente mezclado. Comparados con los reactores UASB, en los sistemas EGSB se pueden admitir mayores tasas de carga orgánica (como $\text{kgCOD m}^{-3} \text{ reactor d}^{-1}$). Consecuentemente, la producción de gas es superior, mejorando aún más el mezclado en el interior del reactor. El exacto patrón de mezclado no se puede generalizar, y debe ser evaluado en cada caso mediante la hidrodinámica del reactor. En los reactores altos, el flux o carga de gas (en $\text{m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) y la presión hidrostática en el fondo son mayores que en los reactores más bajos y el efecto de estos parámetros en el funcionamiento del proceso también tiene que ser considerado (Seghezzi *et al.*, 1998).

Otras configuraciones

Biodisco anaerobio

Un reactor de tanque horizontal se ha aplicado al tratamiento de aguas residuales colocando dentro divisiones o mamparas de varias configuraciones para producir un flujo no lineal del agua a lo largo del tanque e inclusive para actuar como una superficie para el crecimiento de bacterias o para retener organismos en suspensión. El contactor biológico rotatorio (RBC, por sus siglas en

² Gas lift: principio bajo el cual se crean corrientes de flujo ascendente por diferencia de densidad en el seno del fluido que alberga el reactor.

inglés) o Biodisco es comúnmente usado en el tratamiento aerobio de aguas. En éste, los microorganismos crecen adheridos a las superficies de varios discos que rotan sumergidos parcialmente dentro de un tanque a lo largo del cual fluye el agua. Si los discos están completamente encerrados dentro del tanque el sistema se torna anaerobio y se estaría hablando de un Biodisco Anaerobio (AnRBC). Un primer ejemplo de este concepto fue descrito por Friedman *et al.* (1980).

Reactor con mamparas

Por su parte, mientras probaba un reactor AnRBC, McCarty (1982) encontró que la rotación de los discos no era necesaria y desarrolló el digestor con “mamparas”. En éste, se construyen “paredes” en forma transversal al tanque desde lo alto y lo bajo de tal forma que el agua residual que fluye a lo largo del tanque tenga que fluir debajo y sobre las mamparas, en zigzag. Las mamparas favorecen un flujo tipo de reactores en serie, tienden a mantener las bacterias en el tanque y también ayudan a prevenir problemas con los sólidos flotantes.

Reactor SBR anaerobio

El reactor discontinuo secuencial anaerobio (AnSBR por sus siglas en inglés) es otro diseño de reactor para el tratamiento de aguas residuales basado en el sistema aerobio. En este, el agua residual fluye hacia un tanque convencional con aditamentos para un mezclado y una evacuación discontinua. El agua reacciona con lodo bacteriano durante un tiempo, tras el cual, se le permite sedimentar y luego una cierta parte del sobrenadante se descarga y el tanque se rellena posteriormente.

Reactor híbrido

Mientras que todos estos tipos de reactores descritos se han construido a gran escala, los reactores basados en los conceptos del UASB y el Filtro Anaerobio han sido los más populares, por motivos de estabilidad y fácil funcionamiento. El filtro puede ser de funcionamiento más fácil que el UASB, pero éste no sufre problemas de taponamiento. Una variante interesante es la que combina ambos conceptos, por lo que se le conoce como reactor híbrido, donde la zona de lecho de lodos permanece en la parte baja del reactor y la zona empacada se ubica en la parte alta, justo debajo de las campanas colectoras de biogás (Hobson y Wheatley, 1993).

2.5 Generalidades sobre invenciones, patentes e información tecnológica

Invenciones y patentes

La “invención” es una solución nueva a un problema “técnico”. Aquí la palabra “técnico” supone que la invención debe ser susceptible de aplicación industrial, y que no puede consistir en el mero hallazgo de una ley de la naturaleza, porque en ese caso se trataría de un descubrimiento científico y no de una invención tecnológica. Por ser aplicable en la industria, la invención tiene un valor económico ya que será posible la obtención a escala industrial de nuevos productos, de una manera más económica o el mejoramiento de productos existentes (Herce, 2001).

Muy raras veces las invenciones son el resultado de una intuición genial, casual o instantánea. Por regla general son el fruto del proceso de pensamiento y experimentación, animado por el propósito de dar con la nueva solución que suponga una invención. En otros términos, las invenciones son, por regla general, fruto y resultado de la investigación metódica.

La creatividad en la forma de ideas e innovaciones es considerada como una propiedad y, convenientemente, se le ha conferido protección legal. La protección de una patente significa que la invención no puede ser confeccionada, utilizada, distribuida o vendida comercialmente sin el consentimiento del titular de la patente. La patente es un documento expedido por un organismo oficial, en la cual se certifica, sin garantizarlo, que se ha realizado una determinada invención y su empleo se permite al menos durante un plazo restringido (usualmente 20 años), exclusivamente al propietario, el cual puede ser la persona que la logró (el inventor) o la empresa para la que se realizó (el titular).

Todos los titulares de patentes deben, a cambio de la protección, publicar información sobre su invención, el texto de la patente, a fin de enriquecer el cuerpo total de conocimiento técnico del mundo. Este creciente volumen de conocimiento público promueve una mayor creatividad e innovación en otras personas. Así pues, las patentes proporcionan no sólo protección para el titular sino así mismo información e inspiración valiosa para investigadores e inventores.

El titular de una patente tiene el derecho de decidir quién puede utilizar la invención patentada durante el período en el que está protegida la invención. El titular de la patente puede dar su

permiso, o licencia, a terceros para utilizar la invención de conformidad con términos establecidos de común acuerdo. El titular puede asimismo vender el derecho de la invención a un tercero. Cuando la patente expira, termina asimismo la protección y la invención pasa a pertenecer al dominio público; es decir, el titular deja de detentar derechos exclusivos sobre la invención, que pasa a estar disponible para la explotación comercial.

Una invención debe, por lo general, satisfacer las siguientes condiciones para ser protegida por una patente: tener uso práctico; presentar asimismo un elemento de novedad; es decir, alguna característica nueva que no se conozca en el cuerpo de conocimiento existente en su ámbito técnico. Este cuerpo de conocimiento existente se llama “estado de la técnica”. La invención debe presentar un paso inventivo que no podría ser deducido por una persona con un conocimiento medio del ámbito técnico. Finalmente, su materia debe ser aceptada como “patentable” de conformidad a derecho. La reivindicación de una patente se refiere a la característica esencial de una invención cuya protección se reclama de manera especial y específica como innovación.

Las patentes poseen importancia jurídica y tecnológica que no es fácil de separar, por lo tanto resulta necesario comprender los conceptos básicos del sistema de patentes para poder analizar plenamente el impacto tecnológico que pueden tener.

Las patentes como fuente de información tecnológica

Un sistema de patentes tiene dos funciones. La primera función podría denominarse “función de monopolio” y la segunda, “función de información”. El hecho de que una patente confiera a un inventor cierto derecho de monopolio sobre un campo especial, limitando así las posibilidades de acceso de otras empresas a esta tecnología especial, se compensa mediante la información sobre la nueva tecnología que el inventor debe suministrar al público. Esta segunda función de la patente no solamente es la principal causa del desarrollo continuo de la tecnología, sino que también es de creciente importancia para las oficinas de propiedad industrial.

Un aspecto de sumo interés, en particular para los usuarios de información sobre patentes e interesados en el aprovechamiento de la explotación comercial de desarrollos tecnológicos en los países en desarrollo, es el hecho de que cualquier invención que no está protegida en un país dado, se considera del dominio público en ese país. En otras palabras, esa invención podría utilizarse en ese país libremente, sin riesgo de cometer una infracción.

A pesar de las ventajas y posibilidades que representan las publicaciones sobre patentes como fuente de información tecnológica, su utilización es reducida. Cuando no hay información sobre el estado de la técnica, el riesgo es muy grande de que se desarrolle el mismo producto por segunda vez. Esto constituye un obstáculo para el desarrollo técnico y económico, y un impedimento a la innovación. Entre las razones que explican la reducida utilización de las publicaciones sobre patentes como fuente de información se citan la falta de información y, por consiguiente, los conceptos erróneos generalizados como de que las patentes son documentos secretos e inaccesibles. Es también un error muy común pensar que se tiene que pagar licencias en todos los casos de utilización de una invención: se ignora que el derecho de propiedad industrial puede haber expirado o que la invención puede no gozar de protección en determinado país.

Sin embargo, las patentes como fuente de información tecnológica también tienen ciertas limitaciones: hay información que no se plasma en las patentes, por ejemplo el *Know-How*. También está el hecho de que no todas las patentes se explotan comercialmente. Muchas veces quienes patentan no lo hacen con el fin de explotarlas comercialmente o aplicar el conocimiento en el país donde se patenta, sino con el propósito solamente de bloquear un desarrollo tecnológico determinado en ese país.

Lo que es patentable en digestión anaerobia

La digestión anaerobia de aguas residuales como una de las áreas de la biotecnología ambiental, se ha desarrollado tecnológicamente durante los últimos años, en conjunto con los avances vertiginosos experimentados en el campo de la biotecnología en general. Asimismo, las posibilidades de obtener protección intelectual a través de patentes para las invenciones desarrolladas han sido en general favorables, dado que las invenciones en digestión anaerobia de aguas residuales están sujetas prácticamente a las mismas restricciones generales de patentamiento que se citan a continuación.

Serán patentables las invenciones que sean nuevas, resultado de una actividad inventiva, y susceptibles de aplicación industrial en los términos de la Ley, excepto:

- Los procesos esencialmente biológicos para la reproducción y propagación de plantas y animales;

- El material biológico y genético tal como se encuentra en la naturaleza; es decir que no haya sido modificado genéticamente. Por ejemplo, en el caso de la digestión anaerobia para el tratamiento de aguas residuales, las bacterias o microorganismos en su estado tal como se encuentran en la naturaleza no son patentables, dado que se podría estar hablando del caso de un descubrimiento científico y no de una invención;
- Las razas animales;
- El cuerpo humano y las partes que lo componen, y
- Las variedades vegetales.

Para el caso de México, todo aquello que la Ley de la Propiedad Industrial (en vigor a partir del 1º de octubre de 1994) no considera como una invención, no es patentable. Asimismo, la Ley especifica las invenciones que como tales no son patentables. Información adicional al respecto se puede encontrar en la sección “Patentes y Sistemas de Protección a la Propiedad Intelectual” en el anexo II del presente trabajo.

2.6 El concepto del benchmarking tecnológico

Benchmarking tecnológico en términos simples se puede resumir como “el aprender del líder en un campo tecnológico determinado”. Aprender cuánto y quizás lo que es más importante, aprender el cómo. Es sencillamente aprender de otros que son líderes en cuestiones de desarrollo e innovación tecnológica, a través de identificarlos, estudiarlos y mejorar con base en este aprendizaje (Balm, 1992; Boxwell, 1995).

El benchmarking tecnológico implica el comprender cómo las compañías líderes en su campo consiguen sus resultados, lo cual es normalmente más importante y valioso que el pretender obtener alguna medida exactamente cuantificada.

Durante el ejercicio del benchmarking tecnológico se puede esperar conseguir un aprendizaje valioso referente al liderazgo tecnológico de la compañía que se estudia. Se pretende mirar fuera de la propia compañía u organización empresarial hacia los competidores o a las compañías líderes en el campo tecnológico de interés, con el fin de utilizar el saber colectivo de estas compañías que son las mejores en su clase para fortalecer a la propia compañía u organización.

Un enfoque externo en la búsqueda de mejoras puede ayudar a las compañías u organizaciones a realizar saltos cuantitativos en su actuación, en lugar de implementar mejoras graduales, como las que se hacen con frecuencia cuando el proceso de mejora está meramente arañando una actividad que lo que requiere es una gran sacudida, es decir, saltos cuantitativos en lugar de mejoras graduales (Boxwell, 1995).

3. METODOLOGÍA

1. Para la sección 2 “Antecedentes”, se realizó una revisión documental en busca de trabajos publicados que previamente hayan abordado el tema de la presente tesis. Asimismo, se hizo una revisión bibliográfica sobre tecnología de reactores para el tratamiento anaerobio de aguas residuales con enfoque en los cambios e innovaciones tecnológicas principales que han experimentado durante las últimas décadas del siglo XX.
2. Se investigó la existencia de patentes sobre reactores para el tratamiento biológico anaerobio de aguas residuales, a través de una búsqueda sistematizada en los registros existentes en los bancos de patentes de la Oficina de Patentes de Estados Unidos de Norteamérica (USPTO³). Para los alcances del presente trabajo se optó por analizar las patentes otorgadas en Estados Unidos por ventajas de accesibilidad, homogeneidad y porque la consulta a su banco de patentes no tiene costo. Además, el sistema de patentes en Estados Unidos se considera representativo, debido a que las compañías o instituciones líderes en innovación tecnológica suelen proteger intelectualmente sus desarrollos tecnológicos en Estados Unidos (Patel y Pavitt, 1994).

La búsqueda en el banco de patentes de la USPTO se efectuó mediante una computadora PC conectada a Internet, a través del sitio web correspondiente, <http://www.uspto.gov> , con la ayuda de las rutinas de búsqueda con que cuentan estos sitios y el empleo de descriptores en inglés (“keywords”): “anaerobic, wastewater, UASB, EGSB, fluidized bed, expanded bed” combinados entre sí y en combinación con los descriptores “apparatus, plant, reactor, equipment, device, purification, treatment, filter, SBR”.

3. Empleando el concepto de benchmarking tecnológico presentado en la sección 2.6, se enfocó la parte final del trabajo en las dos compañías identificadas como líderes a partir del análisis realizado, con el fin de concluir sobre el rumbo del desarrollo e innovación tecnológica de los reactores anaerobios para el tratamiento de las aguas residuales a escala industrial-comercial. Para complementar el desarrollo de esta tarea, la búsqueda de patentes de estas dos empresas se amplió consultando en forma gratuita la base de datos de la Oficina Europea de Patentes (EPO⁴) <http://ep.espacenet.com> , cuyo acceso fue también a través de una computadora PC conectada a Internet.

³ USPTO: United States Patent and Trade Office, www.uspto.gov

⁴ EPO: European Patent Office, <http://ep.espacenet.com>

4. Con el propósito de señalar tecnología susceptible de libre explotación comercial en México, se hizo una búsqueda de posibles innovaciones patentadas en México por las dos compañías líderes identificadas. La búsqueda se realizó en el banco de patentes del IMPI. Mediante el registro en el sitio web del IMPI se puede consultar gratuitamente su Banco Nacional de Patentes (BANAPANET): <http://banapanet.impi.gob.mx/impi/welcome.pl>
5. Los registros que arrojaron las búsquedas en los bancos de patentes se revisaron a través del resumen disponible y de ser útil se obtuvo el documento *in extenso* para su análisis detallado. Se exploró la utilidad de las patentes en el campo de la tecnología e innovación de los reactores anaerobios para el tratamiento de aguas residuales, en relación con lo que se puede aprender de ellas en un primer contacto y enfocando el análisis de la patente en la parte técnica o ingenieril, procurando deslindar la parte legal asociada con las patentes. El aspecto legal asociado con una patente está fuera del alcance del presente trabajo.
6. Se profundizó en el análisis de la parte técnica de la patente tratando de identificar el propósito de la misma y los elementos constitutivos del reactor que han sido motivo de innovación tecnológica, con el fin de establecer relaciones que permitieran concluir sobre el rumbo futuro de la tecnología e innovación de los reactores anaerobios para el tratamiento de aguas residuales a escala industrial-comercial. El análisis procuró evitar sumergirse en lo que a la forma de las patentes se refiere y su asociación con la parte legal.
Se revisaron las invenciones sobre reactores para el tratamiento biológico anaerobio de aguas residuales a través de una investigación y análisis de patentes otorgadas durante las dos últimas décadas del siglo XX. Para cada patente se resume la invención e identifica los principales elementos del reactor que son objeto de desarrollo tecnológico. Para ayudar en la identificación de estos principales elementos de desarrollo tecnológico, fue importante enmarcar este análisis dentro de los antecedentes de la invención incluidos en cada documento de patente analizado. Para cada patente se recopiló y sintetizó la siguiente información:
 - a) Invenciones patentadas
 - b) Empresa que posee los derechos de patente o patentes (Titular)
 - c) Inventor
 - d) Antecedentes
 - e) Descripción de las características de la innovación y su funcionamiento

7. De la revisión y análisis de patentes se obtuvo información sobre las empresas titulares de dichas patentes y su vinculación con empresas líderes en el mercado de tecnología de reactores anaerobios con aplicación a gran escala. Para las principales empresas líderes, se investigó en el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) la existencia de patentes que protejan invenciones de interés con el propósito de identificar tecnología de libre uso en México. Con esta información se identifican tecnologías disponibles libremente en el país y posibles áreas de interés para la investigación y el desarrollo futuro en este campo en México.
8. De manera complementaria a la asesoría recibida por el comité tutorial de la tesis, la introducción al tema de las patentes y la propiedad intelectual fue a través de la asistencia a un seminario sobre el tema organizado por la ADIAT⁵, a un taller sobre el sistema de propiedad industrial en México organizado por el IMPI⁶ y la asistencia al evento ELDIPAT⁷ organizado por el IMPI.
9. Los términos y conceptos sobre el tema de patentes y propiedad intelectual que han sido empleados durante la realización del presente trabajo se resumen en el inciso 2.5 “Generalidades sobre invenciones, patentes e información tecnológica” y en el anexo II. Se emplearon como herramientas algunos conceptos usados por los especialistas en administración de la tecnología más que el pretender realizar un análisis riguroso de prospección tecnológica, propiedad intelectual o benchmarking tecnológico como lo haría un especialista en la materia.

⁵ ADIAT (Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico) seminario “Una visión práctica y actual de la propiedad intelectual”, 19 y 20 de julio, 2001, Torre de Ingeniería, Ciudad Universitaria, México D.F.

⁶ IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial) taller sobre el “Sistema de Propiedad Industrial en México”, 25 de junio, 2001, México D.F.

⁷ ELDIPAT: “2º Encuentro Latinoamericano de Divulgación de Información de Patentes”, 25 y 26 de julio, 2001, Hotel Royal Pedregal, México D.F.

4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Búsqueda de patentes otorgadas por la USPTO

La búsqueda en el banco de patentes de la USPTO arrojó alrededor de 160 registros de los cuales se hizo una depuración para identificar aquellos que satisficieran los alcances del presente trabajo. Debido a que la búsqueda de patentes empleando en principio los descriptores “anaerobic, wastewater, UASB, EGSB, fluidized bed, expanded bed” combinados entre sí y en combinación con los descriptores “apparatus, plant, reactor, equipment, device, purification, treatment, filter, SBR”, suele arrojar resultados muy gruesos, se encontró un buen número de registros de patentes sobre tratamiento anaerobio pero que se trataban de reactores o aparatos para aplicaciones en otros campos de la biotecnología (medicina o bioquímica, por ejemplo) o para el tratamiento de residuos sólidos, gases o la remoción de nutrientes. Estos registros de patente están fuera del alcance del trabajo, por lo cual se descartaron y ya no se procedió a analizar el documento de patente *in extenso*.

Refinando la búsqueda en el banco de patentes y depurando registros, se encontraron un total de 30 patentes sobre reactores, aparatos, dispositivos o equipos para el tratamiento anaerobio de aguas residuales. Las 30 patentes encontradas se analizaron conforme a la metodología presentada en la sección 3.

4.2 Análisis de patentes encontradas y resultados obtenidos

El análisis de las 30 patentes encontradas consistió de lo siguiente:

- Para todas estas patentes se obtuvo el documento *in extenso*, identificando el número y título de la patente, fecha, inventor y/o titular.
- La revisión de los antecedentes de la invención y de las figuras incluidas, fue útil para entender la descripción de la invención presentada en la patente, dado que en los antecedentes se revisa el estado del arte y las figuras ayudan a visualizar la invención.
- Una vez entendida la invención se hizo una síntesis de las principales características tecnológicas e innovaciones presentadas que están reivindicadas en la patente.

- Este proceso permitió identificar los principales elementos del reactor que han sido motivo de innovación.
- El análisis correspondiente a las 30 patentes está documentado en el presente trabajo como Anexo I, al cual se remite al lector para abundar en la información de las patentes con ayuda de las figuras relevantes. Esta separación se hizo con el fin de facilitar la lectura del presente trabajo y enfocar la atención del lector en los resultados obtenidos y su discusión.
- Las Tablas 1 y 2 presentan de manera resumida los resultados de este proceso de análisis.
- La recopilación de las 30 patentes analizadas se adjunta como Anexo III disponible en CD.

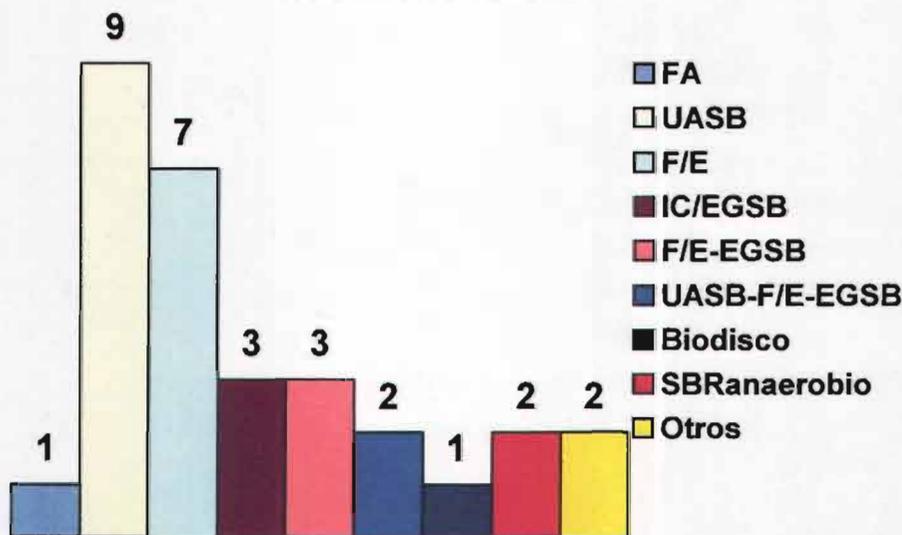
Estas 30 patentes analizadas fueron otorgadas por la USPTO a 16 diferentes compañías o instituciones que solicitaron y obtuvieron protección intelectual en Estados Unidos para sus invenciones. En la Tabla 2 están identificadas estas 16 compañías e instituciones con las respectivas innovaciones reconocidas por la USPTO.

La Tabla 1 presenta un resumen muy condensado del análisis realizado a las patentes encontradas durante la búsqueda en el banco de patentes de la USPTO a través de internet. Cabe mencionar que en algunas partes de la Tabla 1, se hace mención de patentes que no fueron analizadas. Estas patentes no se analizaron debido a que: (i) son patentes de mayor antigüedad a la del período de estudio, o (ii) la patente está enfocada a reactores aerobios; por lo tanto están fuera del alcance del presente trabajo. Sin embargo, se consideró de utilidad el solamente citarlas como antecedente o referencia de alguna patente sí analizada.

La Tabla 1 incluye las características principales de las innovaciones de los diferentes tipos de reactores anaerobios referidos en las 30 patentes. Asimismo, incluye una columna donde se describen aquellos elementos del reactor que se identificaron como objeto de innovación tecnológica. Los elementos del reactor considerados como los principales objetos de innovación fueron identificados revisando los antecedentes de la invención, entendiendo la descripción de la invención y enfocando el análisis particularmente a las reivindicaciones reclamadas en la patente.

Fig. I.

Número de patentes por tipo de reactor anaerobio o categoría (1980-2001)



Clasificación por Tipo o Categoría de Reactores Anaerobios identificados en 30 Patentes otorgadas por la USPTO entre 1980 y 2001

- | | |
|---------------|--|
| FA | = Filtro Anaerobio |
| UASB | = Upflow Anaerobic Sludge Blanket |
| F/E | = Lecho Fluidizado o Expandido |
| IC/EGSB | = Internal Circulation o Expanded Granular Sludge Bed |
| F/E-EGSB | = Lecho Fluidizado/Expandido o Expanded Granular Sludge Bed |
| UASB-F/E-EGSB | = Upflow Anaerobic Sludge Blanket, Lecho Fluidizado/Expandido o Expanded Granular Sludge Bed |
| Biodisco | = Disco biológico rotatorio |
| SBRanaerobio | = Sequencial Batch Reactor anaerobio |
| Otros | = • Tanque de dos celdas operando alternada y reciprocamente como fermentador-decantador
• Procesos Anaerobio-Aerobio integrados en un tanque |

A partir de la información de la Tabla 1 se elaboró la Tabla 2, donde se encuentra la clasificación que se hizo para los diferentes tipos de reactores anaerobios identificados en las 30 patentes analizadas. Esta clasificación se hizo tomando como base el (los) tipo(s) de reactor(es) anaerobio(s) al cual se enfocan las patentes encontradas. De esta forma, la clasificación comprende patentes con aplicación a 6 diferentes tipos de reactores anaerobios (FA, UASB, F/E, Biodisco, SBRanaerobio, Otros); patentes enfocadas a la categoría de reactores de circulación interna (IC, por sus siglas en inglés) o reactores EGSB indistintamente; y finalmente, patentes con aplicación en 2 diferentes categorías de reactores: una de ellas que agrupa a reactores F/E o EGSB, indistintamente, y la otra categoría identificada como UASB-F/E-EGSB, que agrupa a estos tres tipos de reactores debido a que las patentes se refieren a innovaciones para uso en

cualesquiera de estos reactores. Véase las Figuras I y II. Las 16 compañías o instituciones titulares de los derechos de patente en Estados Unidos, relacionados con invenciones para estos reactores, también se muestran en la Tabla 2.

La Figura I muestra el número de patentes encontradas y analizadas por cada categoría de reactor conforme a la clasificación hecha. Obsérvese que se analizaron 24 patentes relacionadas con reactores anaerobios de los tipos UASB, Lecho Fluidizado/Expandido, EGSB o IC lo cual representa un porcentaje relativo del 80 %, según se ilustra en la Fig. II. Sin embargo, nótese que aun cuando el mayor número de patentes analizadas se refiere a invenciones relacionadas específicamente con reactores UASB (9 patentes, 30 %) y con reactores de Lecho Fluidizado/Expandido (7 patentes, 23 %), el 27 % de las patentes analizadas (8 patentes) se refiere a invenciones cuya aplicación incluye a los reactores EGSB. Este hecho coincide con la importancia reconocida por van Lier *et al.* (2001) y Frankin (2001) para los reactores UASB como el proceso anaerobio que ha sido predominante durante los últimos veinte años, afirmación que puede ampliarse en el sentido de la tendencia actual de sustitución de esta tecnología por el proceso tipo EGSB.

% Relativo por Tipo de Reactor o Categoría

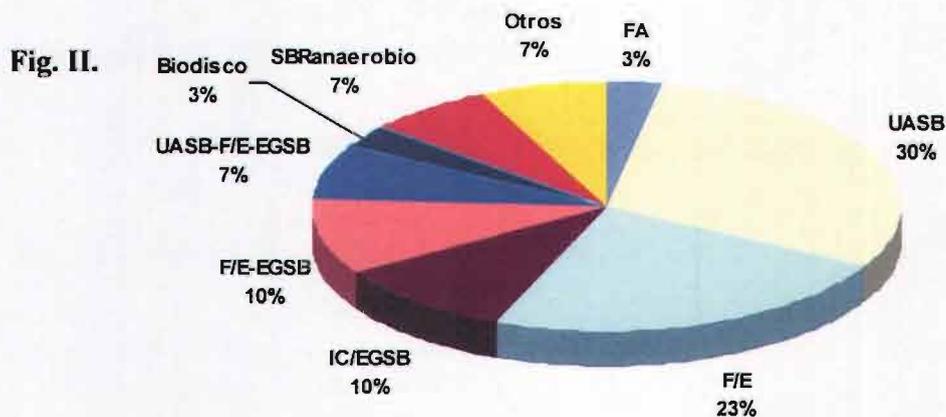


Tabla 1. Resumen del análisis realizado a 30 patentes de invenciones sobre reactores para el tratamiento anaerobio de aguas residuales

Inventión (Inventor)	Patente Analizada (Reivindicaciones)	Titular	Antecedentes de la innovación	Características principales de las innovaciones reclamadas	Elementos del reactor anaerobio objeto de innovación tecnológica	Tipo de Reactor Anaerobio
Waste treatment process (Jeris)	US4182675 Ene 8, 1980 (35)	Ecolotrol	Procesos de adsorción con carbón activado empleados a escala experimental, que requerían frecuentes retrolavados o regeneración del medio adsorbente debido a taponamiento por saturación del medio o crecimiento microbiano excesivo, según se describe en publicaciones científicas como en Weber et. al., 1969 y 1970, y en la patente US3658697 de Abr 25, 1972 (no analizada).	Control por medios abrasivos o mecánicos del crecimiento de la biopelícula en reactores de lecho fluidizado. El crecimiento bacteriano sobre partículas de material de soporte se controla retirando del lecho cierta cantidad de partículas para someterlas, externamente al reactor, a una abrasión que remueve el exceso de crecimiento para después reciclarlas al lecho del reactor. La configuración preferida para la invención emplea un agitador rotatorio de hojas afiladas para remover el exceso de crecimiento bacteriano sobre las partículas del material de soporte del lecho. El material de soporte se puede inocular dentro o fuera del lecho fluidizado.	Control del crecimiento de la biopelícula en lechos constituidos por material particulado empleado como medio de soporte	Lecho fluidizado
Apparatus for the anaerobic purification of waste water (Pette)	US4253956 Mar 3, 1981 (13)	Centrale Suiker Maatschappij	Aparato conocido a partir de la solicitud de patente holandesa No. 7606904, del mismo titular. Consiste de un tanque reactor para la fermentación metanogénica y un compartimiento post-sedimentador (clarificador) para la separación de fases, en la parte superior del reactor. Dicho post-sedimentador en su parte más baja tiene abertura de descarga hacia el reactor, de tal forma que el lodo anaerobio activado separado en el compartimiento post-sedimentador puede regresar al reactor. El inventor identificó mejoras de diseño que era posible efectuar para mejorar la operación del reactor y hacer su diseño más simple.	En un reactor con compartimientos denominados post-sedimentadores o clarificadores en su parte alta, se incorpora un diseño de aberturas de entrada a los post-sedimentadores con base en un truncamiento o interrupción en las paredes inclinadas que forman los post-sedimentadores. Las partes a ambos lados de esta interrupción están separadas una cierta distancia perpendicular entre sí. Con este diseño la abertura se encuentra protegida evitando que el gas entre a través de ella a los compartimientos post-sedimentadores creando turbulencia. Estas aberturas permiten que la mezcla de lodo y agua que procede de la parte baja del reactor fluya a los compartimientos post-sedimentadores y que el lodo sedimentado sea descargado de regreso al tanque de reacción, mejorando la clarificación del agua purificada.	Sedimentador, separador de fases o clarificador localizado en la parte alta del reactor para formar una zona de calma que favorece la retención del lodo dentro del reactor y la clarificación del efluente.	UASB

Tabla 1. (continuación)

Inventor	Patente Analizada (Reivindicaciones)	Titular	Antecedentes de la innovación	Características principales de las innovaciones reclamadas	Elementos del reactor anaerobio objeto de innovación tecnológica	Tipo de Reactor Anaerobio
Methane production by attached film (Jewell)	US4284508 Ago 18, 1981 (12)	Jewell	Los elevados costos de energía por aireación asociados con los reactores de lodos activados y las limitaciones de la fermentación metanogénica, habían motivado numerosos intentos para mejorar los procesos biológicos de tratamiento con el reciente enfoque hacia los procesos de película adherida usando aire u oxígeno puro. Los métodos de tratamiento y los reactores aerobios que empleaban lecho fluidizado eran bien conocidos dentro del estado del arte patentado, como era evidente en las patentes de Jeris US3846289, US3956129, US4009099 y US4009105. Estos procesos ofrecían mejoras tecnológicas, sin embargo sus requerimientos de oxígeno y elevados caudales resultaban en elevados consumos de energía, similares a los de la tecnología convencional.	Se refieren a la invención del sistema conocido como reactor anaerobio de lecho expandido, constituido por partículas de arrastre que tienen biopelícula adherida, para el tratamiento de agua residual doméstica. El agua residual diluida se inocula con bacterias anaerobias que incluyen bacterias metanogénicas y se introduce por el fondo de un reactor de lecho expandido constituido por partículas de diámetro entre 20 y 30 micras, cubiertas con una película de polisacáridos. El efluente parcialmente tratado se recicla desde la parte alta del lecho hacia el fondo del lecho para darle un tratamiento adicional.	Lecho expandido o fluidizado constituido por partículas de arrastre que favorecen el crecimiento de biopelícula de bacterias anaerobias	Lecho expandido o fluidizado
Process and apparatus for the anaerobic treatment of waste water in a filter including granular material (Rovel <i>et al.</i>)	US4482458 Nov 13, 1984 (8)	Degremont	Los filtros anaerobios de flujo ascendente o descendente, que estaban llenos con material de soporte donde crece la biomasa que lleva a cabo la biodegradación de la materia orgánica del agua. El tiempo de tratamiento que recibe el agua es tan corto que se requiere una alta tasa de recirculación del agua al reactor. El empleo de materiales ordinarios, como el plástico, causa que sólo una pequeña cantidad de biomasa se adhiera al material. Estos sistemas presentaban desventajas también referentes a la distribución y recirculación del agua dentro del reactor y taponamiento del filtro. Además, algunos de estos sistemas conocidos requieren de un sedimentador exterior al reactor, para el agua tratada. Como antecedente también está el sistema de bombeo presentado en la patente US4111808 (no analizada) que consiste de un tubo vertical al cual se inyecta gas presurizado para crear un efecto de bombeo ascendente o "gaslift".	Proceso y aparato que incluye un filtro constituido de material granular que sirve de soporte para el crecimiento de la biomasa. El material granular y el agua se mantienen en circulación continua, mediante un sistema de bombeo que utiliza como fluido de impulsión parte del biogás producido durante el tratamiento. El sistema de bombeo comprende un tubo vertical que se extiende verticalmente a través del filtro dentro del reactor. Una parte del biogás generado durante el tratamiento anaerobio se inyecta al tubo, lo cual crea un efecto de bombeo ascendente o "gaslift" a través del tubo y gracias a este efecto de bombeo se logra la circulación continua del material granular y el agua que está siendo tratada.	Sistema de bombeo y circulación del contenido del reactor basado en efecto gaslift.	Filtro Anaerobio empacado con material granular como medio de soporte para el crecimiento de la biopelícula con recirculación tipo gaslift.

Tabla 1. (continuación)

Invención (Inventor)	Patente Analizada (Reivindicaciones)	Titular	Antecedentes de la innovación	Características principales de las innovaciones reclamadas	Elementos del reactor anaerobio objeto de innovación tecnológica	Tipo de Reactor Anaerobio
Anaerobic contactor (Friedman <i>et al.</i>)	US4563281 Ene 7, 1986 (6)	Syracuse University	<p>Un antecedente principal de la invención es el sistema denominado Contactor Biológico Rotatorio (RBC, por sus siglas en inglés) el cual es usado en el tratamiento aerobio de aguas residuales. Comúnmente se le conoce como Biodisco.</p> <p>Asimismo, las patentes US3640846, US3724542, US3817857, US3994780, US4043936, US4067801, US4100023, US4134830 que presentan diferentes tipos de sistemas anaerobios para tratar agua residual. Estos sistemas operan en condiciones atmosféricas o ambiente y están limitados por la cantidad de influente que pueden eficientemente admitir.</p>	<p>Se refieren a la invención del sistema conocido como AnRBC (Contactor Biológico Rotatorio Anaerobio) o Biodisco Anaerobio. Los discos rotatorios con biopelícula adherida se encuentran encerrados dentro de un tanque sellado, para operar en condiciones controladas que permiten que la presión en el espacio sobre el nivel del agua sea inferior a la presión atmosférica. Esto permite que parámetros críticos que afectan negativamente la metanogénesis se puedan controlar o reducir para mejorar la operación del reactor.</p>	Control de parámetros que influyen en el desempeño de las biopelículas y afectan negativamente la metanogénesis	Biodisco o Contactor Biológico Anaerobio
Anaerobic purification equipment for waste water (Vellinga)	US4609460 Sep 2, 1986 (10)	Paques	<p>Las patentes US4253956 y US4482458 previamente analizadas, revelan procesos y reactores que aprovechan el efecto gas-lift para la recirculación del lodo sedimentado con la ayuda de clarificadores o desgasificadores colocados en la parte alta del reactor, así como el mezclado del lodo y el agua en la zona de reacción. La solicitud de patente alemana 82-01293 revela que creando una sobrepresión en el desgasificador es posible controlar la turbulencia que suelen presentar estos dispositivos y causa la pérdida de lodo por arrastre junto con el efluente tratado. Sin embargo, la desventaja de crear esta sobrepresión es que el reactor requiere un diseño que la soporte lo cual incrementa su costo.</p>	<p>Reactor de circulación interna IC, basado en el concepto gas-lift. Dos separadores gas-sólido, uno situado en la parte media del reactor y el segundo en la parte alta, coleccionan una mezcla gas-líquido que se conduce por tubos ascendentes hasta un desgasificador en lo alto. De aquí, a través de un tubo descendente, se retorna lodo y agua al fondo del reactor a una zona de mezclado turbulento con el influente.</p>	Separador de fases, Sistema de Circulación y Mezclado dentro del reactor	Circulación Interna (IC) EGSB

Tabla 1. (continuación)

Inventor	Patente Analizada (Reivindicaciones)	Titular	Antecedentes de la innovación	Características principales de las innovaciones reclamadas	Elementos del reactor anaerobio objeto de innovación tecnológica	Tipo de Reactor Anaerobio
Plant for the anaerobic purification of wastewater (Vellinga)	US4622147 Nov 11, 1986 (4)	Paques	Los reactores UASB tradicionales cuyo sedimentador usualmente consiste de dos niveles de campanas colectoras. Presentan la desventaja de que su sistema sedimentador no permite la separación adecuada del lodo y el agua debido a la turbulencia creada por las diminutas burbujas de gas generadas en la cámara de fermentación. Esto resulta que dentro del sedimentador se creen excesivas corrientes de flujo ascendentes y descendentes produciendo turbulencia y perturbando la sedimentación, en detrimento de la operación del reactor. Un aparato donde se identifica esta desventaja es el presentado en la patente US4253956.	Reactor que incluye tres niveles de campanas colectoras de gas en su parte alta, un nivel más que los reactores UASB entonces conocidos. Mediante un sistema de tuberías para flujo ascendente interconectadas con las campanas colectoras, se conduce el gas a una línea de descarga. Se busca crear una zona libre de turbulencia en la parte alta del reactor, por donde se descarga el efluente.	Sedimentador, separador de fases o clarificador localizado en la parte alta del reactor formado por tres niveles de campanas colectoras para formar una zona de calma que favorece la retención del lodo dentro del reactor y la clarificación del efluente.	UASB
Apparatus for purifying water (Vellinga)	US4707254 Nov 17, 1987 (4)	Paques	Los reactores cuyo distribuidor de influente descarga el agua al interior del reactor mediante chorros dirigidos verticalmente hacia abajo, desgastando el fondo del reactor.	Sistema de distribución de influente mediante tubos en arreglo característico asemejando cuerdas que van de un extremo a otro de un reactor de lecho de lodos. Los tubos tienen orificios en su parte inferior y permiten una descarga sobre el fondo del reactor, inclinada a 30° respecto de la horizontal.	Sistema de distribución del influente dentro del reactor	UASB
Equipment for the anaerobic purification of waste water (Vellinga)	US4758339 Jul 19, 1988 (4)	Paques	La patente US4622147 que presenta un sistema de sedimentador para reactor UASB que se enfoca a limitar la turbulencia en la zona de descarga del reactor, localizada en la parte alta de éste, para mejora la clarificación del efluente.	Mejora sobre el diseño de campanas colectoras de gas, que consiste en que el gas colectado se canaliza por un extremo de la campana hasta una cámara de almacenamiento de gas a través de orificios que comunican con la cámara de fermentación. Evita flujos horizontales y verticales causados por el empleo de campanas conocidas, mejorando la zona libre de turbulencia que requiere la descarga del reactor.	Sedimentador, separador de fases o clarificador con cámara de almacenamiento de biogás para formar una zona de calma que favorece la retención del lodo dentro del reactor y la clarificación del efluente	UASB

Tabla 1. (continuación)

Invención (Inventor)	Patente Analizada (Reivindicaciones)	Titular	Antecedentes de la innovación	Características principales de las innovaciones reclamadas	Elementos del reactor anaerobio objeto de innovación tecnológica	Tipo de Reactor Anaerobio
Apparatus for the anaerobic treatment of waste water (Durot <i>et al.</i>)	US4818393 Abril 04, 1989 (8)	Degremont	<p>Los aparatos convencionales caracterizados por incluir un fermentador y un tanque clarificador por separado (contacto anaerobio), desde donde se recirculan los lodos al fermentador. Para que los lodos puedan acumularse en el clarificador de tal forma que se puedan extraer, se requiere un tanque clarificador muy profundo y voluminoso. Adicionalmente estos equipos suelen causar problemas de malos olores debido a que son difíciles de cubrir por su tamaño. Además presentan la desventaja que los lodos pueden enfriarse y requieren ser calentados antes de poder ser recirculados al fermentador. Se conocían ya aparatos en los cuales el tanque clarificador estaba integrado al fermentador. Si bien estos aparatos superaban algunas de las desventajas identificadas, por ejemplo que son menos voluminosos, que evitan la generación de malos olores y los riesgos de choque térmico para los lodos, sin embargo su construcción es compleja. Asimismo requieren del empleo de separadores de gases integrados al aparato, entre la zona de fermentación y la zona de decantación, que no resuelven el problema de la desgasificación requerida en el tanque decantador.</p>	<p>Aparato caracterizado por contar con dos celdas idénticas y contiguas que se comunican entre sí y operan alternada y recíprocamente como celda de fermentación y celda de decantación. Cada celda que incluye dispositivos convencionales para alimentar el agua residual al tratamiento, captar el agua tratada, descargar el gas generado y el exceso de lodos, así como un sistema de agitación mediante inyección de gas reciclado, está equipada con un dispositivo de transferencia gas-lift. Este dispositivo permite adaptar la celda para funcionar como una cámara de decantación. De acuerdo con otra configuración de la invención, se puede emplear aire en el dispositivo de transferencia gas-lift y oxigenar los lodos, dando por resultado que la metanogénesis se detenga parcialmente antes de que los lodos sean introducidos en la zona de decantación, previniendo así la emisión del biogás que provoca turbulencia en el decantador.</p>	<p>Clarificador y sedimentador, así como los dispositivos para la recirculación de lodos</p>	<p>Tanque dividido en dos compartimientos o celdas que operan alternada y recíprocamente como celda de fermentación y celda de decantación</p>

Tabla 1. (continuación)

Inventor	Patente Analizada (Reivindicaciones)	Titular	Antecedentes de la innovación	Características principales de las innovaciones reclamadas	Elementos del reactor anaerobio objeto de innovación tecnológica	Tipo de Reactor Anaerobio
Fluidized bed reactor with means for ensuring homogeneous distribution of the fluid to be treated (Bernard <i>et al.</i>)	US4869815 Sep 26, 1989 (13)	Degremont	Los reactores de lecho fluidizado cuya técnica de fluidización era bien conocida y empleada para llevar a cabo el tratamiento anaerobio y aerobio del agua residual. Sin embargo, presentaban desventajas que habían hecho difícil ofrecer un reactor de lecho fluidizado a escala industrial en el cual fuese posible asegurar en forma confiable, simple y fácil la distribución uniforme, en la base del reactor, del influente a ser tratado. Una distribución no homogénea conduce a la creación simultánea de zonas deficientemente agitadas y otras altamente turbulentas. Por lo tanto, el funcionamiento del reactor se ve reducido y también ocurre la pérdida del material granular que conforma el lecho. Otras desventajas identificadas en los dispositivos conocidos es que se ven afectados por los sólidos en suspensión y el crecimiento bacteriano que causan obstrucciones. Uno de estos dispositivos conocidos es el que se presenta en la patente US4202774.	Reactor que consta de un compartimiento más bajo el cual alberga material granular de transferencia y uno o más compartimientos superiores que albergan el lecho de material granular de tratamiento. Los compartimientos inferior y superiores están dimensionados y construidos de tal forma que el material de transferencia no se fluidice ascendentemente y no se vea involucrado en el tratamiento biológico del agua residual. Así, el material de transferencia forma una zona de alimentación y distribución, mientras que el material granular de tratamiento forma por sí mismo una zona de fluidización la cual es el área operacional del reactor biológico. El material granular de transferencia no toma parte en las reacciones biológicas propias del tratamiento del agua residual, sino que cumple funciones de disipación de energía y de distribución. Por otro lado, la velocidad del agua residual que ingresa al lecho de material granular de tratamiento es tal que permite el desarrollo de la biopelícula que lleva a cabo el tratamiento biológico del agua residual.	Distribuidor de influente y fluidización del lecho. Arquitectura del reactor	Lecho fluidizado
Apparatus for anaerobic purification of waste water (Doets)	US5013431 May 7, 1991 (3)	Meyn Machinefabriek	Un aparato de esta clase se conoce a partir de la solicitud de patente alemana No. 8402337. Se identifica como desventaja el que utiliza un gran número de pequeños colectores de gas que lo hacen complicado, grande y caro. La separación de tres fases tiene lugar en la parte alta del reactor en un único y mismo espacio, donde se lleva a cabo la separación gas-lodo-agua. El mezclado del lodo anaerobio con el agua residual es deficiente, dando por resultado una baja eficiencia del proceso biológico de tratamiento y la necesidad de mayores tiempos de residencia del agua dentro del aparato.	Aparato de arquitectura esbelta dividido a lo largo de su altura en tres secciones: una para el reactor, otra para la separación lodo-agua y la más alta que constituye el separador gas-lodo. El agua residual se introduce al reactor por su parte baja y fluye ascendentemente. Se emplean separadores de gas cónicos y se emplean mamparas que mejoran el mezclado del lodo con el agua influente. Incluye un tubo central para recircular el lodo separado en el separador gas-sólido hasta la sección de reacción. El separador lodo-agua cuenta con un separador de lamela para mejorar el proceso. En el separador lodo-agua se cuenta con una descarga para el efluente tratado. El aparato incluye descargas para el lodo en exceso.	Arquitectura del reactor, separador de tres fases, mezclado del lodo con el influente.	Lecho fluidizado

Tabla 1. (continuación)

Inventor	Patente Analizada (Reivindicaciones)	Titular	Antecedentes de la innovación	Características principales de las innovaciones reclamadas	Elementos del reactor anaerobio objeto de innovación tecnológica	Tipo de Reactor Anaerobio
Fluidized bed process (Lourens <i>et al.</i>)	US5116505 May 26, 1992 (8)	Gist-Brocades	Los procesos y reactores convencionales UASB y de lecho fluidizado/expandido (EGSB). Experimentaban desventajas como la desintegración del lodo granular y la pérdida de lodo particularmente durante el tratamiento de aguas residuales concentradas, por un deficiente control del efecto gaslift que crea turbulencia y perturba la sedimentación en la zona de descarga del reactor. También los reactores de lecho fluidizado que empleaban material granular (arena) como soporte para el crecimiento de la biopelícula.	Proceso de lecho fluidizado perfeccionado para emplear lodo granular anaerobio. Incluye un reactor de lecho fluidizado con un sistema de distribución de influente en la base del reactor mediante varias tuberías de entrada del agua con puntos de descarga verticalmente hacia abajo que favorecen el empleo de lodo granular. La principal innovación se resume en conjugar las ventajas del proceso de lecho fluidizado/expandido convencional con el empleo de lodo granular anaerobio del proceso UASB.	Distribuidor del influente	Lecho fluidizado/expandido (EGSB)
Anaerobic sequencing batch reactor (Dague)	US5185079 Feb 9, 1993 (18)	Iowa State University	El proceso de "contacto anaerobio" o "lodos activados anaerobio" desarrollado en la década de los 50's, emplea dos tanques. El efluente del tanque de reacción o contacto requiere pasar por una unidad de desgasificación antes de ser conducido al sedimentador donde se separan los sólidos para ser recirculados al tanque de contacto. Esto resulta en un elevado costo de inversión y deficiencias asociadas con la necesidad de transferencia de materiales a tanques separados para las diferentes etapas del proceso.	Protegen la invención del reactor SBR anaerobio. El proceso se lleva a cabo dentro de un solo tanque que es operado bajo un esquema de llenado y vaciado en forma secuencial. Se elimina la necesidad de emplear múltiples unidades de proceso como en el contacto anaerobio. El agua cruda influente se mezcla con la biomasa mediante la recirculación de biogás o efluente tratado. La alimentación del influente continúa hasta que el reactor se llena a su nivel predeterminado. La reacción anaerobia se desarrolla con un mezclado intermitente o continuo. Después el mezclado cesa, permitiendo que la biomasa sedimente bajo condiciones de calma y dando por resultado un sobrenadante con baja cantidad de sólidos suspendidos. El sobrenadante se extrae del reactor y entonces baja el contenido del reactor hasta un nivel predeterminado para iniciar un nuevo ciclo de proceso.	Procesos anaerobios discontinuos secuenciales. Arquitectura de reactores.	SBR anaerobio

Tabla 1. (continuación)

Inventor	Patente Analizada (Reivindicaciones)	Titular	Antecedentes de la innovación	Características principales de las innovaciones reclamadas	Elementos del reactor anaerobio objeto de innovación tecnológica	Tipo de Reactor Anaerobio
Fluidized – bed apparatus (Heijnen <i>et al.</i>)	US5230794 Jul 27, 1993 (10)	Biothane	Estas innovaciones se presentan en la patente US5116505 de Gist-Brocades, sin embargo no son reivindicadas por la patente. Heijnen <i>et al.</i> consideran que la invención presentada en la patente US4609460 de Paques, aunque captura una parte considerable del biogás generado por fermentación antes de que éste alcance la parte superior del reactor, es de construcción más bien complicada. Identifican desventajas en la invención registrada en la patente US4622147 de Paques: el separador de fases en tres niveles presentado para un reactor UASB, no sólo no resuelve el problema de la turbulencia en la parte alta del reactor UASB, sino que la construcción de ese separador de fases demanda un volumen considerable.	Reivindica innovaciones para un reactor de lecho fluidizado o EGSB que se centran en el separador de tres fases y el distribuidor del influente. La innovación busca mejorar el desempeño de los reactores de lecho fluidizado convencionales con base en la idea de que la pérdida de lodo se tiene que prevenir en los equipos con velocidades altas de gas y líquido, no mediante la opción de condiciones moderadas de flujo dentro del reactor, sino por el eficiente y selectivo retorno del lodo al reactor mediante un eficiente separador de tres fases localizado en lo alto del reactor. Reivindica la geometría del reactor mediante una razón H (altura)/D (diámetro) entre 2-40 y 2-10, para reactores con una altura entre 6-25 m y entre 10-20 m.	Separador de tres fases y Distribuidor del influente Arquitectura del reactor	Lecho fluidizado/expandido (EGSB)
Startup openings in a three-phase gaslift loop reactor (Mulder <i>et al.</i>)	US5256380 Oct 26, 1993 (3)	Paques	Durante el arranque de reactores gaslift con sólidos suspendidos, pueden ocurrir problemas para lograr el estado de suspensión de los sólidos. Para lograr esto en un reactor gas-lift de tres fases se requiere de una velocidad del gas y/o líquido mucho mayor, comparada con la empleada después para mantener este estado de suspensión (efecto conocido como <i>de histéresis</i>). Los efectos de histéresis se ha demostrado que ocurren entre la fase inicial y la fase de mantenimiento del completo estado de suspensión de sólidos.	El empleo de orificios en tubos de corriente (ascendentes o descendentes) usados en reactores de ciclo gaslift de tres fases, disminuye los efectos de histéresis que se presentan durante el arranque del reactor, obteniéndose beneficios por consumo de energía requerida para el arranque del reactor.	Arranque de reactores de ciclo gas-lift de tres fases	Lecho fluidizado

Tabla 1. (continuación)

Inventor	Patente Analizada (Reivindicaciones)	Titular	Antecedentes de la innovación	Características principales de las innovaciones reclamadas	Elementos del reactor anaerobio objeto de innovación tecnológica	Tipo de Reactor Anaerobio
Module for a reactor for anaerobic waste water treatment (Zumbragel <i>et al.</i>)	US5338445 Ago 16, 1994 (9)	Passavant-Werke	<p>Esta es una innovación aplicable en módulos ya existentes para reactores UASB, construidos con materiales que presentaban desventajas debido a problemas de corrosión y hermeticidad que ocasionaban fugas y emisión de malos olores. Otra desventaja identificada se refiere a la configuración de los módulos en el reactor, el cual debía ser drenado para efectuar reparaciones, lo que se traducía en pérdida de tiempo y dificultades de mantenimiento.</p> <p>Se citan como antecedentes la patente US4253956 (Mar 03, 1981) de Centrale Suiker Maatschappij y las patentes US4622147 (Nov 11, 1986) y US4758339 (Jul 19, 1988) de Paques.</p>	<p>Módulo para un reactor UASB, que comprende un separador de tres fases, integrado por un conjunto de domos que forman varias capas traslapadas, con la finalidad de separar el biogás generado. Las partículas de lodo biológico empujadas hacia arriba, sedimentan sobre la superficie externa de los domos y caen de regreso al reactor. Se superan desventajas identificadas en los reactores de este tipo que anteceden a la invención, al construir los módulos de plástico resistente a la corrosión y a prueba de fugas y emisión de malos olores. Las innovaciones en reactores UASB se centran en: el separador de tres fases construido en plástico y la arquitectura del reactor (sistema de módulos compuestos por domos cilíndricos que colectan el gas, y un conducto de descarga central y externo a los módulos).</p>	<p>Separador de tres fases, Materiales de construcción resistentes a la corrosión y Arquitectura del reactor</p>	UASB
Bioreactor (Vellinga)	US5338447 Ago 16, 1994 (9)	Paques	<p>El sistema de distribución de reactores como el de lecho fluidizado (patente US4618418 de Gist-Brocades), el de lecho expandido y el de circulación interna (patente US4609460 de Paques). Otros sistemas de distribución se conocían a partir de las patentes US4707254 de Paques y US4202774 de Dorr Oliver. La desventaja común asociada con los sistemas de distribución del influente de estos reactores, que mezclan el influente con la recirculación sobre la superficie del fondo del reactor, es que no permiten la fluidización o expansión completa y estable del lecho de lodo. Como consecuencia, se presentan en los reactores flujos en corto circuito y esquinas muertas.</p>	<p>Sistema de distribución alojado dentro de un compartimiento separado de la cámara de reacción, pero en comunicación hidráulica con esta cámara a través de ranuras conformadas por el diseño del compartimiento. Dentro de este compartimiento separado, el sistema de distribución descarga tangencialmente el influente para su mezclados con el lodo y la recirculación.</p>	<p>Sistema de distribución del influente dentro del reactor</p>	<p>Circulación Interna (IC) EGSB</p>

Tabla 1. (continuación)

Inventor	Patente Analizada (Reivindicaciones)	Titular	Antecedentes de la innovación	Características principales de las innovaciones reclamada	Elementos del reactor anaerobio objeto de innovación tecnológica	Tipo de Reactor Anaerobio
Apparatus and method of circulating a body of fluid containing a mixture of solid waste and water and separating them (Edwards)	US5441634 Ago 15, 1995	Edwards Laboratories	Los reactores UASB convencionales presentan en su construcción y operación dos deficiencias. Por una parte, que los reactores UASB no son adecuados para el tratamiento de aguas residuales municipales debido a su elevado contenido de sólidos suspendidos, que causan taponamientos y obstrucciones en el reactor. Por otra parte, el sistema tradicional de mamparas del UASB por sí solo no asegura que el efluente estará libre de sólidos arrastrados por una deficiente separación de la fase gaseosa. Están como patentes antecedentes las patentes US4609460, US4622147 y US4758339 de Paques.	Reactor tipo UASB y método de hacer circular el fluido (mezcla de agua residual, lodo y biogás) con el propósito de separar sus componentes. Se emplea un dispositivo separador que básicamente cumple la función de un separador de tres fases. Se emplea para el tratamiento de aguas residuales municipales, que tienen elevados niveles de sólidos en suspensión en relación con las aguas residuales industriales. Por efecto gaslift a causa del biogás generado en el digestor, la mezcla de agua, lodo y gas fluye a través de una zona estrecha por la presencia de una campana y un embudo y alcanza una zona donde se desgasifica. La mezcla desgasificada fluye hacia abajo por gravedad y los sólidos sedimentan separándose de la mezcla desgasificada, lo cual permite que el agua remanente sustancialmente libre de los sólidos sedimentados ascienda hasta el vertedero de efluentes.	Separador de tres fases y mezclado del reactor por efecto gaslift.	UASB
Biogas reactor for the anaerobic treatment of waste water (Coenen <i>et al.</i>)	US5500118 Mar 19, 1996 (9)	Passavant Werke	En las campanas colectoras conocidas y empleadas en reactores UASB se identifican desventajas que ocasionan pérdidas de biomasa así como la tendencia a la formación de espuma. Como antecedente está la patente US4622147 de Paques.	Reactor UASB que incluye campanas colectoras escalonadas en dos planos sobrepuestos. La sección transversal de las campanas tiene forma triangular determinada por dos superficies planas inclinadas. El lodo que aún se encuentra en el agua residual que asciende en el reactor hacia el nivel de descarga del efluente, sedimenta desde la zona de calma sobre las campanas colectoras y resbala hasta el lecho de lodos en la parte baja del reactor.	Campanas colectoras para separar el biogás generado	UASB

Tabla 1. (continuación)

Inventor	Patente Analizada (Reivindicaciones)	Titular	Antecedentes de la innovación	Características principales de las innovaciones reclamada	Elementos del reactor anaerobio objeto de innovación tecnológica	Tipo de Reactor Anaerobio
Reactor for the biological treatment of water (Vellinga)	US5565098 Oct 15, 1996 (12)	Paques	En invenciones previas, el separador de fases consiste en campanas colectoras para el biogás (patente US4609460 de Paques) o placas paralelas inclinadas para retención de la biomasa (patente US5230794 de Biothane). La construcción característica de los distribuidores de influente conocidos a través de las patentes US4618418 (Gist-Brocades), US4707254 (Paques) y US5230794 (Biothane), con base en sistemas de tuberías perforadas o con boquillas, es más elaborada y susceptible de obstrucción.	Reactor biológico que perfecciona la forma de separación del lodo en el sedimentador y mejora la circulación interna dentro del reactor. Con este propósito, al menos una línea de suministro de líquido y/o gas descarga en dirección tangencial dentro de la cámara de sedimentación del reactor, para generar un remolino dentro de dicha cámara. El agua residual se introduce al reactor mediante un sistema de tuberías que descargan directamente en forma tangencial hacia abajo dentro de un tubo de bajada que viene desde el sedimentador, para mezclar homogéneamente el influente con la recirculación. Esta introducción innovadora del influente al reactor, elimina el sistema de tuberías perforadas o con boquillas característico de los distribuidores de influente conocidos.	Sedimentador, Sistema de Circulación y Mezclado dentro del reactor, Distribuidor del Influyente	Circulación Interna (IC) EGSB
Anaerobic upflow batch reactor (Li et al.)	US5599450 Feb 4, 1997 (9)	Jet Tech	Los reactores anaerobios discontinuos de flujo ascendente conocidos. En particular el reactor anaerobio SBR patentado por Iowa State University (patente US5185079, Feb 9, 1993). Se identificaron desventajas de operación asociadas con el deficiente patrón de flujo pistón que se desarrolla dentro del reactor, el cual experimenta mezclado horizontal que perturba el flujo ascendente vertical debido a la extracción del agua por un costado del reactor.	El agua residual influente se distribuye uniformemente cerca del fondo de un reactor SBR a través de múltiples puntos de descarga. El efluente tratado se capta en la parte alta del reactor análogamente, de manera uniforme a través de un sistema de tuberías con múltiples orificios. De esta forma, durante la operación del reactor se minimiza el mezclado horizontal, logrando que el agua ascienda verticalmente con flujo pistón.	Patrón de flujo del agua residual en los reactores SBR anaerobios conocidos. Sistemas de distribución de influente y de captación del efluente.	SBR anaerobio

Tabla 1. (continuación)

Inventor (Inventor)	Patente Analizada (Reivindicaciones)	Titular	Antecedentes de la innovación	Características principales de las innovaciones reclamadas	Elementos del reactor anaerobio objeto de innovación tecnológica	Tipo de Reactor Anaerobio
Process and apparatus for the treatment of flowable waste (Cummings)	US5733454 Mar 31, 1998 (56)	EHH Holding	En general los reactores de lecho fluidizado/expandido. La patente US4284508 de Jewell presenta un reactor de lecho expandido, constituido de partículas inertes de diámetro pequeño que tienen biopelícula anaerobia adherida para la purificación del agua residual. Sin embargo se identificó como una seria desventaja de este sistema el hecho de que para asegurar una expansión uniforme del lecho y una distribución uniforme del agua residual, se requería de reactores cilíndricos de diámetro pequeño. No se había logrado hasta entonces llevar el proceso a gran escala para emplearlo en aplicaciones con una tasa alta de tratamiento anaerobio.	Reactor conformado por dos zonas, una más baja en la cual se tiene una mezcla heterogénea de microorganismos constituidos en biopelícula adherida a pequeñas partículas (0.05 y 0.2 mm) de material de soporte. Otra zona más alta, en donde el agua tratada se separa del gas y las partículas de soporte. El agua residual cruda se introduce a la succión de una bomba recicladora, que recicla agua tratada desde la zona alta del reactor, e intermitentemente introduce pulsos de la mezcla de agua tratada y agua residual cruda a unos puertos de descarga específicamente localizados y espaciados cerca del fondo. Los pulsos logran la integración del agua residual con los microorganismos de forma satisfactoria que no se necesita mantener el lecho completo totalmente expandido ni completamente mezclado con el agua residual todo el tiempo. Se obtienen velocidades de flujo ascendente que favorecen la adecuada operación del sistema y el volumen de agua tratada que se requiere reciclar para el control de lecho se reduce significativamente.	Fluidización intermitente del lecho, Sistema de distribución de influente y reciclado de efluente. Arquitectura de reactores.	Lecho fluidizado/expandido
Three-phase separator for a fluidized bed apparatus (Heijnen <i>et al.</i>)	US5855785 Ene 5, 1999 (2)	Biothane	Patentes US5230794 de Biothane y US5116505 de Gist-Brocades.	Reivindica explícitamente derechos de propiedad industrial sobre una configuración del separador de 3 fases presentado como invención reclamada en la patente US5230794 de Biothane.	Separadores de 3 fases situados en lo alto del reactor	De lecho fluidizado/expandido (EGSB)
Settling device for a fluid containing liquid, gas and particulate material, as well as a cleaning device provided herewith and a method for cleaning waste water (Vellinga)	US5904850 May 18, 1999 (14)	Paques	Dispositivos sedimentadores de este tipo se conocen a través de patentes como US4758339 y US4622147 de Paques. Estos sedimentadores tienen la desventaja que, bajo gran turbulencia, las burbujas pueden fácilmente pasar entre las campanas para captura del biogás y perturbar la sedimentación.	Sedimentador, reactor y método para la separación de líquido, gas y partículas, de tal forma que en lo alto del sedimentador se logra una zona libre de partículas y gas. Para ello el sedimentador se conforma de campanas con perfil en V, inclinadas, que colectan el gas y lo conducen a una cámara de donde se evacua del reactor. Innovación sobre los sedimentadores para reactores UASB como los de las invenciones presentadas en las patentes US4622147 y US4758339.	Diseño de campanas colectoras de biogás que constituyen el sedimentador o separador de fases localizado en la parte alta del reactor. El diseño de las campanas colectoras favorecer la formación de una zona de calma que mejora la retención del lodo dentro del reactor y la clarificación del efluente	UASB

Tabla 1. (continuación)

Inventor (Inventor)	Patente Analizada (Reivindicaciones)	Titular	Antecedentes de la innovación	Características principales de las innovaciones reclamada	Elementos del reactor anaerobio objeto de innovación tecnológica	Tipo de Reactor Anaerobio
Process for aerobic treatment of waste water (Habets <i>et al.</i>)	US5972219 Oct 26, 1999 (12)	Paques	De acuerdo con Habets <i>et al.</i> , se han propuesto variantes basadas en el principio del UASB, que comprenden mayores velocidades de flujo como resultado de la recirculación de efluente, empleando el biogás como una bomba, o simplemente construyendo columnas altas más estrechas; sin embargo, el principio básico permanece igual. La investigación ha revelado que las bacterias anaerobias pueden tener una alta tolerancia al oxígeno y que la adición de oxígeno puede algunas veces también ser ventajosa para un proceso anaerobio.	Proceso y aparato para el tratamiento aerobio de efluentes en un reactor tipo UASB, en el fondo del cual se alimenta el agua residual. En medio del reactor y por arriba de las campanas colectoras de biogás se suministra oxígeno en una cantidad tal que se favorece el crecimiento de biomasa facultativa y aerobia. Los dispositivos de aeración pueden moverse mecánicamente en sentido vertical en parte de la altura del reactor. El aparato también puede ser un reactor anaerobio/aerobio verticalmente integrado. El reactor está equipado con una instalación de aeración de burbuja fina, que se puede usar como una unidad independiente o en combinación con un pretratamiento anaerobio. El reactor también puede ser operado alternativamente en condiciones anaerobias o aerobias durante operaciones estacionales donde hay severas fluctuaciones de la cantidad de agua residual a tratar.	Configuración y procesos en un reactor tipo UASB para integrar procesos anaerobios/aerobios en un solo tanque.	UASB
Biological reactor including settler assembly (Biskner <i>et al.</i>)	US6030529 Feb 29, 2000 (21)	US Filter	Empleo de mamparas y sedimentadores en reactores UASB y de lecho fluidizado. En particular su empleo en la parte alta de los filtros de medio granular de flujo descendente (patente US4076625, no analizada) para evitar pérdida de medio filtrante durante las operaciones de retrolavado del filtro. Una desventaja identificada en el filtro de la patente US4076625 es que se requiere de profundidad adicional para acomodar el sistema de mamparas. El diseño de nuevos filtros permite considerar esta necesidad, sin embargo, la adaptación de las mamparas a los filtros ya existentes no siempre es posible debido a la limitada disponibilidad de espacio.	Para una de las configuraciones preferidas de la invención, el agua residual se abastece a un reactor con lecho biológico de lodo granular o floculento que constituye la zona de reacción. Mediante un arreglo de mamparas, el agua residual, el gas y la biomasa remanente se desvían lejos de la zona de salida en donde se tiene una canaleta colectoras que capta el efluente y lo conduce para ser descargado del reactor. Este arreglo favorece que la biomasa sedimente de regreso hacia el lecho. El sedimentador está constituido por un arreglo de canaletas tubulares que sirven para controlar la turbulencia y velocidad ascendente del agua residual tratada en su flujo hacia la canaleta colectoras.	Sedimentador localizado en la parte alta del reactor para crear una zona de calma que favorece la sedimentación y retención de la biomasa.	UASB o Lecho fluidizado

Tabla 1. (continuación)

Inventor	Patente Analizada (Reivindicaciones)	Titular	Antecedentes de la innovación	Características principales de las innovaciones reclamadas	Elementos del reactor anaerobio objeto de innovación tecnológica	Tipo de Reactor Anaerobio
Method and apparatus for fluidization of particulated bed materials (Khudenko)	US6048459 Abr 11, 2000 (25)	MOCKBA	Los sistemas de lecho fluidizado entonces conocidos, donde se habían identificado desventajas particularmente en el mecanismo empleado para fluidizar el lecho entre sus límites máximo y mínimo de expansión. Desventajas asociadas con la recirculación del efluente y la eventual expansión excesiva del lecho. El flujo de recirculación y el tamaño de los clarificadores se reducen mediante la fluidización intermitente (ver patente US5733454 de EHH Holding) sin embargo implica complejidad adicional y controles caros, entre otras desventajas. Consecuentemente, ocurren corrientes en corto circuito en el agua tratada y pérdidas de material del lecho.	Tanque con el fondo dividido en compartimientos mediante mamparas. El influente se alimenta al reactor por debajo de un lecho que se fluidiza por la acción del flujo de entrada y del flujo de recirculación que también se alimenta mediante tubos de bajada desde un clarificador en lo alto del reactor. El lecho fluidizado se expande y por arriba de su nivel máximo de expansión, empieza una capa de agua clarificada. Una porción del agua clarificada es llevada hacia una caja de alimentación del reactor en lo alto a través de "gaslifts", a la cual entra el influente y parte del clarificado que se eleva por los gaslifts. Después, mediante los tubos verticales de bajada el fluido va hasta abajo del lecho y se distribuye uniformemente en el fondo del reactor produciendo la expansión requerida.	Método de fluidización del lecho mediante recirculación del efluente, uso específico de gaslifts.	Lecho fluidizado/expandido
Apparatus for the biological purification of waste water (Habets <i>et al.</i>)	US6063273 May 16, 2000 (8)	Paques	Desventajas identificadas en aparatos de purificación combinada anaerobia/aerobia ya conocidos a través de patentes previas. En la patente US5972219 de Paques, los lodos anaerobios y aerobios pueden mezclarse en la zona transición de un reactor a otro; la desventaja de este diseño consiste en que el flujo en el reactor aerobio sea tan turbulento que impida que el lodo anaerobio sedimente y regrese al reactor anaerobio, lo cual repercute negativamente en la eficiencia de purificación. En el caso de instalaciones pequeñas, el tratamiento combinado no era tan atractivo porque con frecuencia el espacio requerido para la planta de tratamiento es insuficiente.	Zona de amortiguamiento que separa el reactor aerobio montado sobre el reactor UASB, pero que permite la comunicación hidráulica. La zona de amortiguamiento evita que se mezclen entre sí el lodo anaerobio y el aerobio en la zona de transición, y que debido a la turbulencia en la zona aerobia el lodo anaerobio no pueda regresar al reactor UASB.	Reactores para tratamiento UASB/aerobio integrado	UASB/Aerobio integrado en un solo tanque

Tabla 1. (continuación)

Inventor	Patente Analizada (Reivindicaciones)	Titular	Antecedentes de la innovación	Características principales de las innovaciones reclamada	Elementos del reactor anaerobio objeto de innovación tecnológica	Tipo de Reactor Anaerobio
Phase separator having multiple separation units, upflow reactor apparatus, and methods for phase separation (Lanting <i>et al.</i>)	US6309553 B1 Oct 30, 2001 (46)	Biothane	<p>El separador de tres fases presentado en la patente US5855785 de Biothane (Ene 1999) y que se localiza en la parte alta de un reactor EGSB. Este separador usa placas paralelas en combinación con una placa deflectora para inducir la circulación por gas-lift contribuyendo no solo a separar las fases sólida, líquida y gaseosa, sino favoreciendo también la retención del lodo granular dentro del reactor por más tiempo para mejorar la fermentación en la parte baja del lecho fluidizado. Aunque este separador es muy efectivo para retener la biomasa granular, el efluente requiere clarificación de los sólidos suspendidos que contiene, debido a que el separador necesita mejoras en este sentido. Otros antecedentes también son las patentes US5904850 (Paques, 1999) y US4253956 (Centrale Suiker Maatschappij, 1981).</p> <p>A pesar de la utilidad mostrada por estos y otros dispositivos separadores similares existentes, suelen presentar dificultades particularmente en los reactores de lecho fluidizado en lo referente a minimizar la velocidad del flujo ascendente.</p>	<p>Separador de tres fases con dos o más "unidades de separación" a manera de unidades modulares. Incluye placas paralelas inclinadas, que definen áreas de coagulación para los sólidos suspendidos y para la captura del gas generado durante el proceso.</p> <p>El reactor de flujo ascendente (que puede ser preferentemente de lecho fluidizado, UASB, EGSB o similares) incorpora en serie uno o más separadores de fases, siendo uno de éstos el separador de 3 fases de la invención. El método implica que el fluido ascendente pasa entre las placas paralelas del separador de 3 fases, generándose una circulación que separa el gas hacia las áreas de colección del separador, para ser descargado del reactor.</p>	Separadores de 3 fases situados en lo alto del reactor	De lecho fluidizado/expandido, UASB, EGSB

Tabla 2. Elementos de desarrollo tecnológico en reactores anaerobios patentados por diferentes compañías o instituciones en el período 1980 - 2001.

Tipo o Categoría de Reactor Anaerobio	Elementos objeto de innovación tecnológica en el Reactor	Patentes en EUA	Fecha	Biothane	Centrale Sulker Maatschappij	Degremont	Ecolotrol	Edwards Laboratories	EHH Holding	Gist-Brocades	Iowa State University
Filtro Anaerobio	Sistema de bombeo y circulación en el interior del reactor	US4482458	Nov 1984			●					
UASB	Sedimentadores, separadores de fases o clarificadores	US4253956	Mar 1981		●						
	Sedimentadores, separadores de fases o clarificadores	US5441634	Ago 1995					●			
	Mezclado del reactor	US5441634	Ago 1995					●			
Lecho Fluidizado o Expandido	Control del crecimiento de la biopelícula	US4182675	Enero 1980				●				
	Arquitectura del reactor	US4869815	Sep 1989			●					
		US5733454	Mar 1998						●		
	Distribuidor del influente	US4869815	Sep 1989			●					
		US5733454	Mar 1998						●		
	Fluidización del lecho	US4869815	Sep 1989			●					
US5733454		Mar 1998						●			
Circulación Interna o EGSB											
Lecho Fluidizado/Expandido o EGSB	Separadores de fases situados en la parte alta del reactor	US5116505	Mayo 1992							●	
		US5230794	Julio 1993	●							
		US5855785	Ene 1999	●							
	Distribuidor de influente	US5116505	Mayo 1992								●
		US5230794	Julio 1993	●							
	Arquitectura del Reactor	US5230794	Julio 1993	●							
UASB, Lecho Fluidizado/Expandido o EGSB	Separadores de fases	US6309553	Oct 2001	●							
Biodisco											
SBRanaerobio	Proceso biológico	US5185079	Feb 1993								●
	Arquitectura del reactor	US5185079	Feb 1993								●
Otros											
Tanque de dos celdas operando alternadamente como fermentador/decantador	Sedimentadores, separadores de fases o clarificadores	US4818393	Abril 1989			●					

Tabla 2. Elementos de desarrollo tecnológico en reactores anaerobios patentados por diferentes compañías o instituciones en el período 1980 - 2001. (Continuación)

Tipo o Categoría de Reactor Anaerobio	Elementos objeto de innovación tecnológica en el Reactor	Patentes en EUA	Fecha	Jet Tech	Jewell	Meyn Machinefabriek	MOCKBA	Paques	Passavant-Werke	Syracuse University	US Filter
Filtro Anaerobio											
UASB	Sedimentadores, separadores de fases o clarificadores	US4622147	Nov 1986					●			
		US4758339	Jul 1988					●			
		US5338445	Ago 1994						●		
		US5500118	Mar 1996						●		
		US5904850	May 1999					●			
		US6030529	Feb 2000								●
	Distribuidor del influente	US4707254	Nov 1987					●			
Materiales de construcción / arquitectura del Reactor	US5338445	Ago 1994						●			
Proceso aerobio en reactor tipo UASB	US5972219	Oct 1999					●				
Lecho Fluidizado o Expandido	Proceso biológico	US4284508	Ago 1981		●						
	Arquitectura del reactor	US5013413	May 1991			●					
	Mezclado	US5013413	May 1991			●					
	Separador de tres fases	US5013413	May 1991			●					
	Fluidización del lecho	US6048459	Abr 2000				●				
	Arranque de reactores	US5256380	Oct 1993					●			
Circulación Interna o EGSB	Separador de fases	US4609460	Sep 1986					●			
	Circulación y Mezclado	US4609460	Sep 1986					●			
		US5565098	Oct 1996					●			
	Distribuidor del Influyente	US5338447	Ago 1994					●			
		US5565098	Oct 1996					●			
Sedimentador	US5565098	Oct 1996					●				
Lecho Fluidizado/Expandido o EGSB											
UASB, Lecho Fluidizado/Expandido o EGSB	Sedimentador en la parte alta del Reactor	US6030529	Feb 2000								●
Biodisco	Parámetros que influyen en el desempeño de las biopelículas	US4563281	Ene 1986							●	
SBRanaerobio	Patrón de Flujo dentro del reactor	US5599450	Feb 1997	●							
	Distribuidor del Influyente	US5599450	Feb 1997	●							
	Captación del efluente	US5599450	Feb 1997	●							
Otros											
UASB / Aerobio integrado en un solo tanque	Zona de amortiguamiento entre reactores UASB y Aerobio	US6063273	Mayo 2000					●			

Tabla 3. Importancia relativa entre Compañías/Titulares por el número de invenciones patentadas para reactores anaerobios en el período 1980 - 2001

Compañía o Titular de la(s) patente(s)	No. de patentes en Estados Unidos (% Relativo)	Tipo de Reactor o Categoría (% relativo)	Número de patentes	Principales elementos del Reactor a los cuales se enfoca(n) la(s) patente(s)	
Paques	10 (33%)	UASB (17%)	3	Sedimentadores, separadores de fases o clarificadores	
			1	Distribuidor del influente	
			1	Proceso aerobio en reactor tipo UASB	
		F/E (3%)	1	Arranque de reactores	
			IC/EGSB (10%)	1	Separador de fases
				1	Circulación y Mezclado
				1	Distribuidor del Influyente
Otros (3%)	1	Zona de amortiguamiento entre reactores UASB y Aerobio, para integrar procesos anaerobios/aerobios en un solo tanque			
Biothane	3 (10%)	F/E-EGSB (7%)	2	Separadores de fases situados en la parte alta del reactor	
			UASB-F/E-EGSB (3%)	1	Separadores de fases situados en la parte alta del reactor
					1
Degremont	3 (10%)	FA (3.3%)	1	Sistema de bombeo y circulación en el interior del reactor	
			F/E (3.3%)	1	Arquitectura del reactor
		Otros (3.3%)	1	Sedimentadores, separadores de fases o clarificadores	
Passavant-Werke ⁸	2 (7%)	UASB (7%)	2	Sedimentadores, separadores de fases o clarificadores	
<ul style="list-style-type: none"> • Centrale Suiker Maatschappij • Ecolotrol • Edwards Laboratories • EHH Holding • Gist-Brocades • Iowa State University • Jet Tech • Jewell • Meyn Machinefabriek • MOCKBA • Syracuse University • US Filter 	1 patente para cada una (40%)	La patente de estas compañías se enfoca a uno solo de los varios tipos de reactor o categorías consideradas	12	Varios, véase Tabla 2.	

La importancia relativa entre las 16 compañías o instituciones que obtuvieron los derechos de patentes de las 30 invenciones analizadas se resume en la Tabla 3. Las principales compañías identificadas en el análisis, consideradas así por haber obtenido el mayor número de patentes son: Paques (10 patentes o 33%), Biothane (3 patentes o 10%), Degremont (3 patentes o 10%) y Passavant-Werke⁸ (2 patentes o 7%). Esto significa que más de la mitad (60%) de las invenciones sobre reactores anaerobios que fueron patentadas en Estados Unidos, fueron otorgadas solamente a 4 de las 16 compañías (es decir, al 25%). Nótese que estas cuatro principales compañías son

⁸ Passavant-Werke AG, compañía alemana según consta en sus documentos de patente analizados, cambió y actualmente es Passavant-Roedinger Products GmbH, especializada en servicios de ingeniería y productos para el tratamiento de agua.

europeas. Más aún, el 53% de esta actividad innovadora expresada a través de la cantidad de patentes obtenidas para sus invenciones se centra en las primeras tres compañías antes referidas.

Obsérvese en las Tablas 2 y 3 que la gran mayoría de estas 16 compañías con innovaciones patentadas obtuvieron protección intelectual para innovaciones en un solo tipo de reactor. Es decir, para 13 de las 16 compañías (el 81%) solo se encontró y analizó una sola patente que protege innovaciones en un solo tipo de reactor. Este hecho contrasta con la actividad innovadora de las compañías Paques, Biothane y Degremont, la cual está diversificada en más de un tipo o categoría de reactor anaerobio. Esto se muestra en la columna central de la Tabla 3.

La actividad innovadora de Biothane ha sido desarrollada primordialmente con aplicación a reactores EGSB o de Lecho Fluidizado/Expandido (sus 3 patentes); con innovaciones centradas en mejoras de los separadores de fases situados en la parte alta del reactor (2 patentes). Su otra patente tiene aplicación en reactores UASB. Véase las Tablas 2 y 3.

Por su parte, las 3 patentes de Degremont corresponden, respectivamente, a: Filtro Anaerobio, Lecho Fluidizado o Expandido y a la categoría Otros. Los elementos del reactor a los cuales se enfocan cada una de estas patentes se muestran en la Tabla 3.

En el caso de Paques, para la cual se encontraron y analizaron más patentes (10 o 33% del total) que para el resto de las compañías o instituciones, éstas corresponden el 17% (5 patentes) a reactores anaerobios del tipo UASB, el 3% o 1 patente a reactores de lecho Fluidizado/Expandido, el 10% o 3 patentes a IC (tipo EGSB) y el 3% (1 patente) de la categoría Otros (reactor UASB/Aerobio integrado en un solo tanque), como se muestra en la Tabla 3. Los resultados del análisis muestran la mayor actividad innovadora de Paques comparada con Biothane y Degremont, expresada en un número de patentes obtenidas (10) por Paques mayor al triple de las obtenidas por cada una de esas dos compañías (3) durante el período de estudio.

Asimismo, comparada con el resto de las compañías o instituciones titulares de las patentes analizadas, la diversidad de tipo de reactores objeto de innovaciones patentadas en el caso de Paques es la mayor.

Entre las compañías con innovaciones en reactores anaerobios para las cuales se encontraron patentes, Paques, Biothane y Degremont resultaron ser las tres compañías, que a juzgar por el número de patentes obtenidas en el periodo de análisis considerado, registraron un mayor desarrollo tecnológico sujeto a protección intelectual. Por otra parte, la importancia de las dos primeras compañías (Paques y Biothane) con relación a su presencia comercial y aplicación de sus tecnologías, comparativamente a otras compañías con incursión en tecnología anaerobia para el tratamiento de las aguas residuales, es relevante y se trata en las secciones 4.3 y 4.4.

Por lo tanto, con el fin de concretar ideas sobre el rumbo de la tecnología en los reactores para el tratamiento anaerobio de aguas residuales, bajo el concepto de benchmarking tecnológico se profundizó en el estudio del desarrollo tecnológico llevado a cabo por estas dos compañías líderes en este campo: Biothane y Paques. La siguiente sección trata sobre este aspecto.

4.3 Innovaciones tecnológicas de los reactores para el tratamiento anaerobio de aguas residuales. El caso de dos compañías líderes.

En el ámbito mundial existen en operación alrededor de 2000 plantas de tratamiento anaerobio para aplicaciones industriales, de las cuales se tiene registro que al menos 1162 plantas son para aplicaciones a gran escala, instaladas en 65 diferentes países por las principales compañías vendedoras. Más de la mitad de estas plantas a gran escala fueron instaladas por sólo dos compañías: 25% Biothane (297 plantas UASB, EGSB y contacto anaerobio) y 32% Paques (370 plantas UASB y EGSB), de acuerdo con Frankin (2001). Las compañías holandesas Biothane y Paques son líderes en el desarrollo, construcción e instalación de sistemas biotecnológicos innovadores para el tratamiento de efluentes industriales; cuentan con una red internacional de empresas asociadas, representantes y licenciatarias.

La tecnología anaerobia para tratamiento de aguas residuales industriales ofrecida por Biothane incluye los reactores de marcas registradas Biobed EGSB, Biothane UASB y Biobulk (proceso de contacto anaerobio). En el Anexo IV se presenta un listado actualizado de las 348 plantas de tratamiento anaerobio de aguas residuales, a escala industrial, construidas por Biothane a nivel mundial en 41 países durante el período 1976 – 2003⁹.

A su vez, la tecnología de Paques para tratamiento anaerobio de aguas residuales industriales incluye los reactores de marcas registradas Biopaq-IC y Biopaq-UASB. En Estados Unidos, USFilter es la compañía licenciataria de las tecnologías anaerobias de Paques. En el Anexo V se presenta un listado actualizado a marzo del 2004 sobre las 479 plantas anaerobias a escala industrial construidas por Paques en el período 1981-2004, aunque según la información obtenida¹⁰ se sabe que al mes de diciembre del 2004 Paques tiene a nivel mundial más de 500 plantas de tratamiento anaerobio a escala industrial.

Por lo general, las compañías líderes suelen incluir en su estrategia de mercado la protección intelectual de sus innovaciones en ciertos países, como medida de fortalecimiento y expansión.

⁹ Información obtenida al mes de diciembre del 2004, disponible en la pagina internet de Biothane: www.biothane.com

Complementariamente a la búsqueda de patentes realizada en los registros disponibles a través de los sitios en Internet de la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos (USPTO, por sus siglas en inglés, <http://www.uspto.gov>) se realizó una búsqueda técnica y bibliográfica de invenciones sobre “reactores, aparatos o dispositivos para tratamiento anaerobio de agua residual”, patentadas por Biothane y Paques a través de la Oficina Europea de Patentes (EPO, por sus siglas en inglés, <http://ep.espacenet.com>). Se eligieron estas fuentes de información sobre patentes asumiendo que en general son representativas para el estudio, y que empresas líderes como Biothane y Paques suelen proteger sus invenciones con fines comerciales en EUA y Europa.

La búsqueda en la EPO aportó información sobre patentes equivalentes a la patente en EUA, es decir, patentes de la invención registradas en otros países. Se prescindió de analizar el aspecto legal asociado con las patentes, el cual existe por su naturaleza de documento jurídico.

Considerando el análisis complementario de patentes que se revisaron a través de la EPO, la tarea realizada comprendió el análisis de un total de 13 invenciones con patente de la USPTO otorgadas a las compañías Biothane (3 patentes) y Paques (10 patentes) entre 1986 y el 2001, cuyo campo de invención se refiere a reactores, aparatos o equipos para tratamiento anaerobio de agua residual, de acuerdo con el criterio de búsqueda. Cabe mencionar que se encontraron otras invenciones patentadas por estas compañías, que no se analizaron por estar fuera del alcance del objetivo, tales como: procesos de tratamiento aerobio, reactores o procesos para tratamiento de gases o residuos sólidos, entre otras. Los resultados del análisis se resumen en la Tabla 4.

Inventiones patentadas por la compañía Biothane

En las invenciones patentadas en 1993 y 1999 (US5230794 y US5855785, respectivamente) la innovación se centra en los dispositivos para la separación gas-líquido-sólido, localizados en la parte alta de los reactores EGSB. Los reactores EGSB convencionales, para el tratamiento de agua residual con alta concentración, tienen la desventaja de pérdida de lodo por lavado junto con la descarga del efluente. La innovación mejora el desempeño de los reactores EGSB convencionales con base en la idea de que la pérdida de lodo se tiene que prevenir en los equipos que presentan velocidades altas de gas y líquido, no mediante la opción de condiciones

¹⁰ Fuente: Paques, a través de USFilter/Industrial Wastewater Systems. Comunicación escrita obtenida de Shashi S. Gorur (Applications Engineer) vía correo electrónico fechado el 22 de diciembre del 2004.

moderadas de flujo dentro del reactor EGSB, sino por el eficiente y selectivo retorno del lodo al reactor.

Los documentos de las patentes anteriores presentan una descripción de la innovación, figuras y datos experimentales, que coinciden entre sí, excepto que en la patente US5230794 se reclama la innovación del reactor EGSB junto con sus equipamientos (que incluyen un separador de 3 fases en lo alto del reactor y un sistema de distribución del afluente cerca del fondo del reactor) mediante 10 reivindicaciones. Posteriormente, en la patente US5855785 se reclama la invención explícitamente del separador de 3 fases, mediante sólo 2 reivindicaciones. Como es evidente, ambas invenciones patentadas están estrechamente relacionadas y pertenecen a una misma plataforma tecnológica. Cabe observar que para ninguna de esas dos patentes se encontraron patentes equivalentes en otros países. Esto podría indicar que Biothane no optó por esta estrategia, o bien que sus derechos fueron cedidos a otras empresas ó protegió la invención mediante secreto industrial (o alguna figura jurídica semejante, de acuerdo con el sistema de patentes de cada país) que restringe el acceso público a la información tecnológica, a diferencia del que existe para las patentes.

En la invención patentada por esta compañía en el 2001 (patente US6309553) la innovación nuevamente se centra en el diseño del separador de fases y su método de separación. El separador consta de “unidades de separación” individuales que definen “áreas de coagulación” para los sólidos; también consta de placas paralelas inclinadas que permiten crear un patrón de flujo local y con ello retener más eficientemente las partículas de lodo.

Cabe mencionar que el separador de fases que Biothane utiliza en sus reactores UASB, al parecer no está protegido por un documento de patente, ya que no se obtuvo ningún registro de este dispositivo mediante la búsqueda efectuada.

Invenciones patentadas por la compañía Paques

Las patentes de esta compañía, más numerosas que las de Biothane, pueden agruparse en tres categorías, de acuerdo con la función o sección del aparato (reactor) que busca proteger:

Sobre recirculación y mezclado. La invención con número de patente US4609460 (septiembre 1986) se refiere a una innovación del sistema de recirculación y mezclado en el interior de los

reactores anaerobios que utiliza el efecto conocido como *gas-lift*. El lodo flotante y las burbujas de gas crean turbulencia en la parte alta de los reactores, que ocasiona pérdida de lodo por lavado en la descarga del efluente. La creación del *gas lift* se logra mediante la captura del lodo y las burbujas de gas antes de que alcancen la parte alta del reactor, mediante dos sistemas colectores constituidos por campanas que conducen a una cámara desgasificadora a través de tubos ascendentes. Por diferencia en el nivel hidrostático, lodo y el líquido desgasificados descienden por el tubo 9 hasta la parte del fondo del reactor para mezclarse con el afluente (circulación interna). La invención patentada en 1996 (patente US5565098) presenta una innovación al sistema de circulación interna de la patente anterior. Dos líneas de suministro de líquido-gas descargan tangencialmente dentro de un sedimentador en lo alto del reactor. La descarga genera un vórtice y corrientes verticales dentro del sedimentador que mejoran la recuperación de lodo e intensifican el mezclado dentro del reactor. El afluente se introduce con descarga tangencial dentro del mismo tubo de bajada que recircula el lodo.

La tecnología del reactor Biopaq-IC de Paques está basada en el concepto del EGSB y es considerada de ultra-alta tasa. Las innovaciones tecnológicas que presenta este reactor le dan características particulares: mejor retención de la biomasa bajo condiciones de carga orgánica alta, minimizando al mismo tiempo los requerimientos de espacio. El reactor cuenta con propiedad intelectual en los Estados Unidos en los elementos siguientes (Morales *et al.*, 2002):

- i. El sistema de dos etapas para la separación de sólidos y captura del biogás, dentro de un tanque cilíndrico alto, que emplea el principio gas-lift para inducir una circulación interna del efluente tratado, conforme se describe en la patente US4609460 (sep 1986) analizada;
- ii. El sistema de distribución del influente, según se describe en la patente US5338447 (ago 1994).

Sobre los sedimentadores en reactores UASB. Las innovaciones sobre reactores UASB patentadas en 1986, 1988 y 1989, se han centrado en limitar la turbulencia en la zona alta de descarga del reactor, con objeto de permitir la adecuada clarificación del efluente. Para ello, se desarrollaron diversos diseños de sedimentadores basados en sistemas de campanas colectoras para el biogás generado (patentes US4622147, US4758339 y US5904850).

Sobre la distribución del afluente. La invención US4707254 presenta la innovación del distribuidor de afluente en reactores de flujo ascendente. Con la descarga de chorros verticalmente inclinados a 30° se mejora el mezclado y se evita el desgaste del fondo del reactor, que ocurre cuando la descarga es verticalmente hacia abajo. Sin embargo, de acuerdo con la patente US5338447, la US4707254 tiene la desventaja de que el distribuidor no permite la adecuada fluidización o expansión del lecho de lodos, generando flujos en corto circuito y esquinas muertas. La patente US5338447 supera esta desventaja, ya que el mezclado se lleva a cabo dentro de un compartimiento cónico separado de la cámara de reacción del reactor, donde descarga tangencialmente el distribuidor. Este compartimiento se comunica hidráulicamente con la cámara de reacción mediante orificios de ranura conformadas por sectores radiales traslapados.

Por último, cabe mencionar otras patentes encontradas que protegen innovaciones de Paques en áreas diferentes a las antes mencionadas: patente US5256380 de octubre 1993, cuya innovación se centra en el arranque del reactor; la patente US5972219 de octubre 1999 que reclama el proceso y reactor para el tratamiento aerobio o anaerobio/aerobio de aguas residuales empleando un reactor tipo UASB; y la patente US6063273 de mayo 2000, que reclama la innovación de la zona de amortiguamiento que se encuentra entre un reactor aerobio montado sobre uno UASB, permitiendo integrar en un solo tanque el tratamiento anaerobio-aerobio del agua residual.

El número de documentos de patente encontrados (solicitudes o patentes concedidas por la vía nacional, la europea o la del Tratado de Cooperación en Materia de Patentes) para la mayoría de las invenciones, muestra el interés que Paques da a la protección intelectual de sus invenciones en los principales países de Europa (Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Francia, Holanda, Italia, Reino Unido, Suecia, Suiza) y algunos de África, América y el Caribe (Canadá, Costa Rica, EUA, Brasil, México), Asia (China, las Coreas y Japón) y Oceanía (Australia y Nueva Zelanda) entre otros. Esto a diferencia de Biothane, que registró sólo una invención en varios países (US6309553).

Tabla 4. Invenciones patentadas por las compañías Biothane y Paques en el período 1986-2001

	Biothane			Paques			
Invención (Inventor)	Phase separator having multiple separation units, upflow reactor apparatus, and methods for phase separation (Lanting <i>et al.</i>)	Three-phase separator for a fluidized bed apparatus (Heijnen <i>et al.</i>)	Fluidized - bed apparatus (Heijnen <i>et al.</i>)	Apparatus for the biological purification of waste water (Habets <i>et al.</i>)	Process for aerobic treatment of waste water (Habets <i>et al.</i>)	Settling device for a fluid containing liquid, gas and particulate material, as well as a cleaning device provided herewith and a method for cleaning waste water (Vellinga)	Reactor for the biological treatment of water (Vellinga)
Patente Analizada (Reivindicaciones)	US6309553 B1 octubre 30 del 2001. (46)	US5855785 enero 5 de 1999. (2)	US5230794 julio 27 de 1993. (10)	US6063273, mayo 16 del 2000. (8)	US5972219 oct 26, 1999. (12)	US5904850 mayo 18 de 1999. (14)	US5565098, octubre 15 de 1996. (12)
Características principales de las reivindicaciones	Reactor con al menos un separador de fases con "unidades de separación". Placas paralelas inclinadas definen áreas "de coagulación y colección del gas". El fluido pasa entre las placas paralelas del separador, generándose una circulación que separa el gas para su descarga del reactor.	La USPTO considera a esta patente como una "división" de la patente US5230794. Reivindica sólo el separador de 3 fases presentado como invención en la patente US5230794.	Reactor con separador de 3 fases (con placas paralelas) que permite el retorno eficiente y selectivo del lodo al reactor. Así, es posible purificar aguas residuales inadecuadas para los procesos EGSB. Distribuidor de afluente cuya construcción permite el uso de lodo granular en reactores de lecho fluidizado.	Zona de amortiguamiento que separa el reactor aerobio montado sobre el reactor UASB, pero en comunicación hidráulica. Se evita así que se mezclen el lodo anaerobio y el aerobio en la zona de transición y que debido a la turbulencia en la zona aerobia el lodo anaerobio no pueda regresar al reactor UASB.	Proceso y aparato para el tratamiento aerobio de efluentes en un reactor tipo UASB, en el fondo del cual se alimenta el agua residual y al mismo tiempo se suministra oxígeno en una cantidad tal que se favorece el crecimiento de biomasa facultativa y aerobia. El aparato también puede ser un reactor anaerobio/aerobio verticalmente integrado.	Zona libre de partículas y gas en lo alto del sedimentador, conformado por campanas con perfil en V, inclinadas, que colectan el gas y lo conducen a una cámara de donde se evacua del reactor. Innovación sobre sedimentadores para reactores UASB como los de las patentes US4622147 y US4758339.	Reactor biológico con sedimentador perfeccionado para mejorar la separación del lodo y la circulación interna en el reactor. Al menos una línea de suministro de líquido y/o gas descarga en dirección tangencial dentro de la cámara de sedimentación del reactor, generando un vórtice dentro de dicha cámara que permite la mejora.
Elementos de innovación tecnológica	Separadores de 3 fases. Reactores de flujo ascendente y lecho fluidizado. Método de separación gas-sólido-líquido	Separadores de 3 fases	Reactor EGSB (Separador de 3 fases y Distribuidor de afluente)	Reactores para tratamiento UASB/aerobio integrado	Configuración y procesos en un reactor tipo UASB para integrar procesos anaerobios/aerobios en un solo tanque.	Sedimentadores en reactores UASB	Sedimentadores Recirculación y mezclado en reactores de Circulación Interna
Patentes Equivalentes solicitadas y/o concedidas con registro en la EPO / WIPO / IMPI	AU7732400, EP1216085, WO0123062	No se encontraron	No se encontraron	AU5882798, BR9712753, DE69703899D, DE69703899T, EP0948463B1, ES2154482T, JP2001507619T, NL1004455C, TW450946, WO9819971, ZA9709945	AT178570TT, AU707844B2, AU4845896A, BR9607495A, CA2211552A1, CN1099384BB, CZ291502B6, DE69602010DD1, DE69602010TT2, DK807088TT3, EP0807088B1, ES2129955TT3, F1973165DDO, HK1008214A1, JP10513110TT, MX217076A, NL9500171A, NO97343A, PL182335BB1, SI807088TT1, TR9700700TT1, WO9623735A1	AU5163796, AU686940, BR9604896, CA2217744, CN1080581B, CN1181026, CZ9703182, DE69603173D, DE69603173T, EP0820335, ES2133950T, JP10511893T, JP3138478B2, KR232762, MX198651A, NL1000100C, NO974576, PL322740, SI9620049, TR9701135T, WO9632177	AU4514993, BR9306462, DE69305856D, DE69305856T, EP0648191, ES2093442T, JP7507233T, MX183983A, NL9200975, WO9324417

Tabla 4 (continuación)

	Paques					
Inventor (Inventor)	Bioreactor (Vellinga)	Startup operings in a three-phase gaslift loop reactor (Mulder <i>et al.</i>)	Equipment for the anaerobic purification of waste water (Vellinga)	Apparatus for purifying water (Vellinga)	Plant for the anaerobic purification of wastewater (Vellinga)	Anaerobic purification equipment for waste water (Vellinga)
Patente Analizada (Reivindicaciones)	US5338447, agosto 16 de 1994. (9)	US5256380, octubre 26 de 1993. (3)	US4758339, julio 19 de 1988. (4)	US4707254, noviembre 17 de 1987. (4)	US4622147, noviembre 11 de 1986. (4)	US4609460, septiembre 2 de 1986. (10)
Características principales de las reivindicaciones	Reactor biológico con sistema de distribución alojado dentro de un compartimiento cónico, separado de la cámara de reacción, en comunicación hidráulica con esta cámara a través de ranuras conformadas por el diseño del compartimiento. Dentro de éste, el sistema de distribución descarga tangencialmente el afluente para su mezclado con el lodo y la recirculación.	El empleo de orificios en tubos de corriente (ascendentes o descendentes) usados en reactores de ciclo gaslift de tres fases, disminuye los efectos de histéresis que se presentan durante el arranque del reactor, obteniéndose beneficios por consumo de energía requerida para el arranque del reactor.	Perfeccionamiento de campanas colectoras de gas. El gas colectado se canaliza por un extremo de la campana hasta una cámara de gas, a través de orificios protegidos por receptáculos que evitan el paso del líquido a la cámara de gas.	La distribución de afluente es por tubos en arreglo característico que asemejan cuerdas de un extremo a otro del fondo del reactor. Los tubos tienen orificios en su parte inferior y permiten una descarga del agua sobre el fondo del reactor, inclinada a 30° respecto de la horizontal.	Tres niveles de campanas colectoras de gas en lo alto del reactor, un nivel más que los reactores UASB conocidos. Mediante un sistema de tuberías para flujo ascendente interconectadas con las campanas colectoras, se conduce el gas a una línea de descarga.	Reactor de circulación interna, basado en el concepto gas-lift. Dos colectores de campanas, uno a la mitad y otro en la parte alta del reactor, colectan gas-agua-lodo ascendente que se conduce por tubos hasta un desgasificador en lo alto. Lodo y agua se retornan por un tubo al fondo del reactor para su mezcla turbulenta con el afluente.
Elementos de innovación tecnológica	Distribución de afluente en reactores de lecho fluidizado/expandido y de circulación interna	Arranque de reactores	Sedimentadores en reactores UASB	Distribución de afluente en reactores de lecho fluidizado	Sedimentadores en reactores UASB	Recirculación y mezclado
Patentes Equivalentes solicitadas y/o concedidas con registro en la EPO / OMP / IMPI	AU654961, AU8107591, BR9106650, CA2087607, DE69104837D, DE69104837T, EP0539430, ES2061257T, JP7029109B, NL9001654, TR25710, WO9201637, ZA9105549	No se encontraron	BR8702164, CA1305568, DE3760804D, EP0244029, FI101291B, FI871937, JP1613542C, JP2036319B, JP62262798, NL8601120, SU1523051	BR8503460, CA1255820, EP0169620, JP1727562C, JP4007280B, JP61038692, NL8402281	AU5430286, AU565109, BR8600944, CA1274325, CN1005178B, CN86101771, DE3660021D, EP0193999, B1, ES8705771, IN164694, JP1578811C, JP2002637B, JP61204093, NL8500634, SU1471947	AU4539285, AU557371, BR8503478, CA1257717, CS8505465, DD237158, DE3561008D, DK167144B, DK334785, ES8604073, FI852861, FI88606B, FI88606C, HU208657, IE58517, IN164788, JP1044120B, JP1559402C, JP61071896, NL8402337, SU1400501

4.4 Discusión de resultados

En orden de importancia relativa por el número de patentes encontradas y analizadas, en la Fig. II se puede observar que a los reactores UASB (30% del total de patentes) les siguen los reactores de lecho Fluidizado/Expandido (23%) y después los clasificados en la categoría IC/EGSB con 10% del total de patentes analizadas. Sin embargo, si se toma en cuenta otras patentes encontradas que además protegen innovaciones con aplicación a reactores EGSB (es decir, las categorías identificadas como: F/E-EGSB y UASB-F/E-EGSB), adicionalmente al porcentaje de la categoría IC/EGSB se suma un 17%, resultando un 27% de patentes encontradas que tienen aplicación a los reactores EGSB.

Un aspecto importante a destacar aquí es el reciente predominio del concepto EGSB. En efecto, dado que los reactores IC tecnológicamente están basados en el concepto EGSB, durante los últimos años del siglo XX se ha dado una importante actividad de innovación tecnológica sobre los reactores de cama granular expandida, coincidiendo con Frankin (2001). Esto se ve reflejado en innovaciones tecnológicas con aplicación en reactores EGSB cuyo porcentaje (27%) de patentes en Estados Unidos que se encontraron y analizaron incluye la categoría IC/EGSB (10%).

Estos razonamientos sugieren que durante el período de estudio la importancia dada a la innovación tecnológica de los reactores UASB ha sido comparable con la de los reactores EGSB e IC en conjunto, con un desplazamiento de los segundos sobre los primeros.

En efecto, según se trató ya en la sección 4.3, de las cerca de 2000 plantas de tratamiento anaerobio para aguas residuales a escala industrial que Frankin (2001) reporta en existencia, la información obtenida en diciembre del 2004 para Biothane y Paques y que se presenta en las Tablas de los Anexos IV y V, permite afirmar que a nivel mundial Paques ha construido hasta ahora al menos 196 reactores IC y 283 reactores UASB. Las aplicaciones de esta tecnología están enfocadas al tratamiento de efluentes industriales de fábricas de cerveza y refrescos (35%), industria alimenticia (25%), de pulpa y papel (22%), destilería (10%), industria química (3%) y otras aplicaciones (5%). En el caso de Biothane, se tiene que ha construido al menos 118 reactores EGSB y 224 reactores UASB, para una variedad de aplicaciones en el tratamiento de aguas residuales efluentes de los sectores industriales dedicados a la fabricación de cerveza y

refrescos, industria alimenticia, pulpa y papel, destilería e industria química, entre otras aplicaciones.

Sumando el número de reactores construidos entre las dos compañías, existe al menos un total de 507 reactores UASB y de 314 reactores EGSB e IC en conjunto. Aunque la tecnología de mayor uso ha sido la UASB con un número de reactores UASB aproximadamente 60% mayor que el de los EGSB e IC en conjunto, se puede observar que durante los últimos años ha existido una tendencia de sustitución de la tecnología UASB por el proceso IC en el caso de Paques (Tabla 5) y por el EGSB para el caso de Biothane (Tabla 6). Analizando la información disponible en los Anexos IV y V, se observa que esta tendencia de sustitución se ha dado particularmente para el tratamiento de efluentes de la industria cervecera.

Tabla 5. Tendencia de sustitución de la tecnología UASB por la tecnología IC en el caso de Paques, expresada en el número de reactores construidos en el período 2000 - 2004

Año	Reactores UASB	Reactores IC
2004	1	3
2003	4	41
2002	5	22
2001	4	16
2000	3	30
TOTAL	17	112

Fuente: Paques, a través de USFilter/Industrial Wastewater Systems. Comunicación escrita obtenida de Shashi S. Gorur (Applications Engineer) vía correo electrónico fechado el 22 de diciembre del 2004. Para mayor información véase el Anexo V.

Tabla 6. Tendencia de sustitución de la tecnología UASB por la tecnología EGSB en el caso de Biothane, expresada en el número de reactores construidos en el período 2000 - 2003

Año	Reactores UASB	Reactores EGSB
2003	0	5
2002	2	11
2001	4	18
2000	7	13
TOTAL	13	47

Fuente: www.biothane.com. Para mayor información véase el Anexo IV.

Como puede observarse en las Tablas 5 y 6, entre las dos compañías líderes en tratamiento anaerobio de aguas residuales industriales construyeron más reactores EGSB e IC en conjunto (159) que reactores UASB (30), en el período 2000-2004.

En la información presentada en los Anexos IV y V, se observa que esta tendencia de sustitución de tecnología se da en particular para el tratamiento de los efluentes de la industria cervecera. En efecto, durante el período 2000-2004, Paques construyó 40 plantas de tratamiento empleando tecnología IC y solamente 4 plantas con tecnología UASB; es decir, Paques construyó un número 10 veces mayor de reactores IC comparados con los UASB para el tratamiento anaerobio de aguas residuales de la industria cervecera. Para el mismo período considerado, Biothane construyó más plantas (6) de tratamiento con tecnología EGSB, en comparación con el número de plantas UASB (4) construidas para el tratamiento de efluentes de la industria cervecera. Asimismo, la variedad de aplicaciones de los reactores IC y EGSB ha sido más amplia que la de los UASB durante los últimos cuatro años, como se puede constatar en los Anexos IV y V.

Sobre los reactores UASB, de Lecho Fluidizado/Expandido y EGSB

UASB

Se encontraron 9 patentes referentes a innovaciones propias de reactores UASB que representan un porcentaje relativo del 30% del total de patentes analizadas, lo cual coincide con la importancia que han tenido este tipo de reactores anaerobios como tecnología predominante en uso para aplicaciones industriales (Frankin, 2001; van Lier *et al.*, 2001).

Las innovaciones tecnológicas patentadas para los reactores UASB durante la última parte del siglo pasado se han centrado en la mejora de los dispositivos sedimentadores, separadores o clarificadores con el propósito de mejorar la calidad de efluente tratado y la retención de la biomasa con respecto al diseño convencional de estos reactores. Las Tablas 1 – 4 muestran que este elemento constitutivo de los reactores UASB ha sido de principal interés para compañías líderes como Paques.

En menor proporción, también se han desarrollado innovaciones en lo referente a mecanismos para el mezclado del reactor, los dispositivos de alimentación a la cama del reactor, materiales de construcción y arquitectura del reactor. Las innovaciones también abarcan la integración del proceso anaerobio UASB con el proceso aerobio dentro de un mismo tanque de reacción (patentes US5972219 de Oct 1999 y US6063273 de mayo 2000, de Paques).

Lecho Fluidizado/Expandido

Con relación al desarrollo del sistema de tratamiento mediante lecho fluidizado/expandido, Jewell y colaboradores (1981) fueron los pioneros en su intento por desarrollar un reactor de biomasa fija que pudiera manejar sólidos en suspensión finos y el sistema fue aplicado primeramente al tratamiento de las aguas residuales municipales. Cuando Jewell y colaboradores publicaron los primeros resultados de sus investigaciones sobre los reactores anaerobios de lecho expandido o fluidizado en 1981 y 1985, este desarrollo tecnológico ya había sido protegido intelectualmente en EUA por Jewell, mediante el registro de patente ante la USPTO en Octubre 1 de 1979. La patente US4284508 correspondiente fue concedida a Jewell en Agosto 18 de 1981.

Existe evidencia de que la tecnología de reactores de lecho expandido o fluidizado para el tratamiento de las aguas residuales que a finales de los 70's y principios de los 80's se encontraba en los inicios de su desarrollo, ya estaba siendo sujeta a protección intelectual en los Estados Unidos. Jeris obtuvo en esos años las patentes US3846289, US3956129, US4009099 y US4009105 sobre procesos de tratamiento por vía aerobia empleando lechos expandidos o fluidizados constituidos por material particulado con biopelícula adherida. El 20 de Junio de 1978 la compañía Ecolotrol registraba una invención de Jeris a la cual en enero de 1980 se le concedió la patente US4182675 analizada, referente a un proceso de tratamiento anaerobio empleando un reactor de lecho expandido constituido por material de soporte con biopelícula adherida.

Se encontraron 7 patentes referentes a innovaciones propias de reactores de lecho Fluidizado/Expandido que representan un porcentaje relativo del 23% del total de patentes analizadas.

Dado que el análisis realizado a las 30 patentes dio por resultado que el 80% de estas patentes se refiere a innovaciones tecnológicas desarrolladas para reactores UASB, de Lecho Fluidizado/Expandido, EGSB o IC, estos resultados son un indicativo del interés mostrado durante las dos últimas décadas del siglo XX por el desarrollo e innovación de la tecnología en este tipo de reactores para el tratamiento anaerobio de las aguas residuales a escala industrial.

Es cierto que a partir del análisis de patentes realizado no es posible precisar si las invenciones relacionadas con estos tres tipos de reactores fueron patentadas con el fin de su aplicación industrial y explotación comercial, para cumplir una función de monopolio o ambas cosas. Sin

embargo, el interés mostrado por su desarrollo e innovación tecnológica coincide con el importante número de reactores UASB construidos a escala industrial y con el creciente número de los reactores de Lecho Fluidizado/Expandido tipo EGSB e IC construidos y en operación, según ha sido documentado por Frankin (2001) y corroborado por la información presentada en las secciones 4.3 y 4.4, así como en los Anexos IV y V. Esto sugiere que la aplicación industrial y la explotación comercial de las invenciones patentadas durante el período de estudio, han tenido una presencia relevante, independientemente de alguna función de monopolio que hayan cumplido las patentes.

EGSB

Las cuatro patentes encontradas para invenciones relacionadas con reactores EGSB, excluyendo el reactor IC, fueron concedidas a las compañías Biothane (3 patentes) y Gist-Brocades (1 patente). Los elementos de innovación tecnológica se enfocan en el separador de fases situado en la parte alta del reactor, en el distribuidor del influente y en la arquitectura o dimensiones del reactor. La discusión a este respecto se hizo en las secciones 4.3 y 4.4 donde se trata el caso de las invenciones patentadas por la compañía Biothane.

Sobre los reactores IC de circulación interna

El reactor de circulación interna (IC) es un sistema de lecho expandido basado en el concepto gas-lift, según Driessen *et al.* (1996) referido por van Lier *et al.* (2001). De acuerdo con la Tabla 3, en el período de 1986-1996, al menos tres patentes fueron otorgadas a la compañía Paques por la USPTO, donde se dan a conocer innovaciones tecnológicas desarrolladas en los reactores de Circulación Interna. Paques ha incorporado en sus reactores comerciales tecnología sujeta a protección intelectual, como en el caso de su reactor anaerobio de marca registrada Biopaq-IC. La discusión a este respecto se hizo en las secciones 4.3 y 4.4 donde se trata el caso de las invenciones patentadas por la compañía Paques.

Ya que la fuerza impulsora para el mezclado con gas (efecto gas-lift) es la diferencia de densidad entre los fluidos en varios compartimentos del reactor, la altura es un factor importante. Aparte de las mayores velocidades del fluido debido al efecto gas-lift, el incremento en la altura del reactor por sí mismo contribuirá también a mayores velocidades del fluido. Ejemplos de estos reactores altos son el reactor IC de Paques y el reactor EGSB conocido como proceso Biobed de Biothane para el tratamiento anaerobio (Mulder *et al.*, 2001).

Al utilizar el gas producido como fuerza impulsora para el mezclado, se reducen los requerimientos adicionales de energía.

Sobre otros tipos de reactores anaerobios

Filtros anaerobios

De acuerdo con van Lier *et al.* (2001) el cambio en la configuración de los filtros anaerobios durante las dos últimas décadas ha obedecido al propósito de incrementar los potenciales de carga y/o para ampliar la aplicabilidad de estos reactores anaerobios, buscando superar los problemas relacionados con la resistencia a la transferencia de masa y/o la aparición de gradientes de concentración dentro del sistema.

En su patente US4482458 de 1984, referente a un filtro anaerobio empacado con material granular, el principal elemento de innovación tecnológica protegido por Degremont es un sistema de bombeo y circulación, que tiene por objeto mejorar la distribución y recirculación del influente así como la transferencia de masa, además de superar los problemas de taponamiento en el filtro anaerobio. El propósito de estas innovaciones tecnológicas desarrolladas y patentadas para el caso del filtro anaerobio, coincide con las afirmaciones de van Lier *et al.* (2001).

Reactores anaerobios SBR

Quienes se dedican al desarrollo e innovación de tecnología suelen publicar en la literatura científica después de que la invención ha sido protegida mediante la solicitud de la patente correspondiente, en países donde la competitividad en términos de propiedad intelectual o comercial es importante, como en el caso de EUA. Para ilustrar esta afirmación considérese el caso de las innovaciones tecnológicas de los reactores anaerobios SBR para las patentes analizadas.

En 1997, la compañía Jet Tech obtuvo la patente US5599450 por innovaciones reclamadas en reactores discontinuos de flujo ascendente. La invención se centraba particularmente en la innovación del patrón de flujo dentro del reactor anaerobio SBR patentado por la Universidad de Iowa cuatro años atrás (patente US5185079, 1993) e inventado por R.R. Dague. Cuando Dague publicó sus estudios iniciales sobre el reactor anaerobio SBR (Dague *et al.*, 1992) de hecho la

invención ya estaba protegida mediante su registro de solicitud de patente ante la USPTO en mayo de 1991.

Biodisco anaerobio

Es la versión anaerobia del biodisco aerobio. La Universidad de Siracusa patentó la invención del sistema conocido como AnRBC (Contactador Biológico Rotatorio Anaerobio) o Biodisco Anaerobio (patente US4563281 de enero 7, 1986). La innovación se enfoca en el control de los parámetros que influyen en el desempeño de las biopelículas y afectan negativamente la metanogénesis.

Reactor integrado Anaerobio/Aerobio

Comprende reactores que acoplan los procesos anaerobio y aerobio en un solo tanque reactor. La evidencia de que en los últimos años del siglo XX se han dado innovaciones tecnológicas en reactores que integran procesos anaerobios con aerobios dentro de un mismo tanque, son las patentes US6063273 de mayo 2000, y US5972219 de octubre 1999, de Paques.

Las innovaciones de este tipo de reactores se han enfocado principalmente en la zona de amortiguamiento entre el proceso anaerobio (UASB) y el aerobio, así como la operación de un reactor tipo UASB bajo condiciones microaerobias. Considerando que una compañía líder en innovación y desarrollo de tecnología como Paques haya patentado invenciones de este tipo sugiere la posibilidad de que el desarrollo de este tipo de reactores anaerobio/aerobio integrados en un sólo tanque también se dé a escala industrial en los próximos años. A su vez, este tema consitituye un tema propicio para investigar y desarrollar tecnología que eventualmente pueda llevar a registro de patentes.

4.5 Tecnología de libre uso en México respecto a invenciones patentadas en México por dos compañías líderes en innovación tecnológica

En relación con las compañías líderes estudiadas Paques y Biothane, en julio del 2002 se realizó una búsqueda bibliográfica en el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) con el fin de verificar la existencia de invenciones sobre reactores anaerobios para el tratamiento de aguas residuales, patentadas en México por estas dos compañías. Adicionalmente, en fecha reciente (diciembre del 2004) se efectuó una actualización de la búsqueda mediante la consulta gratuita por Internet del banco de patentes del IMPI denominado BANAPANET <http://banapanet.impi.gob.mx/impi/welcome.pl>. Se verificó por este medio que los resultados obtenidos previamente durante la búsqueda inicial variaban solamente en que, además de las patentes originalmente encontradas, algunas otras que figuraban como solicitudes ya habían sido otorgadas.

El resultado de la búsqueda bibliográfica para el caso de Paques, presentado en la Tabla 7, dio 11 registros encontrados en México en la base de datos del IMPI, que incluye solicitudes de patentes publicadas de diciembre de 1991 a marzo del 2002, patentes concedidas y modelos de utilidad existentes desde 1980 hasta marzo del 2002 y diseños industriales existentes desde 1976 hasta marzo del 2002. Sin embargo, la mayor parte de estos registros en México se refiere a invenciones relacionadas con el tratamiento de residuos sólidos, gases residuales u otros procesos, cuyo análisis está fuera del alcance del presente trabajo. Las patentes de Paques en México referentes al tratamiento anaerobio de aguas residuales se muestran resaltadas en renglones en oscuro dentro de la Tabla 7.

La investigación de patentes en el campo anaerobio de Paques en México dio por resultado que solo tres invenciones patentadas en Estados Unidos, registros US5565098 (octubre 1996), US5904850 (mayo 1999) y US5972219 (octubre 1999) tienen también las patentes equivalentes de Paques en México con números *MX185983A* (concedida el 17 de septiembre de 1997), *MX198651A* (concedida el 18 de septiembre del 2000) y *MX217076A* (concedida el 22 de octubre del 2003), respectivamente.

En contraste, la investigación de invenciones de Biothane patentadas en México no arrojó patentes mexicanas equivalentes a las otorgadas en Estados Unidos para esta compañía.

Dado que las patentes sobre reactores para el tratamiento anaerobio de aguas residuales industriales que fueron analizadas para Paques en el presente trabajo son diez, significa que en principio se puede pensar en siete invenciones con posibilidades de utilidad comercial a la fecha en México, sin restricciones por la propiedad industrial de Paques. Algo similar se puede pensar para el caso de Biothane, dado que no se encontraron patentes equivalentes en México para sus invenciones analizadas.

Los resultados indican claramente las diferencias en estrategia de protección industrial que aplican estas dos compañías, siendo Paques la más activa en este sentido. Además, se identifica el hecho de que México no es considerado un país donde estas compañías deseen proteger sus tecnologías.

**Tabla 7. Patentes y Solicitudes de Paques en México
(Al mes de diciembre, 2004)**

Título	Documento	Número de Patente	Fecha de Concesión	Titular	Inventor(es)
REACTOR PARA EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUA	patente	MX 185983 A	17/Septiembre/1997	Paques B.V.	Sjoerd Hubertus Jozef Vellinga
PROCESO PARA EL TRATAMIENTO DE GASES	patente	MX 198650 A	18/Septiembre/2000	Paques Bio Systems B.V.	Cees Jan Nico Buisman
PROCEDIMIENTO PARA LA PURIFICACION DE GASES QUE CONTIENEN SULFURO DE HIDROGENO.	patente	MX 208123 A	03/Junio/2002	Paques Bio Systems B.V.	Cees Jan Nico Buisman Albert Jozef Hendrik Janssen Dimitri Yuri Sorokin Johannes Gijsbrecht Kuenen Lesley Anna Robertson
SISTEMA Y PROCESO PARA PURIFICAR AGUA DE DESPERDICIO QUE CONTIENE COMPUESTOS NITROGENADOS	patente	MX 189972 A	07/Octubre/1998	Paques B.V.	Ronald Mulder Sjoerd Hubertus Jozef Vellinga
PROCESO PARA EL TRATAMIENTO AEROBICO DE AGUAS RESIDUALES.	patente	MX 217076 A	22/Octubre/2003	Paques B.V.	Leonard Hubertus Alphonsus Habets Wilhelmus Johannus Bernardus Maria Driessen
PROCESO PARA PURIFICAR AGUAS RESIDUALES QUE CONTIENEN SULFUROS	patente	MX 188709 A	22/Abril/1998	Paques B.V.	Cees Jan Nico Buisman
METODO Y DISPOSITIVO PARA FERMENTACION ANAEROBICA DE SUBSTANCIAS DE DESPERDICIO ORGANICO SÓLIDO	patente	MX 199758 A	24/Noviembre/2000	Paques Solid Waste Systems B.V. Sgee Limited Global Environmental Engineering Ltd.	Meine Van Dijk
DISPOSITIVO DE ASENTAMIENTO PARA UN FLUIDO QUE CONTIENE LIQUIDO, GAS, Y UN MATERIAL EN PARTÍCULAS ASÍ COMO UN DISPOSITIVO LIMPIADOR PROVISTO CON EL MISMO, Y UN MÉTODO PARA LIMPIAR AGUAS RESIDUALES	patente	MX 198651 A	18/Septiembre/2000	Paques B.V.	Sjoerd Hubertus Jozef Vellinga
Título	Documento	Número de Solicitud	Fecha de Publicación	Solicitante	Inventor(es)
PROCESO PARA LA ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE SULFURO	Solicitud de patente	9904867	31/Noviembre/1999	Paques Bio Systems B.V.	Albert Jozef Hendrik Janssen
MÉTODO Y SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE DESECHOS	Solicitud de patente	9405799	31/Enero/1995	Paques B.V.	Sjoerd Hubertus Jozef Vellinga Jan Brinkman
PROCESO PARA LA PRODUCCIÓN DE SULFURO ÁCIDO A PARTIR DE AZUFRE ELEMENTAL Y EL USO DEL MISMO EN LA RECUPERACIÓN DE METALES PESADOS	Solicitud de patente	PA/a/2001/004910	31/Julio/2001	Paques Bio Systems B.V.	Cees Jan Nico Buisman Henk Dijkman

5. CONCLUSIONES

El análisis de 30 patentes sobre reactores para el tratamiento anaerobio de las aguas residuales, concedidas a invenciones registradas en Estados Unidos durante las dos últimas décadas del siglo XX, permite hacer las siguientes conclusiones:

Sobre la importancia del desarrollo y la innovación tecnológica de los reactores para el tratamiento anaerobio de las aguas residuales

- Es evidente la importancia relativa que se ha dado a la innovación tecnológica de los reactores UASB, de Lecho Fluidizado/Expandido o EGSB / IC a escala industrial sobre otros tipos de reactores anaerobios, a juzgar por el porcentaje (80%) de patentes encontradas y analizadas referentes a estos tipos de reactores anaerobios. Este resultado es plenamente confirmado por las aplicaciones industriales de estas tecnologías, con el dominio claro del tipo UASB y el surgimiento de los EGSB / IC en últimas fechas.
- La importancia dada a la innovación tecnológica de los reactores UASB ha sido comparable con la de los reactores EGSB e IC en conjunto, particularmente durante los últimos años.
- El análisis de patentes realizado no permite precisar si las invenciones fueron patentadas con el fin de su aplicación industrial y explotación comercial, para cumplir una función de monopolio o ambas cosas. Sin embargo, el interés mostrado por el desarrollo e innovación tecnológica de los reactores UASB y de Lecho Fluidizado/Expandido coincide con el importante número de reactores UASB construidos a escala industrial y con el creciente número de los reactores de Lecho Fluidizado/Expandido tipo EGSB e IC construidos y en operación, según ha sido documentado por Frankin (2001) y confirmado por información actualizada, obtenida de dos de las principales compañías líderes en el diseño y construcción de reactores anaerobios para el tratamiento anaerobio de aguas residuales. Esto claramente indica que la aplicación industrial y la explotación comercial de las invenciones patentadas han sido el propósito fundamental durante el período de estudio, independientemente de alguna función de monopolio que hayan cumplido las patentes.

- El análisis de patentes hizo evidente que algunos desarrollos e innovaciones tecnológicas han sido publicados solo después de que la invención ha sido protegida mediante la solicitud de la patente correspondiente, en países donde la competitividad en términos de propiedad intelectual o comercial es importante, como en el caso de los Estados Unidos. Esta afirmación se refiere al caso de innovaciones tecnológicas en reactores del tipo Lecho Fluidizado/Expandido y SBR anaerobio. Estos casos hacen evidente la importancia de las patentes como fuente de información tecnológica, en las cuales es posible encontrar información más reciente que la publicada en fuentes tradicionales.
- Los elementos de innovación tecnológica identificados para 3 invenciones patentadas en Estados Unidos en un período de 8 años por la compañía líder Biothane, se centran principalmente en los dispositivos de separación gas-líquido-sólido (separadores de 3 fases) de empleo en reactores de lecho fluidizado/expandido tipo EGSB y UASB. Dos de estas patentes protegen los componentes principales del reactor comercializado por esa empresa bajo la marca registrada Biobed EGSB. Con la información obtenida, se concluye que esta empresa, además de producir menos patentes que Paques, no tiene como estrategia la protección de sus innovaciones por la vía de patentes en otros países, salvo en un caso identificado (US6309553, octubre 2001).
- Los elementos de innovación tecnológica identificados en 10 invenciones patentadas en Estados Unidos en un período de 14 años por la compañía líder Paques, son más amplios que los de Biothane, y se centran en la recirculación y mezclado del reactor, el separador de fases de reactores UASB y el sistema de distribución del afluente dentro del reactor. Las patentes US4609460 (septiembre 1986) y US5338447 (agosto 1994) de Paques protegen en Estados Unidos el sistema de circulación interna y el distribuidor del influente, componentes principales de su reactor comercializado bajo la marca registrada Biopaq-IC. Para 8 de las invenciones de Paques existen documentos que avalan la solicitud o propiedad de patentes en los principales países de Europa y algunos de África, América y el Caribe, Asia y Oceanía. Solo tres se registraron en México obteniendo las patentes correspondientes.
- El principal elemento de innovaciones tecnológicas patentadas en los reactores del tipo UASB ha sido el sedimentador, clarificador o separador de fases. Este ha sido el interés de compañías líderes como Paques.

Sobre la tendencia prevista en el desarrollo tecnológico de los reactores para el tratamiento anaerobio de las aguas residuales

- Dado el interés por la innovación de los reactores anaerobios que emplean biomasa granular y lecho fluidizado/expandido, expresado en las invenciones patentadas por compañías líderes como Biothane y Paques en los últimos años, se puede esperar que este interés continúe y siga favoreciendo la obtención de mejoras en la tecnología de reactores anaerobios del tipo UASB y de lecho fluidizado/expandido del tipo EGSB e IC, con mayor predominio de estos dos últimos.
- El interés por la innovación de este tipo de reactores referidos se espera que se dé en dispositivos del reactor que ayuden a mejorar aún más la retención de la biomasa granular y a reducir la resistencia a los fenómenos de transferencia de masa. Es decir, el desarrollo tecnológico se prevé en los dispositivos sedimentadores, clarificadores o separadores de fases y los mecanismos del reactor que por un lado mejoren las condiciones de agitación y mezclado dentro del reactor y al mismo tiempo sean más compactos y económicos en materia de consumo de energía.
- Este futuro de la innovación tecnológica de los reactores UASB y de lecho fluidizado/expandido tipo EGSB, se prevé dada la aceptación y consolidación de la tecnología anaerobia durante la última parte del siglo XX y anticipando necesidades de tratamiento cada vez mayores de efluentes residuales específicos como lo son los de la industria petroquímica, por ejemplo (van Lier *et al.*, 2001).
- La aceptación y reconocimiento del tratamiento anaerobio no tan solo como opción sino como tratamiento principal de efluentes a escala industrial y municipal, bajo un esquema de desarrollo sustentable, permite anticipar el desarrollo tecnológico en los próximos años de los reactores que integran en un solo tanque procesos anaerobio y aerobio. Estos reactores pueden incluir el tratamiento de gases para el control de los olores; como ejemplo están las patentes US6183643 de febrero 2001, US6063273 de mayo 2000 y US5972219 de octubre 1999. Estas dos últimas invenciones han sido patentadas por una de las compañías líderes como lo es Paques.

- La tendencia general identificada para el desarrollo tecnológico de los reactores anaerobios para el tratamiento de las aguas residuales a escala industrial-comercial, se resume en el desarrollo tecnológico de los reactores con el fin de maximizar: la turbulencia para la mejor transferencia de masa, y el tiempo de residencia de los microorganismos. Así mismo, se busca minimizar: costos, consumo de energía, volumen del reactor y el tiempo de residencia del agua a tratar dentro del reactor.

Sobre la utilidad del empleo de la información en patentes para explorar de manera preliminar la existencia de tecnología de libre uso en México desarrollada por compañías líderes y la posibilidad de libre aprovechamiento comercial

- La protección de invenciones en México por parte de compañías líderes como Paques es una realidad en diversos campos de la ingeniería ambiental que abarcan el tratamiento de desechos sólidos, tratamiento de gases residuales industriales, la remoción de nutrientes en aguas residuales y el tratamiento anaerobio de aguas residuales. En este último campo se identificaron tres patentes mexicanas equivalentes a sus patentes en Estados Unidos.
- Para Paques se identificaron diez invenciones patentadas en Estados Unidos referentes a reactores para el tratamiento anaerobio de aguas residuales. Sin embargo, dado que Paques solo tiene patentes mexicanas para tres de esas diez invenciones, esto sugiere en principio, la existencia de oportunidades de aprovechamiento potencial de tecnología de libre uso a través de siete invenciones restantes que cuentan con patente en Estados Unidos pero que a la fecha no se encontró evidencia de protección intelectual en México.
- Algo similar se puede pensar para el caso de Biothane, dado que no se encontraron patentes equivalentes en México para sus invenciones analizadas que están patentadas en Estados Unidos.

Generales

- Las patentes son una fuente de información del estado de la técnica y de la innovación tecnológica, a las cuales se puede recurrir en forma relativamente accesible y gratuita. Este acervo permite ampliar el horizonte para no limitar la búsqueda de información tecnológica a las fuentes a las que tradicionalmente acude el estudiante o investigador en temas aplicados y de desarrollo tecnológico.
- Un aspecto de sumo interés, en particular para los usuarios de información sobre patentes e interesados en el aprovechamiento de la explotación comercial de desarrollos tecnológicos en los países en desarrollo, es el hecho de que cualquier invención que no está protegida en un país dado, se considera del dominio público en ese país. En otras palabras, esa invención podría utilizarse en ese país libremente, sin riesgo de cometer una infracción.
- Las empresas dedicadas al tratamiento de aguas residuales en México pueden aprovechar libremente las invenciones surgidas en otros países y no patentadas en México.
- Al estudiante o investigador en ingeniería, el complementar su revisión del estado del arte y la innovación con la información tecnológica disponible en los bancos de patentes, le permite ampliar el horizonte de investigación documental. Esto puede favorecer la optimización de los recursos destinados para la investigación mejorando su planeación, al evitar investigar aquello que tal vez ya ha sido investigado y no ha sido publicado en fuentes de información tradicionales.

REFERENCIAS

- ADIAT (2001). Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico, seminario: "Una visión práctica y actual de la propiedad intelectual", 19 y 20 de julio, Torre de Ingeniería, Ciudad Universitaria, México D.F.
- Balm, G. J. (1992), "Benchmarking. A practitioner's guide for becoming and staying best of the best", QPMA Press, USA, 178 pp.
- Basberg, B.L., (1987), "Patents and the measurement of technological change: A survey of the literature". *Research Policy* 16, pp. 131-141, North-Holland.
- Boxwell, R. J. (1995), "Benchmarking para competir con ventaja", McGraw-Hill, España, 203 pp.
- Coulter, J.B., Soneda, S. and Ettinger, M.B. (1957). *Sewage Ind. Wastes*, 29, 468.
- Dague, R.R.; Habben, C.E.; Pidaparti, S.R. (1992). *Initial Studies on the Anaerobic Sequencing Batch Reactor*; *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 1-26, No 9-11, pp. 2429-2432.
- De Man, A.W.A. et al. (1988). *Proc. 5th Int. Symp. on Anaerobic Digestión*, Bologna, Italy, 22-26 May, p. 197.
- Eco, Umberto (1984). *Cómo se hace una Tesis. Técnicas y procedimientos de investigación, estudio y escritura*, 6ª edición, México D.F., Editorial Gedisa Mexicana S.A., 267 pp.
- ELDIPAT (2001). "2º Encuentro Latinoamericano de Divulgación de Información de Patentes", 25 y 26 de julio, Hotel Royal Pedregal, México D.F.
- Enger, W.A., de Ram, R.A., Cignoli, A. and Gatli, G., (1988). In "Fifth Int. Symp. on Anaerobic Digestion: Poster Papers", ed. A. Tilche and A. Rozzi, Monduzzi editors, Bologna, p. 495.
- Frankin, R.J. (2001). Full scale experiences with anaerobic treatment of industrial wastewater, publicado por Environmental Protection and Resource Conservation Foundation (EP&RC) en el libro *Anaerobic digestion for sustainable development. Papers of the farewell seminar of Prof.dr.ir. Gatzke Lettinga*, March 29-30, Wageningen, The Netherlands, pp. 2-8.
- Frankin, R.J., W.A.A. Koevoets, W.M.A. van Gils and A. Van der Pas (1991), "Application of the BIOBED Upflow Fluidized Bed Process for anaerobic waste water treatment", presented at *6th Int. Symp. Anaerobic Digestion*, May 12-16, Sao Paulo, Brazil, en "Design of anaerobic processes for the treatment of industrial and municipal wastes", editado por Joseph F. Malina, Jr. Y Frederick G. Pohland, Water Quality Management Library – Volume 7, Technomic Publication, 1992, pp. 41 – 118.
- Friedman, A.A., Young, K.S., Bailey, D.G. and Tait, S.J. (1980). *New observations with anaerobic fixed-film reactors*. Workshop on anaerobic filters, Orlando, Florida, USA.
- Fuentes, Z.A. (1998). "Notas mínimas para planear y estructurar una tesis", publicado en *Gacetilla*, núm. 33, febrero, editada por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, pp. 2-19.

Galán, A.A. y Noyola, R.A. (2000). "Transferencia de tecnología en el mercado ambiental: Un caso de vinculación de la UNAM, publicado en el libro *Experiencias en Biotecnología: empresas y centros de vinculación universidad-empresa en América Latina y el Caribe*. Editores: Rafael H. Aramendis y Osiris C. Ocando. Programa Simbiosis. O.E.A./Colciencias, Santafé de Bogotá, Colombia, Junio. pp. 49-60.

Galán, A. (1995). Technological Competencies in a Large Automobile Firm: The Focused Strategy of Volkswagen, Technology Strategy Course, MSc in Technology and Innovation Management, Science Policy Research Unit, University of Sussex.

Hamdi, M. and Garcia, J.L. (1991). *Biores. Technol.*, **38**, 23.

Herce, J.L. (2001). Los servicios de la OMPI en materia de patentes, ponencia, *Seminario de ADIAT "Una visión práctica y actual de la propiedad intelectual"*, 19 y 20 de julio, Torre de Ingeniería, Ciudad Universitaria, México D.F.

Hobson, P.N. and Wheatley, A.D. (1993). *Anaerobic digestion: Modern theory and practice*, England, Elsevier Science Publishers Ltd, 269 pp.

IMPI (2001). Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, taller sobre el "*Sistema de Propiedad Industrial en México*", 25 de junio, México D.F.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, "Patentes y modelos de utilidad", Dirección de Patentes, 66 pp.

Iza, J. (1991). *Wat. Sci. and Technol.* **24** (8), 109.

Jalife, D.M. (2001). Edison: Inventor y causahabiente, conferencia magistral, presentado en el "*2º Encuentro Latinoamericano de Divulgación de Información de Patentes*", 25 y 26 de julio, Hotel Royal Pedregal, D.F.

Jeison, D. y Chamy, R. (1999) Comparison of the behaviour of expanded granular sludge bed (EGSB) and upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactors in dilute and concentrated wastewater treatment. *Water Science and Technology*, **40**(8), pp. 91 - 97.

Jeris J. S. (1983). Industrial wastewater treatment using anaerobic fluidized bed reactors. In: *Anaerobic treatment of wastewater in fixed film reactors, Proceedings of a Specialised Seminar of the LAWPRC (International Association on Water Pollution Research and Control)* held in Copenhagen, Denmark, 16-18 June, 1982, M. Henze (editor), Pergamon Press, Wat. Scien. and Tech., Vol. **15** pp 169-176.

Jewell, W.J., Cummings, R.J., Richards, B.K. and Rector, D.J. (1985). In *Energy from biomass and wastes IX*, Institute of Gas Technology, Chicago, USA, p. 829.

Jewell, W.J., Switzenbaum, M.S. and Morris, J.W. (1981). *J. Wat. Poll. Cont. Fed.*, **53**, 482.

Jewell, W.J. (1980). In *Anaerobic digestion*, ed. D.A. Stafford, B.J. Wheatley and D.E. Huges, Applied Science Publishers, London, 467.

- Krick, E.V. (1986). *Introducción a la ingeniería y al diseño en la ingeniería*, 2ª edición, México, Ed. Limusa, p.19.
- Lettinga, G., Rebac, S. y Zeeman G., (2001) Challenge of psychrophilic anaerobic wastewater treatment. *Trends in Biotechnology*, Vol. 19, No. 9, Sep.
- Lettinga, G. y Rebac, S. (1999) High-rate anaerobic treatment of wastewater at low temperatures. *Applied & Environmental Microbiology*, 65(4), p. 1696, 7p.
- Lettinga, G., Field, J.J., van Lier, J., Zeeman, G. and Hulshoff Pol, L.W. (1997). Advanced anaerobic wastewater treatment in the near future. *Wat. Sci. Tech.*, 35 (10), 5-12.
- Lettinga, G.; Zehnder, A. J. B.; Grotenhuis, J. T. C.; Hulshoff Pol, L. W., (1988). *Granular Anaerobic Sludge; Microbiology And Technology*, "Proceedings of the GASMAT – workshop, Lunteren, Netherlands, 25 – 27 October 1987", Pudoc Wageningen, Netherlands
- Lettinga, G.; Hulshoff Pol, L. W., (1986). *Water Science and Technology*, 18(12), pp. 99 - 108.
- Lettinga, G., van Velsen, A.F.M., de Zeeuw, W.J. and Hobma, S.W., (1979). In "Anaerobic digestion" ed. D.A. Stafford, B.I. Wheatley and D.E. Hughes, Applied Science Publishers, London, p. 167.
- Linstone, H. A., Turoff, M. (1975), "The Delphi method. Techniques and applications", Addison-Wesley Publishing Company, USA, 620 pp.
- Malina, J.F., Jr., Pohland, F.G., editores (1992). "Design of anaerobic processes for the treatment of industrial and municipal wastes", Water Quality Management Library – Volume 7, Technomic Publication, 1992, pp. 41 – 118.
- Martino, J. P. (1993), "Technological forecasting for decision making", McGraw-Hill Third Edition, 462 pp.
- McCarty, P.L. (1985). In *Anaerobic treatment of sewage*, ed. M. Switzembaum, University of Massachusetts Report Env. E., 88-85-5, p. 3.
- McCarty, P.L. (1982). In *Anaerobic digestion 1981*, ed. D.E. Huges et al., Elsevier Biomedical Press, Amsterdam, p. 3.
- Monroy, O., Famá, G., Meraz, M., Montoya L. y Macarie, H. (2000) Anaerobic digestión for wastewater treatment in México: state of the technology. *Water Research*, 34(6), pp. 1803 - 1816.
- Morales, F., Galán, A. y Noyola, A. (2002). "Innovaciones en tecnología de reactores anaerobios para el tratamiento de aguas residuales: el caso de dos compañías líderes a través del análisis de sus patentes", en *Memorias del VII Taller y Simposio Latinoamericano sobre Digestión Anaerobia*", Mérida, Yucatán, México, 22-25 octubre, pp. 196-203.
- Morris, J.N. and Jewell, W.J. (1982). In *Proc. 36th ann. Purdue ind. waste conf.*, p. 621.

Mulder, R., Vereijken, T.L.F.M., and Vellinga, S.H.J. (2001). "Future Perspectives In Reactor Development", en *Papers of the farewell seminar of Prof. Dr.ir. Gatze Lettinga: Anaerobic for Sustainable Development*, March 29 and 30, 2001, Wageningen The Netherlands.

Oliva, E., Jacquark, J.C. and Prevet, C., (1990). *Wat. Sci. and Technol.* **22** (2), 483.

OMPI (2001). Seminario de introducción a la propiedad industrial, Organización Mundial de la Propiedad Intelectual durante el Seminario de ADIAT "Una visión práctica y actual de la propiedad intelectual", 19 y 20 de julio, Torre de Ingeniería, Ciudad Universitaria, México D.F.

Pascik, I. and Henzler, H-J. (1988). In *Anaerobic digestión 1988*, ed. E.R. Hall and P.N. Hobson, Pergamon Press, Oxford, p. 491.

Patel, P. and Pavitt, K., (1994). The Continuing, Widespread (and Neglected) Importance of Improvements in Mechanical Technologies, *Research Policy*, Vol.23, pp.533-545.

Pohland, Frederick G. (1998). "Full-Scale Applications of Anaerobic Treatment Technology: Barriers to Deployment", en *Memorias del V Taller y Seminario Latinoamericano Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales*, Viña del Mar, Chile, 27 – 30 Octubre, 6 pp.

Pretorius, W.A (1971). *Water Res.* **5**, 681.

Rebac, S., van Lier, J. B., Janssen, M. G. J., Dekkers, F., Swinkels, K. Th. M. y Lettinga, G. (1999) High-rate anaerobic treatment of malting waste water in a pilot-scale EGSB system under psychrophilic conditions. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, **68**(2), pp. 135 - 146.

Rebac, S., van Lier, J. B., Lens, P., Stams, A. J. M., Dekkers, F., Swinkels, K. Th. M. y Lettinga, G. (1999) Psychrophilic anaerobic treatment of low strength wastewaters. *Water Science and Technology*, **39**(5), pp. 203 - 210.

Riggle, D. (1996) Anaerobic digestión for MSW and industrial wastewater. *BioCycle*, **37**(11), p. 77, 5p.

Rodríguez, E., Meraz M. A., Macarie, H., y Monroy, O. (2000) Tratamiento de agua residual doméstica con un reactor anaerobio EGSB. *Memorias del Segundo Simposio Internacional de Tratamiento y Reuso del Agua, Agua Residual y Residuos Industriales*, Cd. de México.

Rudd, T., Hicks, S.J. and Lester, J.N., (1985). *Env. Tech. Letters* **6**, 209.

SEFI (1988). *Patentes mexicanas de la segunda mitad del siglo XIX*, Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería, UNAM, México

Seghezzo, L., Zeeman, G., van Lier, J. B., Hamelers, H. V. M. y Lettinga, G. (1998) A review: the anaerobic treatment of sewage in UASB and EGSB reactors. *Bioresource Technology*, **65**, pp. 175-190.

Sixt, H. and Sahm, H. (1987). In "Biotechnology of Waste Treatment and Exploitation", ed. J.M. Sidwick and R.S. Holdom, Ellis Horwood, Chichester, UK, p. 149.

Soto, V.R. (2001). "Propiedad intelectual", presentado en el *Seminario de ADIAT "Una visión práctica y actual de la propiedad intelectual"*, 19 y 20 de julio, Torre de Ingeniería, Ciudad Universitaria, México D.F.

Steffen, A.J. (1953). *Biol. Treat. Sew. Ind. Wastes*, **11**, 126.

Stronach, S.M., Rudd, T. and Lester, J.N., (1986). "Anaerobic Digestion Processes in Industrial Waste Treatment", Springer-Verlag, Berlín.

Van Lier, J.B., Tilche, A., Ahring, B.K., Macarie, H., Moletta, R., Dohanyos, M., Hulshoff Pol, L.W., Lens, P., and Verstraete, W. (2001). New perspectives in anaerobic digestion. *Wat. Sci. Tech.*, **43** (1), 1-18.

Van Lier, J.B., van der Zee, F.P., Rebac, S., and Kleerebezem, R. (2001). Advances in High Rate anaerobic Treatment: Staging of Reactor Systems, *Papers of the farewell seminar of Prof. Dr.ir. Gatzke Lettinga: Anaerobic for Sustainable Development*, March 29 and 30, 2001, Wageningen The Netherlands.

Water Environment Federation (1994), *Wastewater Biology: The Life Processes*, Alexandria, VA USA, Special Publication of the Water Environment Federation.

Water Science and Technology (1987), *Anaerobic Treatment in Tropical Countries*, publicado en "Proceedings of an International Association on Water Pollution Research and Control International Seminar held at CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamiento Ambiental -, Sao Paulo, Brazil, 25 – 29 August 1986", Editor: M.E. De Souza, Pergamon Press, Great Britain.

Weber, W. J. Jr., Hopkins, C. B. and Bloom, J. Jr. (1969). Physicochemical Treatment of Waste Water. *Journal of Water Pollution Control Federation*, **42**, 83-89.

Weber, W. J. Jr., Hopkins, C. B. and Bloom, J. Jr. (1970). Expanded-Bed Active-Carbon Adsorption Systems for Waste Water Treatment, Gloyna and Eckenfelder, Ed. University of Texas Press.

WEF/ASCE (1992), Design of Municipal Wastewater Treatment Plants, Vol. I, Manual of Practice No. 8, Water Environment Federation / American Society of Civil Engineers EUA, pp 180-194.

Young, J.C. and McCarty, P.L. (1969). *Water Pollut. Cont. Fed.*, **41**, 160.

Young, J.C. and McCarty, P.L. (1968). Tech. Rept. No 87, Dept. of Civil Eng., Stamford University, USA.

Zoutberg, G. R. y Eker, Z. (1999) Anaerobic treatment of potato processing wastewater. *Water Science and Technology*, **40**(1), pp. 297 - 304.

Zoutberg, G. R. y de Been, P. (1997) The BIOBED^R EGSB (Expanded Granular Sludge Bed) system cobres shortcomings of the upflow anaerobic sludge blanket reactor in the chemical industry. *Water Science and Technology*, **35**(10), pp. 183 - 188.

ANEXO I. ANALISIS DE LAS 30 PATENTES ENCONTRADAS

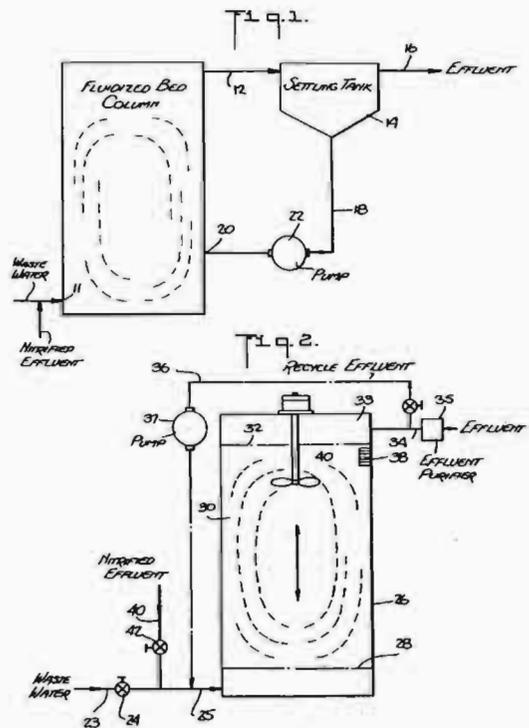
US4182675 de Ecolotrol. Waste treatment process (proceso de tratamiento de residuos)
(Ene 08, 1980) Inventor: Jeris.

Proceso para remoción de DBO del agua residual por vía anaerobia, empleando lechos fluidizados mediante flujo ascendente; el lecho es sometido a control del crecimiento microbiano. Se emplea proceso biológico para remover DBO en forma de metano, CO₂ y material celular, empleando un lecho fluidizado de microorganismos adheridos a partículas de material de soporte. El crecimiento bacteriano sobre las partículas de material de soporte se controla removiendo del lecho cierta cantidad de partículas y sometiéndolas a una abrasión para remover el exceso de crecimiento y reciclándolas al proceso. Una configuración preferida emplea un agitador rotatorio de hojas afiladas localizado dentro del reactor para remover el exceso de crecimiento bacteriano sobre el material de soporte. El material de soporte se puede inocular dentro o fuera del lecho fluidizado. Al agua residual a ser tratada se le puede adicionar efluente nitrificado para fines de desnitrificación del efluente tratado.

La Fig. 1 es un diagrama que ilustra una configuración preferida para el proceso de acuerdo con la invención. Se introduce agua residual a través de una tubería de entrada (23), la válvula (24) y el puerto de entrada (25), por la parte mas baja de la columna cilíndrica (26) empleando un distribuidor (28) en la base de la columna. Los microorganismos o partículas del lecho con biota sembrada son fluidizadas por el paso del agua residual a través de la columna y forman un lecho fluidizado (30). La altura de la interfase del lecho fluidizado se indica en (32) formando una cámara (33) dentro de la columna. El agua tratada o efluente se extrae de la columna después de su paso por el lecho fluidizado y la cámara (33), como se indica en (34). Después el efluente se puede

pasar a través de un dispositivo para purificarlo (35), como puede ser un tanque sedimentador o algún otro sistema de tratamiento, de ser necesario. Porciones de efluente se pueden reciclar a través de la tubería (36), que incluye una bomba (37). Esto es con el propósito de: promover el crecimiento de los microorganismos sobre las partículas durante la operación de inóculo; para mantener un flujo uniforme cuando se reduce el influente; para diluir la concentración de entrada de DBO al lecho si es necesario uniformar la concentración del agua residual; y/o para permitir una remoción adicional de DBO remanente en el efluente.

U.S. Patent Jan. 8, 1980 4,182,675



Figs. 1, 2. Reactor de flujo ascendente y proceso para remoción de DBO y nitrógeno del agua residual, empleando lechos fluidizados sometidos a control del crecimiento microbiano. (Fuente: patente US4182675 de Ecolotrol).

En una de las configuraciones preferidas de la invención, Fig. 2, se introduce efluente nitrificado a través de la tubería (40), la válvula (42) y el puerto de entrada (25) donde se mezcla con el agua residual; de ahí la mezcla pasa a ser procesada en el lecho fluidizado para remover la DBO y los nitratos y nitritos en forma de metano, CO₂, nitrógeno gaseoso y material celular. Durante el tratamiento, el crecimiento bacteriano sobre las partículas de material de soporte se supervisa en función de la expansión del lecho mediante un dispositivo óptico convencional u otro tipo de detector de sólidos (38). Cuando la expansión del lecho alcanza una altura predeterminada donde el detector se active, las partículas de lecho se regeneran mediante abrasión para remover el exceso de material celular. Esto se logra mediante el empleo de un agitador mecánico (40) montado en la parte alta de la columna. El agitador tiene forma de hojas afiladas rotatorias.

Antecedentes de la invención

El estado del arte del tratamiento de las aguas residuales se enfocaba a la construcción de plantas para remover sólidos y DBO, tradicionalmente a través de procesos de lodos activados o filtros percoladores. Sin embargo estos procesos son costosos y demandan gran cantidad de terreno.

La literatura reportaba a nivel experimental el empleo de lechos expandidos de flujo ascendente utilizando carbón activado para la adsorción de pequeñas cantidades de DBO remanente del tratamiento biológico convencional o del tratamiento fisicoquímico. Esos procesos de adsorción que empleaban lechos expandidos fueron en principio experimentales y no para aplicación en sistemas a gran escala para el tratamiento de aguas residuales. Requerían de frecuente retrolavado o regeneración del sistema ya que los poros del carbón activado rápidamente se saturaban con los

contaminantes (Weber et al., 1969, 1970; Patente US3658697, Abr 25, 1972). No obstante, la DBO era principalmente removida del agua residual por un proceso de adsorción y no por un proceso biológico. Además, se empleaba un lecho de carbón activado expandido en flujo ascendente comparado con un lecho fluidizado.

Se reportaba la experimentación a escala de laboratorio usando reactores de lecho empacado y flujo ascendente operados en condiciones anaerobias. Estos reactores empleaban piedras de 1 a 1.5 pulgadas como medio de empaque y requerían un tiempo de retención de 18 horas para lograr el 90% de la remoción de DBO.

Aún cuando el estado del arte reconocía la conveniencia de emplear microorganismos para remover carbono orgánico, no se había tenido éxito en ofrecer un proceso económico y altamente eficiente para tratar rápidamente grandes cantidades de agua residual.

Ante esta situación, se identificó que existía la necesidad de contar con un proceso libre de los defectos y deficiencias del estado del arte conocido para purificar agua residual.

Innovaciones reclamadas

La patente presenta 11 reivindicaciones o reclamos de invención para un proceso biológico que:

- 1) Remueve DBO del agua residual mediante su paso ascendente a través de un lecho fluidizado formado por partículas de material donde crecen en condiciones anaerobias microorganismos adheridos a estas partículas.
- 2) El crecimiento de material celular sobre las partículas del lecho se controla por abrasión, removiendo el exceso de material celular mediante un agitador rotatorio de hojas afiladas;
- 3) y 4) Las partículas de material se inoculan dentro o fuera del lecho.

- 5) Una porción del efluente tratado se recircula continuamente a través del lecho fluidizado.
- 6) Se pueden emplear en serie lechos fluidizados.
- 7 y 8) Se requiere como mínimo una concentración de 50 mg/l de DBO en el influente, flujo de 6-40 galones/min por pie² de lecho fluidizado, pH de 6.4-7.8 y temperatura de 5-45 °C en un lecho con tamaño de partícula entre 0.2-3 mm, tamaño mucho menor al usado hasta entonces.
- 9) El lecho está conformado por partículas de material de soporte de diversa naturaleza (carbón, piedra volcánica, vidrio, plástico, arena, granate, carbón activado o alúmina).
- 10 y 11) Las partículas de material con exceso de crecimiento celular se retiran del lecho para remover exteriormente el exceso de crecimiento celular y se recirculan al proceso.

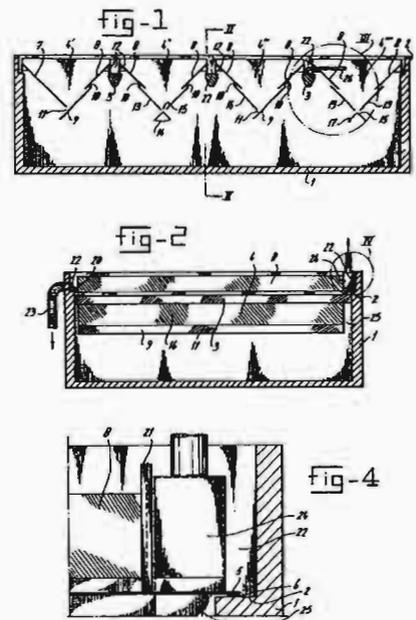
Principales elementos de innovación tecnológica identificados

La innovación se centra en mejorar el funcionamiento de los reactores anaerobios experimentales de lecho empacado fluidizado o expandido mediante flujo ascendente, superando deficiencias por frecuente retrolavado o regeneración requerida para el lecho, ya que debido al excesivo crecimiento de microorganismos presentaban taponamiento que impedía contar con un proceso biológico de este tipo en una forma económica y eficiente para tratar grandes cantidades de agua para remover DBO.

>> o <<

**US4253956 de Centrale Suiker
Maatschappij. Apparatus for the
anaerobic purification of waste water
(aparato para la purificación
anaerobia de agua residual)
(Mar 03, 1981) Inventor: Pette.**

U.S. Patent Mar. 3, 1981 Sheet 1 of 2 4,253,956



Figs. 1, 2. Ilustran la innovación del post-sedimentador, localizado en la parte alta de un reactor anaerobio. (Fuente: patente US4253956 de Centrale Suiker Maatschappij).

Se centra en mejorar la estructura y operación de este tipo de reactores conocidos según los antecedentes de la invención, al enfocarse en la innovación del diseño del compartimiento post-sedimentador o clarificador, localizado en la parte alta del reactor, para clarificar el agua y retener el lodo dentro del reactor.

La Fig.1 es una sección vertical transversal del dispositivo de acuerdo con la invención, con varios compartimientos post-sedimentadores (4', 4'', 4''', 4''') uno al lado del otro. La Fig. 2 es una sección vertical longitudinal de este dispositivo. El reactor está constituido por un tanque de concreto (1) que puede tener cualesquier dimensiones deseadas en sentido horizontal, 15 por 20 m por ejemplo, y una altura de 5 m. A una altura de aproximadamente 1 m desde la parte más alta, el tanque cuenta con la parte (2) horizontalmente escalonada. Tres vigas de concreto (3) se extienden paralelas una a la otra en toda la longitud del tanque y a la misma altura que (2).

Los cuatro compartimientos post-sedimentadores (4', 4'', 4''', 4''') están soportados sobre los apoyos constituidos por (2) y las tres vigas de concreto (3), según se muestra en la Fig. 1. Estos compartimientos post-sedimentadores están cada uno construidos como una estructura metálica o unidad que puede quitarse y ponerse en el tanque de concreto (1). Desde la sección transversal mostrada en la Fig. 1, los compartimientos post-sedimentadores tiene forma mutuamente diferente, indicada por los numerales 4', 4'', 4''' y 4'''' vistos de izquierda a derecha.

El compartimiento 4' tiene inclinadas las paredes (7) y (8) a lo largo de las cuales el lodo puede resbalar hacia abajo por su propio peso. la pared (8) está truncada o interrumpida en (10), la parte de la pared (8) debajo de esta interrupción está desalineada con respecto a su parte superior respecto a la interrupción (10). La abertura (10) así formada es una entrada para la mezcla de lodo y agua procedente del tanque reactor, que ingresa al compartimiento post-sedimentador 4'. Esta mezcla de lodo y agua se eleva desde el reactor por la acción de las burbujas de gas que se forman por la fermentación que tiene lugar dentro del tanque reactor (1) debajo del compartimiento 4'. Por el diseño descrito de la abertura (10) en la pared (8), esta abertura está protegida por la parte (9) para que los gases no pasen a través de ella sino que se desvíen hacia el espacio colector de gas (12). El lodo del compartimiento post-sedimentador abandona éste a través de la abertura (11) para regresar al reactor (1). La parte (9) de la pared (8)

evita que los gases entren al compartimiento post-sedimentador a través de (11).

En el compartimiento 4'' se tiene dos de estas paredes interrumpidas (8) que forman entradas (10) y las paredes son simétricas con respecto del plano central vertical del compartimiento. Una estructura guía cerrada (14) debajo de la abertura (15) evita que los gases se eleven a través de ella. la parte baja de las paredes (8) está indicada por (13). Para el tercer compartimiento, 4''', se tiene una combinación de las dos configuraciones previamente descritas. El compartimiento 4'''' difiere del 4'' sólo en que la estructura guía (14) está reemplazada por una campana colectora de gas (17) en la cual existe un espacio para coleccionar el gas. Por el vertedero (20) rebosa el agua purificada descargándose del compartimiento post-sedimentador (4', 4'', etc.) a las piletas formadas en la parte alta de las vigas (3) y entre los compartimientos adyacentes y los compartimientos extremos, según se muestra en la Fig. 1. Las piletas (22) están interconectadas entre sí formando una pileta periférica desde donde el agua es descargada del reactor mediante uno o más dispositivos (23). El gas coleccionado es descargado por el dispositivo de descarga (24).

Antecedentes de la invención

Un aparato para la purificación del agua residual (municipal o industrial) con tanque reactor para la fermentación metanogénica y con un compartimiento post-sedimentador (clarificador) en la parte superior del reactor, y dicho post-sedimentador teniendo abertura de descarga en su parte más baja hacia el reactor de tal forma que el lodo anaerobio activado separado en el compartimiento post-sedimentador pueda regresar al reactor, se conoce a partir de la solicitud de patente holandesa No. 7606904 del mismo titular. Una abertura en la zona más alta de este compartimiento post-sedimentador permite la entrada de la mezcla de lodo y agua desde

el reactor hacia el compartimiento post-sedimentador.

Innovaciones reclamadas

La patente presenta 13 reivindicaciones o reclamos de invención para el aparato descrito. La característica principal de la innovación respecto a los dispositivos entonces conocidos es que las aberturas (10) de entrada a los compartimiento post-sedimentadores (4', 4'', etc.) están formadas por un truncamiento o interrupción en la pared inclinada (8); las partes (8 y 9) a ambos lados de esta interrupción (10) están separadas una cierta distancia perpendicular entre sí, y con este diseño la abertura se encuentra protegida evitando que el gas entre a través de ella al compartimiento post-sedimentador. Estas aberturas (10) permiten que la mezcla de lodo y agua fluya al compartimiento post-sedimentador y que el lodo sedimentado sea descargado de regreso al tanque de reacción, mejorando la clarificación del agua purificada.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

La innovación se centra en el clarificador o post-sedimentador, que busca crear una zona de calma en la parte alta del reactor al evitar la agitación de la mezcla de lodo y agua provocada por la acción de las burbujas del gas generado por la fermentación en el tanque de reacción. La zona de calma favorece la sedimentación del lodo, el cual puede regresar a la parte baja del reactor, y mejora la clarificación del agua purificada.

>> o <<

US4284508 de Jewell. Methane production by attached film (producción de metano mediante película adherida)

(Ago 18, 1981) Inventor: Jewell.

La figura ilustra el proceso general de tratamiento del agua residual doméstica para la obtención de metano, el cual se caracteriza por emplear un reactor anaerobio de lecho expandido con película adherida. El agua residual diluida (2) es inoculada con bacterias anaerobias que incluyen bacterias metanogénicas y se introduce por el fondo de un reactor de lecho expandido (4) constituido por material particulado de soporte (con diámetro de partícula entre 20 y 30 micras) cubierto con una película de polisacáridos (8). Se desarrolla un flujo ascendente de baja velocidad a través del lecho durante el cual la biopelícula metaboliza los compuestos orgánicos biodegradables generando gas metano y dióxido de carbono, principalmente. El efluente parcialmente tratado se recicla (10) desde la parte alta del lecho hacia el fondo del lecho para darle un tratamiento adicional. Los gases metano y dióxido de carbono se separan (14) del agua purificada (16).

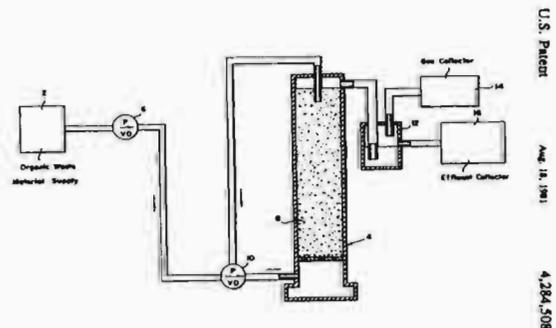
Antecedentes de la invención

Los elevados costos de energía requerida para la aeración durante el tratamiento del agua residual doméstica en Estados Unidos, estimados en alrededor de medio millón de dólares al año, sin contar el costo del tratamiento de la gran cantidad de lodo generado. Asimismo, estaba la alternativa de la fermentación metanogénica por vía anaerobia, que sin embargo entonces presentaba serias limitaciones en cuanto a tasas de remoción y baja eficiencia del proceso.

Se habían hecho numerosos intentos para mejorar los procesos biológicos de tratamiento con el reciente enfoque hacia los

procesos de película adherida usando aire u oxígeno puro. Estos métodos de tratamiento y los reactores que empleaban lecho fluidizado eran bien conocidos dentro del estado del arte patentado como era evidente en las patentes de Jeris US3846289, US3956129, US4009099 y US4009105. Las patentes US3846289 y US3956129 presentan un método y aparato, respectivamente, para la desnitrificación del agua residual empleando un lecho fluidizado que incluía material particulado de soporte de tamaño de partícula entre 0.2 y 3 mm. Las patentes US4009099 y US4009105 presentan un método y aparato, respectivamente para remover la DBO empleando un lecho fluidizado con material de soporte del mismo tamaño de partícula que el empleado en las primeras dos patentes mencionadas.

Aunque los procesos mencionados ofrecían mejoras tecnológicas, seguían teniendo requerimientos de oxígeno y elevados caudales que daban por resultado consumos de energía similares a los de la tecnología convencional de entonces (lodos activados).



Innovaciones reclamadas

La patente presenta 12 reivindicaciones de innovaciones de los procesos biológicos de tratamiento que emplean lechos expandidos o fluidizados, que se resumen en la invención descrita. Particularmente a un método anaerobio para el tratamiento de

aguas residuales domésticas diluidas (concentración entre 50 y 600 mg/l de DQO) empleando un reactor de lecho expandido, el lecho fluidizado constituido de material particulado cuyo diámetro preferente es de 20 a 30 micras.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

Procesos biológicos empleando lechos expandidos o fluidizados.

US4482458 de Degremont. Process and apparatus for the anaerobic treatment of waste water in a filter including granular material (proceso y aparato para el tratamiento anaerobio de agua residual en un filtro que incluye material granular)
(Nov 13, 1984) Inventor: Rovel et al.

Consiste en la introducción de agua residual al aparato (1) ilustrado en la figura, el cual incluye un filtro constituido de material granular (2) donde crecen microorganismos en condiciones anaerobias. El agua residual introducida por el conducto (5) y el material granular (2) que sirve de soporte para el crecimiento de la biomasa se mantienen en circulación continua, mediante un sistema de bombeo que utiliza como fluido de impulsión parte del biogás producido durante el tratamiento. El resto del biogás se evacua a través de un conducto (8) localizado en la parte alta del reactor. Este sistema de bombeo comprende un tubo vertical (3) que se extiende verticalmente a través del filtro dentro del reactor (1). Al menos una parte del biogás proveniente del conducto (8) se pasa a través del conducto (9) a un compresor (10) y al conducto (4) desde donde se inyecta el biogás al tubo (3). La inyección del biogás dentro del tubo (3) crea un efecto de bombeo ascendente o "gaslift" a través del tubo y gracias a este efecto de bombeo se logra la circulación continua (indicada por flechas curvas en la figura) del material granular (2) que sirve de soporte para la biomasa y el agua que está siendo tratada. La velocidad de circulación dentro del reactor se regula controlando el flujo de biogás introducido al tubo (3).

Dentro del reactor se definen cuatro zonas. La zona más baja A permite concentrar el material recirculado para abastecer al tubo (3) por su parte baja. En la zona B (donde el tratamiento anaerobio se lleva a cabo en mayor grado) el agua que está siendo tratada y el material granular con la biomasa se

mantienen en circulación continua. En esta zona la turbulencia se incrementa con el empleo de deflectores (16) conectados al tubo (3). Arriba de la zona de turbulencia se tiene una zona C de decantación o sedimentación; esta zona está determinada por un embudo (11) que rodea la parte superior del tubo (3) como se muestra en la figura. Este embudo tiene la característica de poder variar su posición dentro del reactor (1) para ajustarse dependiendo de la calidad del agua residual a ser tratada. El agua ya tratada se extrae de la zona C a través del conducto (6) mientras que el material granular que sirve de soporte para la biomasa y entra a la zona C sedimenta por gravedad de regreso a la zona turbulenta B a través del espacio (14) existente. En la zona D se almacena el biogás producido durante el tratamiento anaerobio desde donde se evacua del reactor mediante el conducto (8).

Antecedentes de la invención

Los filtros anaerobios de flujo ascendente o descendente, los cuales emplean material de soporte sobre el cual crece la biomasa que lleva a cabo la biodegradación de la materia orgánica del agua. El agua que está siendo tratada circula a través del material del filtro, pero el tiempo de tratamiento que recibe es tan corto que se requiere una alta tasa de recirculación del agua al reactor. El empleo de materiales ordinarios, como el plástico, causa que solo una pequeña cantidad de biomasa se adhiera al material. Estos sistemas presentan desventajas también referentes a la distribución y recirculación del agua dentro del reactor. Si se emplea un material de empaque granular se tiene el riesgo de que el filtro se tape, que el crecimiento de la biomasa obstruya el libre flujo de agua y que el flujo de ésta sea muy bajo para superar la obstrucción.

En los sistemas que emplean lecho expandido o fluidizado por la acción del agua bajo tratamiento está el riesgo de que

se tapen los dispositivos de alimentación del agua.

Algunos de estos sistemas conocidos requieren de un sedimentador para el agua tratada, que se localiza fuera del filtro mismo.

Como antecedente también está el sistema de bombeo presentado en la patente US4111808 (no analizada) que consiste de un tubo vertical al cual se inyecta gas presurizado para crear un efecto de bombeo ascendente o "gaslift".

Innovaciones reclamadas

La patente presenta 8 reivindicaciones o reclamos de invención que en resumen comprenden el proceso y aparato descritos, junto con los dispositivos que incluyen el empleo del tubo vertical y el sistema de bombeo presentados. Se establece que la diferencia de densidad entre el material granular que sirve de soporte a la biomasa y el agua residual que está siendo tratada debe estar en el intervalo de 0.05 a 0.15 y el diámetro de las partículas debe ser menor de 1 mm. Se reclama como innovación el uso de los deflectores conectados al tubo vertical para promover la turbulencia en esa zona media del reactor y favorecer la circulación del material granular que sirve de soporte para la biomasa y el agua residual que está siendo tratada.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

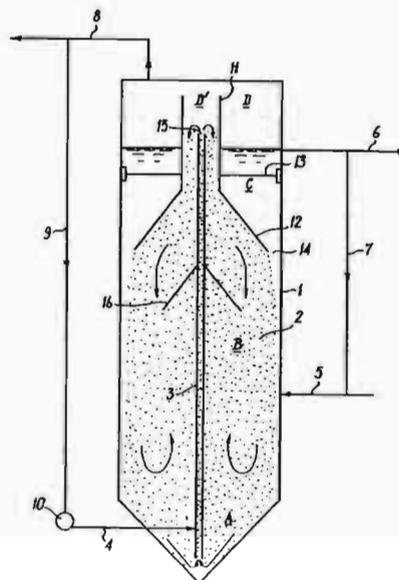
Se identifican como elementos de innovación tecnológica el sistema de bombeo y circulación del agua dentro del reactor. Concretamente la adecuada circulación del agua y el material de soporte a través de varias zonas dentro del reactor, con base en un sistema de bombeo que aprovecha el biogás generado durante tratamiento anaerobio y la diferencia de

densidad entre el material de soporte con la biomasa y el agua residual.

U.S. Patent

Nov. 13, 1984

4,482,458



>> o <<

US4563281 de Syracuse University.
Anaerobic contactor (contactor
anaerobio)

(Ene 07, 1986) Inventor: Friedman et al.

Muchos de los parámetros críticos que afectan negativamente las complejas interacciones metabólicas de las varias especies involucradas en los procesos anaerobios, se pueden controlar o reducir al controlar la presión que se tiene en el espacio (17) que se encuentra sobre la superficie del agua residual bajo tratamiento, en el reactor (10) ilustrado en las Figs. 1, 2 y 3. Este sistema comprende un tanque sellado (11) que contiene el agua a tratar (12) y un espacio para los gases generados (17). El tanque está dividido en compartimientos o etapas individuales (13) de igual volumen por medio de mamparas (14). La presión del gas (17) que se encuentra sobre la superficie del agua residual se reduce en condiciones controladas hasta una presión subatmosférica predeterminada durante el tratamiento anaerobio del agua residual, para incrementar las tasas volumétrica y superficial de remoción de la DQO para un tratamiento más eficiente del agua residual. Una flecha horizontal (20) está montada dentro del tanque y su operación está acoplada a un motor de velocidad variable (21). Una serie de discos de plástico espaciados entre si o contactores (23) están fijos a la flecha y rotan sobre su eje central simultáneamente con la flecha. Los discos están recubiertos con una biopelícula capaz de digerir los nutrientes y sustratos contenidos en el agua residual. Los discos parcialmente sumergidos (50%-80%) exponen secuencialmente a la biopelícula al agua residual (12) y el espacio (17) para que los nutrientes y sustratos sean removidos del agua residual y los gases del proceso puedan ser fácilmente expelidos de la biopelícula al espacio (17). Esto establece un ciclo de alimentación controlada dentro del sistema, superando así los problemas asociados con

los sistemas en los que la biomasa se encuentra permanentemente sumergida.

El agua residual se introduce al tanque (11) mediante una tubería (25) conectada a la descarga de una bomba (27). La bomba está impulsada por un motor (28) de velocidad variable por medio del cual la tasa de agua residual que entra al tanque se puede regular con precisión. El influente primero pasa por una cámara de premezclado (30) que tiene un impulsor (31) fijo a la flecha (20) que sirve para mantener el agua agitada. El agua pasa a los diferentes compartimientos o etapas (13) a través de los orificios (32) mostrados en la Fig. 2. y finalmente se descarga del tanque mediante la tubería (33). Cada etapa de tratamiento está separada por mamparas con el fin de que la concentración de los nutrientes y sustratos en el agua disminuya a medida de que el agua fluye de la entrada a la salida del tanque. La progresiva disminución del gradiente de concentración favorece la buena remoción de la DQO al mismo tiempo que minimiza el espacio del reactor. Para ampliar la capacidad de operación del reactor se emplea un sistema auxiliar (35) para introducir agua a uno o más compartimientos seleccionados. Las válvulas (39) se pueden ajustar selectivamente para regular la cantidad de agua residual influente que entra a cada etapa. Una bomba de vacío (40) está conectada al espacio (17) a través del conducto (41) y a una válvula de control de vacío (42) que se opera para regular la presión en el espacio (17). Un dispositivo controlador (45) que puede ser un microprocesador está programado para regular la actividad del motor de la bomba que introduce el agua al tanque y de la válvula de control de vacío (42) en respuesta a los datos proporcionados por un sensor de presión (46) y un sensor de caudal (47).

Antecedentes de la invención

Un antecedente principal de la invención es el sistema denominado Contactor Biológico

Rotatorio (RBC, por sus siglas en inglés) el cual es usado en el tratamiento aerobio de aguas residuales. Comúnmente se le conoce como Biodisco.

Asimismo, las patentes US3640846, US3724542, US3817857, US3994780, US4043936, US4067801, US4100023, US4134830 presentan diferentes tipos de sistemas anaerobios para tratar agua residual con varios sustratos biodegradables y nutrientes. Estos sistemas operan bajo condiciones atmosféricas o ambiente y la mayor parte están limitados en términos de la cantidad de influente que pueden eficientemente admitir. Las biopelículas anaerobias son materiales muy porosos y la rápida generación de microburbujas en su interior (mayormente de CO₂ y metano) puede inhibir la descomposición anaerobia de la materia orgánica en el agua, cuando las microburbujas llegan a obstaculizar el adecuado transporte de sustratos y nutrientes a las células o la evacuación de su interior de las sustancias producto del metabolismo. Un incremento en la concentración de estos materiales a niveles más allá da por resultado la inhibición de productos y/o la acumulación de sustancias tóxicas dentro de las células.

El hidrógeno molecular (H₂) es un intermediario principal en el control de las complejas interacciones que ocurren entre diferentes especies durante la degradación anaerobia del agua residual. El H₂ es liberado por un grupo de microorganismos y aprovechado por las bacterias metanogénicas para reducir el CO₂ a metano. Por el mismo motivo, una elevada presión parcial del H₂ en solución provoca la conversión de sustratos como etanol, propionato y butirato a metano para producir desfavorables niveles de energía libre. Por lo tanto, los sistemas que operan bajo condiciones atmosféricas deben mantener la presión parcial del H₂ dentro de un intervalo muy estrecho para producir metano eficientemente.

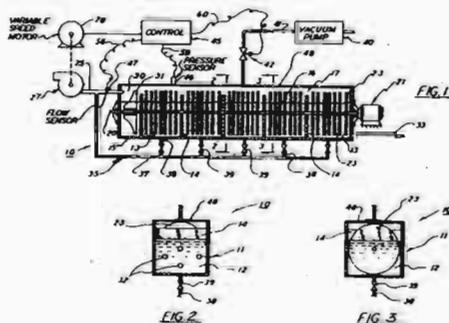
Los sulfuros también se producen en solución a partir de los compuestos que contienen sulfatos y azufre y se encuentran en las aguas residuales. Esto llega a incrementar los niveles tóxicos de sulfuros en la biopelícula a un punto en el cual la efectividad del sistema biológico anaerobio es afectado negativamente.

Innovaciones reclamadas

La patente presenta 6 reivindicaciones o reclamos de invención que en resumen comprenden el método y reactor descritos, incluyendo la operación del reactor en condiciones de presión por debajo de la presión atmosférica. Se reclaman también dos ecuaciones para determinar la tasa de remoción de DQO en función de la DQO influente y de la presión absoluta en el espacio sobre la superficie libre del agua residual en el reactor.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

Control de parámetros que influyen en el desempeño de las biopelículas y afectan negativamente la metanogénesis en sistemas RBC anaerobios (biodiscos anaerobios).



>> o <<

US4609460 de Paques. Anaerobic purification equipment for waste water (equipo de purificación anaerobia para agua residual)
(Sep 02, 1986) Inventor: Vellinga.

reactor en donde el gas es separado del líquido.

U.S. Patent Sep. 2, 1986 Sheet 1 of 5 4,609,460

Equipo de purificación anaerobia para agua residual; se muestra en las Fig 1. Consta de un contenedor alto (1), en el fondo del cual hay una entrada (2) para el influente. Cerca del borde superior del contenedor hay canaletas (3) para el efluente, conectadas a una tubería de drenaje (4). Dentro del contenedor hay dos sistemas colectores (5 y 6) (cada uno consistentes de campanas en cuatro niveles 5a, b, c, d y 6a, b, c, d respectivamente, inclinadas respecto a una tubería central 7). La mayor parte del biogás se captura en el primer sistema colector (5) generando un efecto gaslift que da por resultado una circulación interna dentro del reactor que permite el mezclado y la recirculación de agua y el lodo sin bombeo.

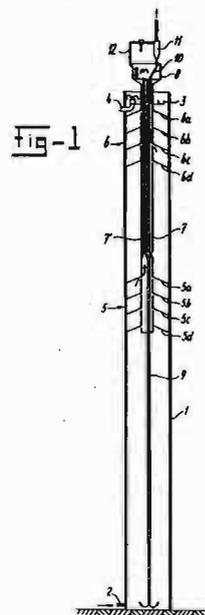


Fig. 1. Reactor anaerobio de flujo ascendente y lecho fluidizado, con un separador de tres fases adicional (5) cuyo empleo permite la circulación interna dentro del reactor para el mezclado y la recirculación, sin bombeo. (Fuente: patente US4609460 de Paques).

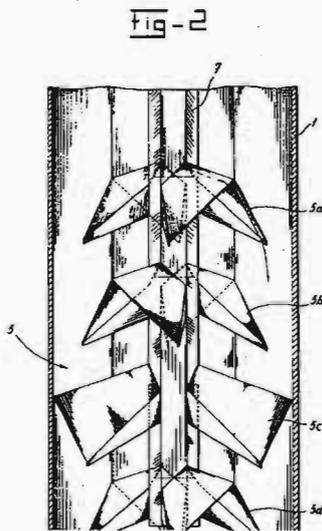
El principio del gaslift se basa en la diferencia de la cantidad de biogás contenido dentro de los tubos ascendentes 7, 7' (mayor cantidad) y el tubo de bajada 9 (fluido agua-lodo desgasificado). El segundo sistema colector (6) principalmente tiene la función de separar la biomasa activa del efluente tratado.

En el fondo del reactor, donde se tiene un compartimiento de lecho fluidizado, una mezcla de agua residual y lodo granular se expande por la acción del flujo ascendente del influente y la mezcla de agua y lodo recirculada a través del tubo de bajada 9. Principalmente en el compartimiento de lecho fluidizado se lleva acabo la fermentación, bajo condiciones anaerobias; el biogás generado en este compartimiento junto con una mezcla de agua-lodo se colecta en el separador de tres fases (5) y se conduce a través de las tuberías de ascenso 7 y 7' hasta un desgasificador (8) en lo alto del

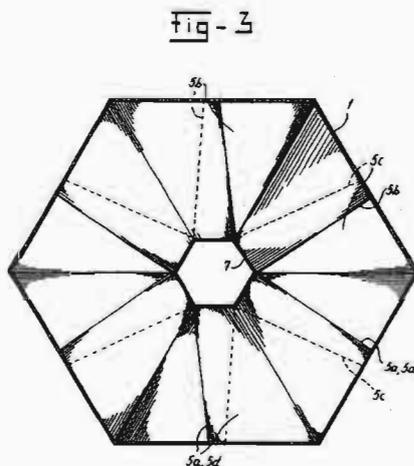
El sistema colector 6 captura el biogás remanente que se forma en el compartimiento (de pulimento) entre los sistemas colectores 5 y 6, y retiene la biomasa presente ahí en baja concentración, conjugando condiciones de tiempo de retención relativamente largo y flujo pistón que se logran dentro de este compartimiento de pulimento. Como resultado de la remoción de la mayor parte de la materia orgánica en el compartimiento donde se lleva a cabo la fermentación anaerobia, y de la colección del biogás en el colector 5, la turbulencia en el compartimiento de pulimento producida por el biogás es baja así como la velocidad superficial del líquido ya que no interfiere la circulación interna en esta zona, se mejora la retención de la biomasa aún a elevadas tasas de carga del

reactor. Después que el biogás se separa de la mezcla agua-lodo en el desgasificador (8), esta mezcla se conduce al fondo del reactor a través de la tubería concéntrica de bajada 9.

U.S. Patent Sep. 2, 1986 Sheet 2 of 5 4,609,460



U.S. Patent Sep. 2, 1986 Sheet 3 of 5 4,609,460



Figs. 2 y 3. Sección y vista transversal, respectivamente, del colector de biogás adicional (5) que incorpora la invención para conseguir la circulación interna en el reactor. (Fuente: Patente US4609460 de Paques).

Las Figs. 2 y 3 muestran que en cada una de las capas 5a, 5b, 5c y 5d están colocadas dos campanas para el biogás, mismas que en cada nivel ocupan menos de la mitad del área de la sección transversal. Las campanas de capas sucesivas se traslapan una a otra y las campanas de las cuatro capas juntas cubren toda el área de la sección transversal.

Antecedentes de la invención

Las patentes US4253956 y US4482458 previamente analizadas, revelan procesos y reactores que aprovechan el efecto gas-lift para la recirculación del lodo sedimentado con la ayuda de clarificadores o desgasificadores colocados en la parte alta del reactor, así como el mezclado del lodo y el agua en la zona de reacción. La solicitud de patente alemana 82-01293 revela que creando una sobrepresión en el desgasificador es posible controlar la turbulencia que suelen presentar estos dispositivos y causa la pérdida de lodo por arrastre junto con el efluente tratado. Sin embargo, la desventaja de crear esta sobrepresión es que el reactor requiere un diseño que la soporte lo cual incrementa su costo.

Innovaciones reclamadas

La patente presenta 10 reivindicaciones para la invención, que se resumen a continuación:

- 1) Aparato para la purificación anaerobia para el tratamiento de agua residual, como se describe mediante las Figs. 1-3.
- 2) El aparato de acuerdo con 1), en donde al menos el segundo sistema colector consta de campanas arregladas en la forma descrita y la sección transversal ocupada por las campanas en una capa es a lo más el 55% del total del área de sección transversal del tubo reactor.
- 3) La incorporación de un desnatador (11) para separar el gas y la espuma.
- 4) El sistema colector 6 también está conectado al desgasificador 8.

5) a la 10). Estas reivindicaciones son semejantes a las previas, pero ahora para otra configuración, consistente en un contenedor más grande que contiene varios reactores como el de la Fig. 1, con tubos hexagonales como el de la Fig. 3 en un arreglo en forma de panel.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

La invención de Paques revelada en la patente US4609460 se refiere al reactor de circulación interna (de acuerdo con afirmación de Vellinga en US5338447). El reactor de circulación interna, Fig. 1, es una innovación tecnológica en relación con los reactores anaerobios de flujo ascendente y lecho fluidizado/expandido que emplean lodo granular. Se enfoca a superar desventajas en reactores de este tipo, consistentes en pérdida de lodo por efecto de lavado al ser arrastrado con el efluente, debido a una producción de biogás sin control adecuado que crea turbulencia en la parte alta del reactor.

Al colocar al menos un sistema colector adicional (5) para capturar el gas y el lodo flotante, éstos se atrapan a una distancia considerable debajo del nivel del líquido, y se crea una zona esencialmente libre de turbulencia en la región más alta del reactor en donde se descarga el efluente. Esto incrementa la capacidad de carga del reactor y mejora la clarificación del efluente. Agua tratada junto con el lodo separado se recirculan al fondo del reactor. Mientras que en lo alto del reactor se requiere esta zona de calma, en el fondo del reactor se requiere una buena mezcla del lodo con el fluido que entra al reactor.

Los elementos de innovación identificados se refieren a los reactores UASB y de flujo ascendente y lecho fluidizado/expandido. Se pueden resumir en: dos separadores de tres

fases en serie que mejoran la retención de lodo y la clarificación del efluente, permitiendo la recirculación de efluente y lodo y el mezclado sin bombeo (circulación interna).

>> o <<

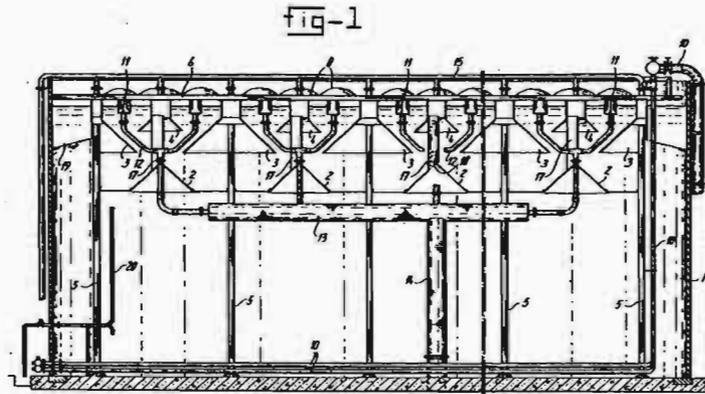


Fig. 1. Planta UASB con 3 niveles de campanas colectoras para el biogás. (Fuente: patente US4622147 de Paques).

US4622147 de Paques. Plant for the anaerobic purification of wastewater (planta para la purificación anaerobia de agua residual)
(Nov 11, 1986) Inventor: Vellinga.

Planta UASB para tratamiento anaerobio de agua residual; se muestra en las Fig. 1. Consta de tanque cilíndrico (1) en cuya sección superior se sitúa un sedimentador constituido por tres niveles de campanas colectoras de gas. Cada campana (4) del nivel más alto está directamente arriba de una campana (2) del nivel más bajo. Las campanas (2) del nivel más bajo traslapan con las campanas (3) del nivel medio. Un sistema de columnas (5) y vigas transversales (6) sostienen las campanas colectoras. Los ductos de rebosamiento (11) para captar el agua purificada están dispuestos entre las campanas colectoras de gas (3) y (4) y conectan, a través de las tuberías (12), con las tuberías principales (13) y (14) para la descarga del agua tratada. Las campanas colectoras de gas (3, 4) de los niveles medio y superior, respectivamente,

conectan directamente con una tubería principal de descarga (15) para el gas. La campana colectora (2) del nivel más bajo también conecta, mediante una tubería vertical ascendente (17) con una campana colectora de gas (4) del nivel más alto.

Se tiene un lecho de lodo anaerobio en el fondo del tanque. Se suministra agua residual al tanque mediante un sistema de distribución (10). El material orgánico se convierte, mediante fermentación anaerobia, en metano que se disuelve parcialmente en el agua y parcialmente asciende en la forma de burbujas de gas. El nivel de líquido se eleva como resultado del agua residual suministrada, hasta que alcanza el nivel de rebosamiento de los ductos 11. El agua purificada fluye a dichos ductos y se descarga a través de las líneas 12, 13 y 14. El gas que asciende se colecta en las campanas colectoras de gas 2, 3 y 4. El gas en las campanas 3 y 4 fluye directamente a la tubería de descarga del gas 15, mientras que el gas en las campanas más bajas (2) se alimenta, a través de tuberías verticales ascendentes (17) a las campanas más altas

(4) y de ahí a la tubería de descarga (15). Dentro de las tuberías 17 se produce un patrón de flujo local que permite retener más eficientemente las partículas de lodo y favorecer su retorno a la cámara de fermentación.

Elementos de innovación tecnológica

La patente presenta 4 reivindicaciones para la invención, que se refieren a la planta descrita y mostrada en la Fig. 1.

De acuerdo con la invención, para obtener un flujo de agua libre de turbulencia en lo alto del reactor es de principal importancia que el sedimentador consista de tres niveles de campanas colectoras para el biogás. La turbulencia es causada por flujos verticales y horizontales considerablemente grandes en el sedimentador, debido a corrientes ascendentes y descendentes existentes por efecto del gaslift a causa del biogás generado.

La planta presentada en la invención cuenta con la innovación de un sedimentador consistente en tres niveles de campanas colectoras para el biogás generado, para mejorar la captura del biogás y lograr una zona libre de turbulencia en la parte alta del reactor, por donde se descarga el agua tratada. La innovación es respecto a las plantas UASB conocidas que cuenta con un sedimentador con sólo dos niveles de campanas colectoras para el biogás y tienen la desventaja de presentar elevada turbulencia que impide la separación satisfactoria del lodo y el agua, con el consiguiente efecto adverso en el funcionamiento de la planta.

>> o <<

US4707254 de Paques. Apparatus for purifying water (aparato para purificar agua)

(Nov 17, 1987) Inventor: Vellinga.

Aparato de flujo ascendente y lecho de lodos para la purificación anaerobia de agua cuya innovación concreta es su sistema de distribución del influente (Fig. 1).

U.S. Patent Nov. 17, 1987 Sheet 1 of 2 4,707,254

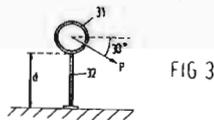
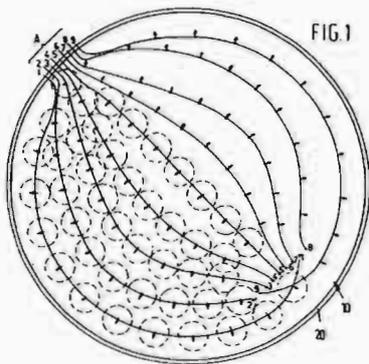


Fig. 1. Distribuidor de influente, sección transversal de la parte baja del reactor (arriba). Tubo del distribuidor con orificio de descarga inclinada 30° con la horizontal (abajo). (Fuente: patente US4707254 de Paques).

El sistema de distribución de influente consiste de múltiples tubos montados como se muestra en la parte superior de la Fig. 1, formando un banco de tubos como especie de cuerdas que van de un extremo a otro del reactor, con orificios de salida para la descarga del chorro inclinada hacia abajo 30° con la horizontal (Fig. 1, abajo) en puntos distribuidos y espaciados en la sección transversal del reactor. Un múltiple alimenta de influente a las cuerdas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, y 9, que se extienden en un plano horizontal. En el área de la pared del reactor, designada por A, las cuerdas nuevamente salen y terminan en una brida; todas la

cuerdas pasan separadamente a través de la pared del reactor y abandonan el reactor a través de la pared del lado opuesto del reactor. Las cuerdas están provistas de orificios que tienen dirección de salida del fluido indicada por flechas. En el agua residual a ser purificada, presente dentro del reactor, se puede indicar una zona de incremento en la actividad del flujo, como se representa aproximadamente por los círculos punteados, como resultado del agua que fluye desde de las cuerdas. Dentro de las cuerdas, durante la operación, la velocidad de flujo del agua a ser purificada es más bien baja obedeciendo al diámetro relativamente grande de las cuerdas, pero en los orificios de salida es más bien alta, por ejemplo, 2.5 m/seg, debido al diámetro pequeño de los orificios. De esta manera, se mejora la distribución en toda el área y el mezclado.

Se puede tener acceso a la cuerda por ambos lados, por ejemplo, para fines de limpieza, removiendo la brida ciega 14 y abriendo la válvula de bola 11, y conectándose a una manguera de agua a alta presión. La manguera, que se conecta a las bridas mediante un acoplamiento especial, se pasa entonces dentro de la cuerda a través de una construcción hermética. La manguera está provista con una punta o cabeza rociadora rotatoria.

La cuerda de tubos (31) mostrada en la Fig. 1 (abajo) está apoyada sobre el fondo del reactor mediante un pie de apoyo 32 a una distancia perpendicular d, que puede ser de 10-30 cm, preferiblemente de 15-20 cm. Como está indicado por la flecha P, la dirección de salida del flujo es de 30° con la horizontal.

Elementos de innovación tecnológica

La patente US4707254 hace 4 reivindicaciones sobre un aparato de flujo ascendente y lecho de lodos cuya innovación es el sistema de distribución de influente descrito previamente y mostrado en la Fig. 1.

De acuerdo con Vellinga (inventor) la innovación es en relación al sistema de distribución del influente conocido a través de la patente US4618418 para un reactor de lecho fluidizado. En éste, los tubos del distribuidor de influente están en un arreglo paralelo y la posición de los orificios es tal que la descarga del agua es verticalmente hacia abajo. Vellinga argumenta que la desventaja de este distribuidor es que se desaprovecha la energía del agua que entra al reactor, pudiéndose aprovechar esta energía hidráulica para mejorar el mezclado del agua con el lodo por un efecto de remolino que resuspende las partículas más pesadas de lodo del fondo del reactor, si la descarga es hacia abajo inclinada 30°, como se muestra en la parte baja de la Fig. 1.

>> o <<

US4758339 de Paques. Equipment for the anaerobic purification of waste water (Equipo para la purificación anaerobia de agua residual)

(Jul 19, 1988) Inventor: Vellinga.

U.S. Patent Jul. 19, 1988 Sheet 1 of 2 4,758,339

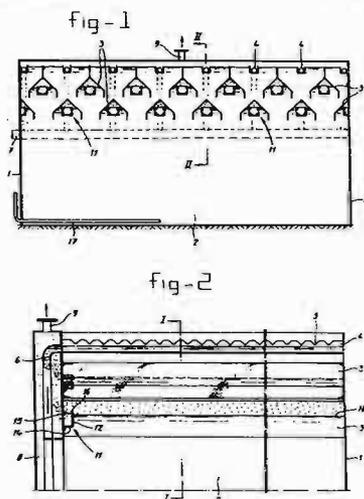


Fig. 1. Reactor UASB con innovación en el diseño de las campanas del sedimentador. (Fuente: patente US4758339 de Paques).

Reactor UASB (Fig. 1) cuya innovación es el sedimentador de campanas colectoras para el biogás, situado en la parte alta del reactor. El sedimentador cuenta con dos hileras de campanas colectoras para el biogás. Las campanas colectoras para el biogás (3) que constituyen el sedimentador, descargan individualmente el biogás capturado, hacia una cámara de almacenamiento de biogás (8) a través de un orificio (19) situado bajo el extremo de la campana como se muestra en la Fig. 3, para ser evacuado por la parte alta (9). Las Figs. 2 y 3 muestran en detalle cómo cada campana colectoras de gas (3) desemboca por un extremo a la cámara de almacenamiento de biogás (8). En el punto de esta desembocadura, se tiene un receptáculo (11) con paredes (12, 13) y una base (14), tras el cual está el orificio (19) que conecta con la cámara de almacenamiento de biogás (8). Los

receptáculos (11) actúan como candados para prevenir que el líquido fluya a la cámara de almacenamiento de biogás (8).

El biogás que asciende desde la zona de fermentación (2) se capta en las campanas colectoras (3) y fluye por los orificios tras los receptáculos (11) hacia la cámara colectoras de gas 8 y se descarga de ahí mediante la tubería 9. El borde superior (16) de la pared frontal 12 es más alto que el borde superior 15 de los orificios tras los receptáculos, e impide que el líquido fluya a la cámara colectoras de gas, ya que la presión del gas en cada campana (3) forzará al nivel del líquido (18) hacia abajo del nivel del borde superior 16 de la pared frontal 12, pudiendo el gas escapar a la cámara 8.

U.S. Patent Jul. 19, 1988 Sheet 2 of 2 4,758,339

Fig. 3

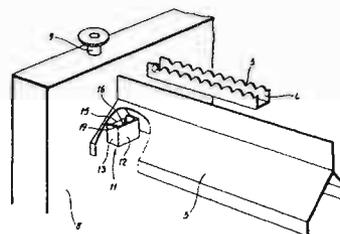


Fig. 3. Detalle del extremo de la campana por donde pasa el biogás colectado, a la cámara de almacenamiento de biogás (8). (Fuente: patente US4758339 de Paques).

Elementos de innovación tecnológica

La patente US4758339 presenta 4 reivindicaciones para la invención, que se refieren al diseño de las campanas colectoras para el biogás que constituyen el sedimentador, para empleo en reactores UASB. El objeto de la innovación del sedimentador es semejante al de la invención presentada en la patente US4622147: lograr una zona libre de turbulencia en la parte alta del reactor UASB que permita la adecuada separación del lodo y el agua y mejorar la clarificación del efluente. La diferencia

principal entre los sedimentadores de ambas invenciones consiste en el número de hileras de campanas (3 en el caso de la US4622147 y dos en US4758339) de que consta cada sedimentador y la forma de conducir el biogás capturado para su descarga del reactor (por tuberías que interconectan las campanas colectoras con una tubería principal de descarga en el caso de la US4622147 y desde las campanas directamente hasta una cámara de almacenamiento de biogás en el caso de la US4758339). El diseño del sedimentador de la patente US4758339 parece menos complejo al eliminar las tuberías de conducción en cada campana colectora de biogás e introducir en su lugar la cámara de almacenamiento (8).

>> o <<

US4818393 de Degremont.
Apparatus for the anaerobic
treatment of waste water (aparato
para el tratamiento anaerobio del
agua residual)

(Abril 04, 1989) Inventor: Durot et al.

El aparato presentado en las Figs. 1, 2 y 3 comprende zonas de fermentación y decantación presurizadas dentro del mismo tanque, con una recirculación interna de los lodos desde la zona de decantación a la zona de fermentación. El aparato se caracteriza en que consta de al menos dos celdas idénticas y contiguas (1, 1a) que se forman al quedar dividido en su parte media el tanque A mediante la pared B. Las dos celdas se comunican entre sí y operan alternada y recíprocamente como celda de fermentación y celda de decantación. Cada celda (1, 1a) que incluye dispositivos convencionales para alimentar el agua residual al tratamiento (2, 4, 5, 5a, etc.), captar el agua tratada (10, 11), descargar el gas generado (16, 16a) y el exceso de lodos (15, 15a), así como un sistema de agitación mediante inyección de gas reciclado (14, 14a), está equipada con un dispositivo de transferencia gas-lift (7, 7a). Este dispositivo de transferencia cuenta con dos ramas, una descarga dentro de la celda en la cual está colocada y la otra rama está provista con un pozo de ventilación (8, 8a) el cual permite adaptar la celda para funcionar como una cámara de decantación. Las dos celdas contiguas están comunicadas entre sí mediante el conducto (9). De acuerdo con otra configuración de la invención, el gas usado para propósitos de transferencia puede ser aire para oxigenar los lodos, dando por resultado que la metanogénesis se detenga parcialmente. En otra de las configuraciones de la invención el aparato está equipado con un sedimentador de lamela para mejora el proceso de sedimentación.

Antecedentes de la invención

Los aparatos convencionalmente usados para el tratamiento anaerobio de aguas residuales, que están caracterizados por incluir un fermentador y un tanque clarificador por separado, desde donde se recirculan por bombeo los lodos al fermentador. Estos aparatos presentan la desventaja de que para que los lodos puedan acumularse en el clarificador y se puedan extraer, se requiere que el tanque clarificador sea muy profundo y por lo tanto voluminoso. Adicionalmente estos equipos suelen causar problemas de malos olores debido a que son difíciles de cubrir por su tamaño. Además, los lodos de recirculación pueden enfriarse y requerir ser calentados antes de poder ser recirculados al fermentador para evitar choques térmicos. La estabilidad de la digestión anaerobia es mejor si la temperatura de los lodos permanece constante.

Ya se conocían aparatos en los cuales el tanque clarificador está integrado al fermentador. Si bien estos aparatos superan algunas de las desventajas identificadas, por ejemplo que son menos voluminosos, que evitan la generación de malos olores y los riesgos de choque térmico para los lodos, sin embargo su construcción es compleja. Asimismo requieren del empleo de separadores de gases integrados al aparato entre la zona de fermentación y la zona de decantación, los cuales no satisfacen la necesidad de desgasificación requerida en el tanque decantador.

Innovaciones reclamadas

Esta patente reivindica o reclama 8 innovaciones resumidas en el aparato descrito. Las principales de ellas se refieren a que permiten que la fermentación y la clarificación se lleven a cabo dentro del mismo tanque reactor cerrado, el cual tiene un volumen y superficie que se adaptan para dar acomodo al efluente tratado. Se emplea un dispositivo mediante el cual los lodos se

transfieren de una zona a otra del reactor con la ventaja de que se logra la desgasificación de los lodos y la posibilidad de oxigenarlos para detener parcialmente el proceso de metanogénesis antes de que los lodos sean introducidos en la zona de decantación, previniendo así la emisión de biogás que provoca turbulencia en el decantador.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

Los clarificadores y sedimentadores, así como los dispositivos para la recirculación de lodos, son los principales objetos de innovación tecnológica que se identifican para esta patente.

Fig. 2

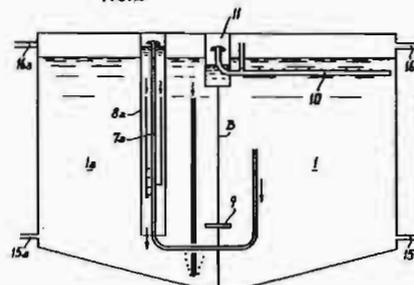


Fig. 3

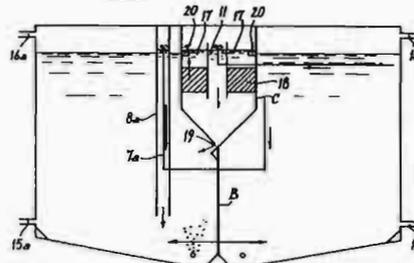
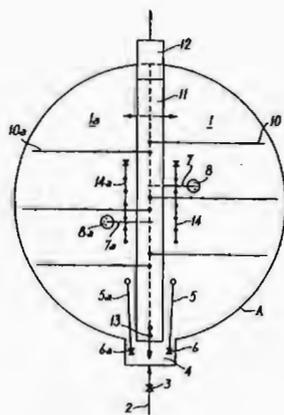


Fig. 1



>> O <<

US4869815 de Degremont. Fluidized bed reactor with means for ensuring homogeneous distribution of the fluid to be treated (reactor de lecho fluidizado con dispositivos para asegurar la homogénea distribución del fluido a ser tratado)

(Sep 26, 1989) Inventor: Bernard et al.

El objetivo específico de la invención presentada en el aparato mostrado en las Figs. 1 y 2, es ofrecer en forma confiable y estable el suministro homogéneo del agua residual a ser tratada, suministrada por la base de un reactor de lecho fluidizado de gran escala, aún cuando el agua residual pueda traer consigo sólidos suspendidos de gran tamaño, cuerpos extraños y/o cuando se presente el crecimiento de bacterias en el distribuidor de influente.

Para ello se cuenta con una capa de material granular denominado "de transferencia" (A) colocado debajo del material granular "de tratamiento" (B) o que conforma el material del lecho que estará sujeto a fluidización. El agua residual a ser tratada se introduce (4) al reactor uniformemente, dirigiéndola hacia el material granular de transferencia, con una velocidad de flujo y bajo condiciones suficientes para impartir movimiento al material, lo cual hace posible la distribución uniforme del agua y su difusión uniforme en dirección ascendente hacia el material granular del lecho (o material granular de tratamiento) con una velocidad que permite su fluidización. Por lo tanto, el agua residual a ser tratada se introduce uniformemente al lecho de tratamiento desde el material granular de transferencia que primero la recibe. El material granular de transferencia actúa como medio para asegurar la distribución uniforme de la velocidad de propagación del agua residual que entra al lecho de tratamiento. El agua tratada se obtiene por la parte alta del reactor mediante el dispositivo (8).

El reactor comprende un solo tanque que consta de un compartimiento más bajo (1) que alberga el material granular de transferencia (A) y uno o más compartimientos superiores (2) que albergan el lecho de material granular de tratamiento (B). Los compartimientos inferior y superiores están dimensionados y contruidos de tal forma que el material de transferencia (A) no se fluidice ascendentemente y no se vea involucrado en el tratamiento biológico del agua residual. Así como para que solo opere para transferir el agua residual hacia las capas del lecho conformado por el material granular de tratamiento (B). Así, el material de transferencia (A) forma una zona de alimentación y distribución, mientras que el material granular de tratamiento (B) forma por sí mismo una zona de fluidización la cual es el área operacional del reactor biológico. La energía disipada y el impulso proporcionado al material granular de transferencia impiden que se compacte debido al crecimiento bacteriano. Por lo tanto este material no toma parte en las reacciones biológicas propias del tratamiento del agua residual, sino que cumple funciones de disipación de energía y de distribución, que no requieren de ajustes. Por otro lado, la velocidad del agua residual que ingresa al lecho de material granular de tratamiento es tal que permite el desarrollo de la biopelícula que lleva a cabo el tratamiento biológico del agua residual.

Antecedentes de la invención

Los reactores de lecho fluidizado conformado por material granular que constituye el lecho y se fluidiza mediante el paso ascendente del agua a ser tratada. Esta técnica de fluidización era bien conocida y empleada para llevar a cabo el tratamiento anaerobio y aerobio del agua así como de aplicación en numerosas reacciones químicas, operaciones de intercambio de calor, combustión y similares. Sin embargo, los reactores de lecho fluidizado han

presentado ciertas desventajas que han impedido el desarrollo de su uso industrial. Específicamente, había sido difícil ofrecer un reactor de lecho fluidizado a escala industrial en el cual fuese posible asegurar en forma confiable, simple y fácil la distribución uniforme, en la base del reactor, del influente a ser tratado. La realización de numerosos estudios empleando reactores más pequeños a escala de laboratorio y planta piloto confirmaban la importancia y ventajas de los reactores de lecho fluidizado desde un punto de vista puramente biocinético. De hecho, una distribución homogénea del fluido a ser tratado y la constancia de esa distribución homogénea son fundamentales para el empleo práctico de un reactor de lecho fluidizado. Una distribución no homogénea conduce a la creación simultánea de zonas deficientemente agitadas y otras altamente turbulentas. Por lo tanto, el funcionamiento se ve reducido y también ocurre la pérdida del material granular que conforma el lecho.

Otras desventajas identificadas en los dispositivos conocidos que procuran la distribución homogénea del agua en la base de los reactores de lecho fluidizado, es que se ven afectados con la calidad del agua residual a ser tratada, particularmente con agua que presenta sólidos en suspensión y causa obstrucciones en los orificios o boquillas de descarga. También se ven afectados por el crecimiento de bacterias y la consecuente formación de depósitos pegajosos.

Uno de estos dispositivos conocidos es el que se presenta en la patente US4202774.

Innovaciones reclamadas

La patente reclama 13 innovaciones las cuales comprenden el reactor de lecho fluidizado con el sistema de distribución de influente descrito. Asimismo, la tubería de entrada del agua residual que lo hace en dirección tangencial dentro del

compartimiento del material de transferencia. Innovaciones también relativas a la arquitectura del reactor y la regeneración del material granular del tratamiento.

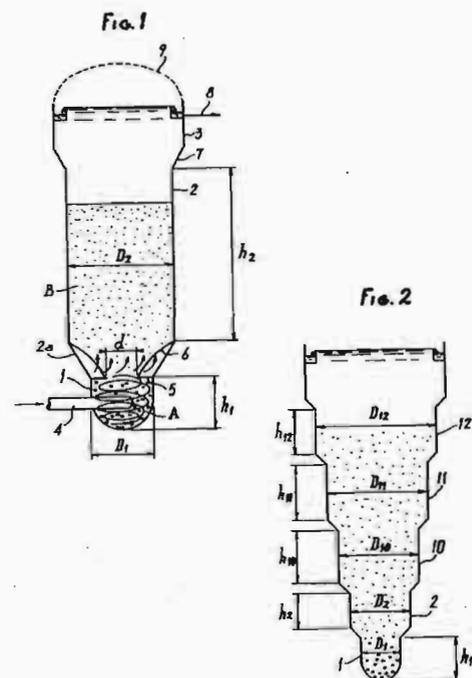
Principales elementos de innovación tecnológica identificados

El dispositivo para la distribución del influente dentro del reactor, que implica también la innovación de la arquitectura del reactor.

U.S. Patent Sep. 26, 1989

Sheet 1 of 2

4,869,815



>> o <<

US5013431 de Meyn
Machinefabrick. Apparatus for
anaerobic purification of waste water
(aparato para la purificación
anaerobia del agua residual)
 (Nov 13, 1984) Inventor: Doets

U.S. Patent

May 7, 1991

5,013,431

El aparato (1) mostrado en las Figs. 1, 2 es cilíndrico y fabricado en acero inoxidable. Se caracteriza en que a lo largo de su altura está subdividido en tres secciones: sección del reactor (25), sección de separación lodo-agua (17) que está separada de la sección del reactor y la sección más alta que constituye el separador gas-lodo (18). El agua residual se introduce al reactor por su parte baja (2) y fluye ascendentemente. Justo arriba de donde se suministra el influente al reactor (1), se cuenta con un distribuidor cónico (3) de doble pared para mezclar el lodo recirculado y el agua residual influente. La pared más externa del distribuidor se localiza dentro de un tubo central (5) que junto con los tubos (26) conduce el lodo recirculado proveniente del separador gas-lodo para regresarlo a la sección del reactor (25). Alrededor del tubo central (5) se tiene un estructura cónica (4) que favorecen el mezclado entre el lodo y el agua residual. Una segunda de estas estructuras cónicas (6) se junta con la pared del reactor y cuenta con orificios (27) para el paso del gas ya generado en la mitad baja del reactor. Preferentemente el aparato emplea dos separadores de gas (8 y 23) que captan el gas generado dentro del reactor y se conduce al separador gas-lodo (18). El gas separado aquí es descargado del reactor mediante la salida (19). En el separador lodo-agua (17) se emplea un separador de lamela (16) para mejora el proceso. En el separador lodo-agua se cuenta con una descarga para el efluente tratado. El aparato incluye descargas (7) para el lodo en exceso.

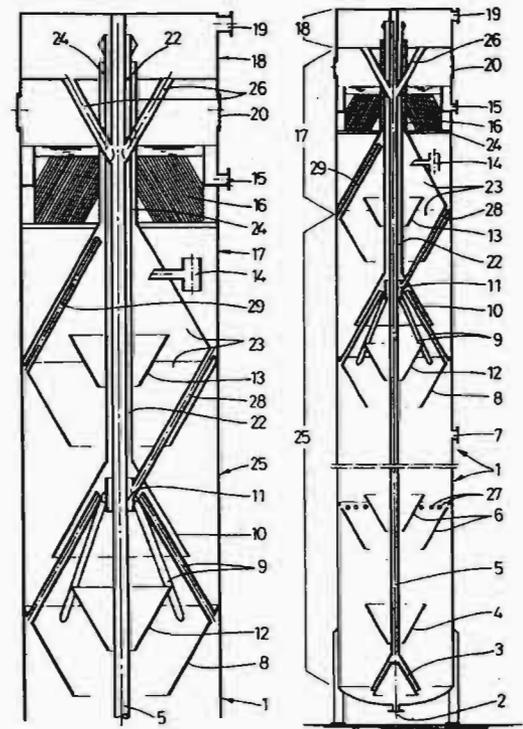


fig.2

fig.1

Antecedentes de la invención

Un aparato de esta clase se conoce a partir de la solicitud de patente alemana No. 8402337. Se identifica en él como desventaja que utiliza un gran número de pequeños colectores de gas que lo hacen complicado, grande y caro. La separación de tres fases tiene lugar en la parte alta del reactor en un único y mismo espacio, donde se lleva a cabo la separación gas-lodo-agua (G/S/L). Para estos sistemas se ha identificado que experimentan en la práctica problemas técnicos de control que dan por resultado una purificación menos eficiente.

Otra desventaja identificada en los aparatos entonces conocidos, es el deficiente mezclado del lodo anaerobio con el agua residual influente, dando por resultado una baja eficiencia del proceso biológico de

tratamiento del agua residual y la necesidad de mayores tiempos de residencia del influente dentro del aparato.

Innovaciones reclamadas

La patente reivindica tres innovaciones cuyas características están comprendidas en el aparato descrito. Específicamente las referentes a la arquitectura esbelta del aparato con las tres secciones que definen espacios para el reactor, para la separación sólido-líquido y para la separación gas-sólido. Además, el uso de los separadores de gas cónicos, las mamparas que mejoran el mezclado del lodo con el agua influente y el empleo del tubo central para recircular el lodo separado en el separador gas-sólido hasta la sección de reacción.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

Arquitectura del reactor, separador de tres fases, mezclado del lodo con el influente.

>> o <<

US5116505 de Gist-Brocades.
Fluidized bed process (proceso de
lecho fluidizado)

(Mayo 26, 1992) Inventor: Lourens et al.

La Fig. 8 ilustra un aparato relacionado con un proceso de lecho fluidizado mejorado para emplear lodo granular anaerobio. Es una innovación de los reactores de lecho fluidizado/expandido (EGSB) con base en la innovación del sistema de distribución del influente situado en la base del reactor (Fig. 7). El distribuidor de influente, Fig. 7, comprende varias tuberías para la entrada del agua en varios puntos localizados cerca del fondo del reactor (1). El chorro de agua se descarga al interior del reactor con una velocidad de salida de 0.5-4 m/s, evitando que el lodo granular anaerobio sea desintegrado por efecto de la disipación de la energía hidráulica del chorro. Además, se evita la necesidad de boquillas de salida en las tuberías.

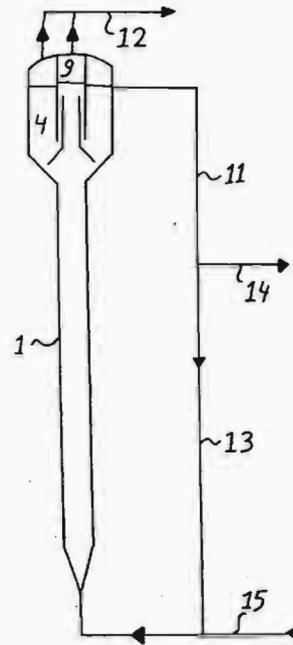


FIG. 8

Fig. 8. Proceso de lecho fluidizado empleando lodo granular, innovación con base en mejoras en el distribuidor de influente. (Fuente: patente US5116505 de Gist-Brocades).

Fig. 7A

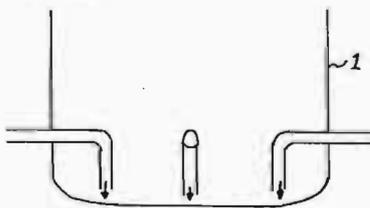


Fig. 7B

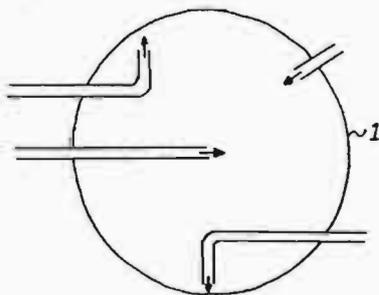


Fig. 7. Configuración para el distribuidor de influente. (Fuente: patente US5116505 de Gist-Brocades).

Antecedentes de la invención

Los reactores UASB, los de lecho fluidizado y los de lecho expandido (EGSB).

En los reactores UASB, donde los tiempos de residencia del agua comúnmente eran de 4-20 horas, el lodo granular estaba expuesto a bajas velocidades superficiales del agua (1-2 m/h). También estaba expuesto a bajas velocidades superficiales de gas (1-2 m/h) en la parte alta del reactor. Con base en investigación y experimentación se encontró que este tipo de proceso que emplea un lecho de lodo granular, es resistente bajo condiciones de tiempos de residencia de líquido de 0.5-4 horas, velocidades superficiales de líquido de hasta 4-25 m/h y velocidades superficiales de gas de hasta 4-15 m/h sin experimentar daños. De hecho el lodo granular no solamente conserva su estructura granular y actividad biológica

después de ser adecuadamente introducido dentro de un reactor de lecho fluidizado, sino que el lodo granular se adapta a las condiciones mucho más turbulentas del lecho fluidizado.

Según el proceso EGSB descrito por de Man et al. (1988) y que se hizo público solo hasta después de la fecha de prioridad de la presente invención (octubre 8, 1987). Se identificó que los reactores de lecho fluidizado/expandido empleaban un proceso y un distribuidor de influente que resultaban inadecuados para el tratamiento de aguas residuales de elevada concentración. En los sistemas existentes se presentaban entre otras desventajas el que debido al inadecuado control del efecto gas-lift se perdía el lodo granular por lavado, al ser arrastrado con el efluente tratado. Además, el lodo granular anaerobio se desintegraba debido a la energía cinética del agua que se introducía al reactor.

Innovaciones reclamadas

La patente reivindica 8 innovaciones para un reactor de lecho fluidizado mejorado, que emplea lodo granular anaerobio, como en los reactores UASB o EGSB, en vez de utilizar arena como soporte para el crecimiento de la biomasa en forma de biopelícula. Esta invención se basa en innovaciones al sistema de distribución del influente. Las innovaciones de la invención aportan al proceso mejorado de lecho fluidizado los beneficios del proceso del lecho fluidizado convencional, del EGSB, así como los del proceso UASB, sin las desventajas de esos procesos.

La innovación del distribuidor de influente hace al proceso de lecho fluidizado adecuado para el uso de lodo granular, ya que evita que éste sea desintegrado por efecto de la disipación de la energía hidráulica a través de la descarga del chorro de entrada al reactor, como el presentado en la patente US4618418 de Gist Brocades.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

El proceso de lecho fluidizado, que conjuga las ventajas del UASB y del EGSB. El distribuidor de influente, que se mejora incluyendo varias tuberías separadas que introducen el agua en diferentes puntos cerca del fondo del reactor y con una velocidad adecuada para emplear de lodo granular anaerobio.

>> o <<

US5185079 de Iowa State University.
Anaerobic sequencing batch reactor
(reactor anaerobio discontinuo
secuencial)

(Febrero 9, 1993) Inventor: Dague

La patente protege la invención del reactor conocido como reactor anaerobio discontinuo secuencial o reactor anaerobio SBR, por sus siglas en inglés. La Fig. 1 muestra esquemáticamente la invención.

La invención presenta un proceso anaerobio discontinuo secuencial que se lleva a cabo dentro de un solo tanque que es operado bajo un esquema de llenado y vaciado en forma secuencial. La invención elimina la necesidad de emplear múltiples unidades de proceso como se requiere en el proceso de contacto anaerobio. Cuando el agua entra al tanque se mezcla con la biomasa mediante la recirculación de biogás o efluente tratado. La alimentación del influente al tanque continúa hasta que el reactor se llena a su nivel predeterminado de líquido. La reacción anaerobia se desarrolla con un mezclado intermitente o continuo. Después el mezclado cesa, permitiendo que la biomasa sedimente bajo condiciones de calma y dando por resultado un sobrenadante con baja cantidad de sólidos suspendidos. Después de suficiente tiempo para el ciclo de sedimentación, el sobrenadante se extrae del reactor y baja el contenido del reactor hasta un nivel predeterminado. Entonces inicia nuevamente la alimentación de agua residual cruda al reactor y la recirculación de biogás o efluente tratado con fines de mezclado. El exceso de biomasa se purga del reactor periódicamente. La capacidad del reactor depende del número de ciclos de alimentación – clarificación – purga que se puedan alcanzar en un día.

Antecedentes de la invención

El proceso de “contacto anaerobio” o “lodos activados anaerobio” desarrollado en la

década de los 50's, el cual emplea múltiples tanques durante el proceso. El efluente del tanque de reacción o contacto requiere pasar además por una unidad de desgasificación antes de ser conducido al sedimentador donde se separan los sólidos para ser recirculados al tanque de contacto. Esto resulta en un elevado costo de inversión y deficiencias asociadas con la necesidad de transferencia de materiales a tanques separados para las diferentes etapas del proceso. Ante esta situación se identificó la necesidad de mejorar los procesos anaerobios discontinuos secuenciales.

U.S. Patent

Feb. 9, 1993

5,185,079

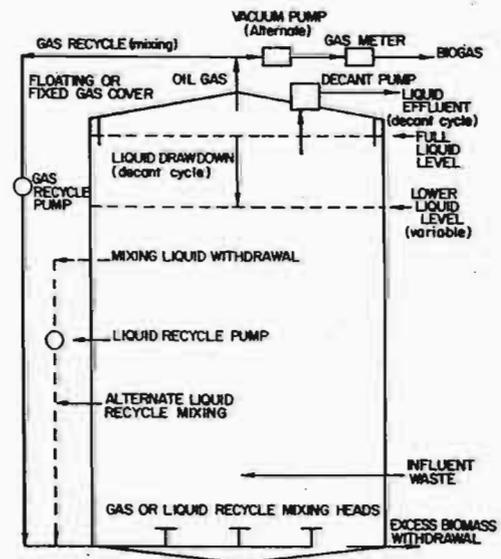


Fig. 1

Innovaciones reclamadas

La patente reclama 18 innovaciones al proceso de contacto anaerobio, que están resumidas en la invención del reactor anaerobio SBR descrito, cuyo proceso se lleva a cabo dentro de un solo tanque, a diferencia del contacto anaerobio que requiere de múltiples tanques de proceso.

Como característica particular del proceso se reclama que la separación de sólidos se lleva a cabo eficientemente dentro del mismo tanque del reactor sin la necesidad de un desgasificador ni sedimentador externo al reactor.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

Procesos anaerobios discontinuos
secuenciales. Arquitectura de reactores.

US5230794 de Biothane. Fluidized – bed apparatus (aparato de lecho fluidizado)

(Julio 27, 1993) Inventor: Heijnen et al.

La Fig. 5 muestra la innovación principal de la invención, consistente en un separador de tres fases el cual comprende un compartimiento (9) que almacena el biogás captado al capturar las burbujas de biogás que perturban el sedimentador o separador de fases sólido-líquido.

El separador de tres fases comprende un compartimiento de sedimentación (4) y al menos una placa paralela inclinada (10) montada en el compartimiento de sedimentación (4) para crear un patrón de flujo local por efecto gaslift, que mejora la retención del lodo dentro del reactor de lecho fluidizado (1). Un deflector inclinado (6) está conectado con el compartimiento de sedimentación (4), para capturar la mayoría de las burbujas de biogás generado, el cual se canaliza a un espacio (9) para su almacenamiento y evacuación. El agua residual tratada en la zona de reacción del reactor (1), fluye al compartimiento de sedimentación (4), y la biomasa (lodo granular) separada de la fase líquida (por efecto de las placas paralelas 10) fluye de regreso al reactor (1). El reactor de lecho fluidizado (1) consiste en un tanque de altura H y diámetro de sección transversal D ; la razón H/D está alrededor de 2 – 40 y la altura del reactor está entre 6 – 25 m.

Antecedentes de la invención

Estas innovaciones se presentan en la patente US5116505 de Gist-Brocades, sin embargo no son reivindicadas por la patente. Heijnen *et al.* consideran que la invención presentada en la patente US4609460 de Paques, aunque captura una parte considerable del biogás generado por fermentación antes de que éste alcance la parte superior del reactor, es de construcción

más bien complicada, con muchos sistemas colectores justo arriba uno de otro a lo largo del reactor, en conexión con una o más tuberías de bajada. En un sistema como ese los flujos del líquido son difíciles de controlar aún para los procesos UASB y en los sistemas de lecho fluidizado no se pueden utilizar. Identifican desventajas en la invención registrada en la patente US4622147 de Paques: el separador de fases presentado para un reactor UASB, consistente de tres niveles de campanas colectoras para el biogás, no sólo no resuelve el problema de la turbulencia en la parte alta del reactor UASB, que está bajo condiciones de velocidades bajas de líquido y de gas (y en un reactor de lecho fluidizado con mayor razón se presentaría) sino que la construcción de ese separador de fases demanda un volumen considerable.

U.S. Patent July 27, 1993 Sheet 3 of 9 5,230,794

Fig. 5

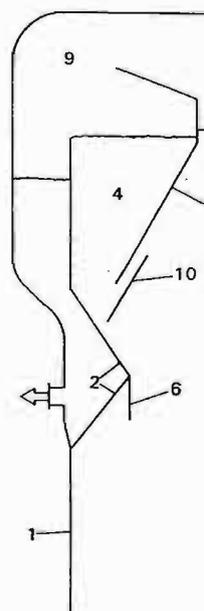


Fig. 5. Separador de 3 fases que incluye al menos una placa paralela inclinada (10) para mejorar la separación del lodo granular y un espacio (9) para almacenar el biogás capturado. (Fuente: patente US5230794 de Biothane).

Innovaciones reclamadas

La patente reivindica 10 innovaciones que se resumen en un reactor de lecho fluidizado o EGSB, el cual incluye el separador de tres fases descrito. Asimismo, reivindica la geometría del reactor mediante la razón H (altura)/D (diámetro) en los intervalos 2-40 y 2-10. La altura del reactor la reivindica en el intervalo de 6-25 m.

La innovación busca mejorar el desempeño de los reactores de lecho fluidizado convencionales con base en la idea de que la pérdida de lodo se tiene que prevenir en los equipos con velocidades altas de gas y líquido, no mediante la opción de condiciones moderadas de flujo dentro del reactor, sino por el eficiente y selectivo retorno del lodo al reactor mediante un eficiente separador de tres fases localizado en lo alto del reactor.

El empleo de las placas paralelas inclinadas (10) en el separador de tres fases, es una innovación que favorece una mejor coagulación y crecimiento del lodo granular en un reactor de lecho fluidizado. Como consecuencia de ello, se conserva una elevada concentración de lodo granular dentro del reactor, al evitar su lavado por arrastre con el efluente, aún bajo elevadas velocidades del gas y del líquido, y al favorecer su crecimiento y retención dentro del reactor. El uso del deflector (6) permite la captura de la mayoría de las burbujas de biogás, que es canalizado para su almacenamiento y evacuación, logrando de esta manera controlar mejor la turbulencia en la parte alta del reactor.

Los inventores Heijnen *et al.* refieren la invención como un reactor de lecho fluidizado perfeccionado para emplear lodo granular anaerobio, con base en la innovación del separador de tres fases y del sistema de distribución de influente del reactor.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

Separadores de tres fases y distribuidor del influente. Arquitectura de reactores de lecho fluidizado/expandido (EGSB).

>> o <<

US5256380 de Biothane. Startup openings in a three-phase gaslift loop reactor (orificios para arranque en un reactor de tres fases de ciclo gaslift)

(Octubre 26, 1993) Inventor: Mulder *et al.*

La invención se refiere a la hidrodinámica de reactores. La innovación consiste en practicar orificios a un tubo de corriente ascendente (conocido como *riser*) de empleo en reactores de ciclo gaslift, para mejorar las condiciones de arranque del reactor. Los tubos de corriente de ciclo gaslift con partículas sólidas suspendidas se aplican en varios procesos, entre los cuales están los procesos biotecnológicos para el tratamiento de agua residual.

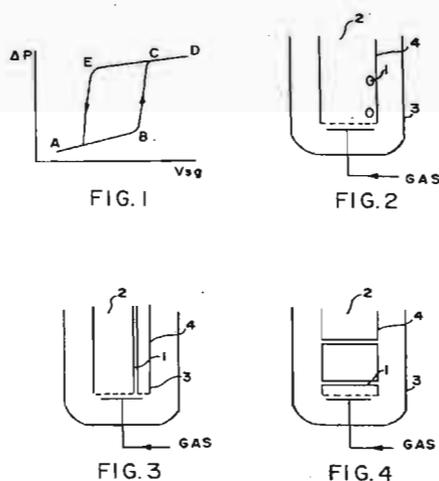
El objeto de la invención (Figs. 2-4) es reducir significativamente los efectos de histéresis que se presentan en un reactor gaslift (3) que emplea un tubo de corriente (4) que emplea un tubo de corriente (4) preferentemente cilíndrico, provisto con orificios (1). Esto puede dar por resultado, una velocidad necesaria de gas y/o líquido menor en el período de arranque del reactor gaslift en comparación con un reactor gaslift convencional (tubo de corriente sin orificios).

Los orificios de arranque pueden tener cualquier forma. En la práctica se pueden usar los orificios circulares (Fig. 2) o los orificios alargados en la dirección axial del tubo de corriente (Fig. 3) o en sentido perpendicular a la dirección axial del tubo de corriente (Fig. 4). Los orificios de arranque de acuerdo con la invención, están hechos especialmente y no comprenden las entradas y salidas normales (2) de un tubo. El área total de estos orificios es preferentemente del 0.001 al 20% del área A ó del área B, la que sea menor. El área A es el área de la

sección transversal del tubo de corriente y el área B es el área de sección transversal del reactor menos el área de sección transversal del tubo de corriente. Preferentemente el área total de estos orificios es del 0.1 al 10% del área de A ó del área de B, la que sea menor, ventajosamente del 0.5 al 7%.

También es posible tener dos ó más tubos de corriente en el reactor; en tal caso, al menos uno de los tubos de corriente puede estar equipado con los orificios de arranque (1). La invención considera el uso del tubo de corriente con orificios como un tubo ascendente (*riser*) o como un tubo de bajada (*downcomer*), en un reactor gaslift de tres fases.

U.S. Patent Oct. 26, 1993 5,256,380



Figs. 2-4. Tubos de corriente con orificios, innovación sobre la hidrodinámica de reactores de ciclo gaslift. (Fuente: patente US5256380 de Paques).

Antecedentes de la invención

Durante el arranque de reactores gaslift con sólidos suspendidos, pueden ocurrir problemas para lograr el estado de suspensión de los sólidos. Para lograr el estado de suspensión de los sólidos en un

reactor gas-lift de tres fases se requiere de una velocidad del gas y/o líquido mucho mayor, comparada con la empleada después para mantener este estado de suspensión (efecto conocido como *de histéresis*). Los efectos de histéresis se ha demostrado que ocurren entre la fase inicial y la fase de mantenimiento del completo estado de suspensión de sólidos.

La necesidad de una velocidad del gas y/ líquido muy alta para lograr la completa suspensión de las partículas sólidas, la cual es mucho mayor que la velocidad necesaria después para mantener este estado de suspensión, no juega un papel muy importante en los experimentos a escala de laboratorio; al incrementar la velocidad del gas, se obtiene fácilmente el estado de suspensión. A escala de planta piloto, se debe de adaptar el equipo para hacer posibles las velocidades altas de gas y/o líquido, mientras que en reactores comerciales a gran escala esto no es económico, porque no sólo las entradas para el líquido y el gas deben ser sobredimensionadas sino también las dimensiones de las bombas y compresores deben ser excesivas, o las cantidades de gas o líquido necesarias para supera los efectos de histéresis tienen que ser exageradas.

Innovaciones reclamadas

La patente presenta 3 reivindicaciones para la invención, cuya innovación consiste en un tubo de corriente con al menos un orificio de arranque, de forma preferentemente circular, para eliminar efectos de histéresis; se reivindica el uso de la invención también en procesos airlift.

El efecto ventajoso de la innovación a través de los orificios de arranque en el tubo de corriente se puede explicar por la presencia de una circulación a través de los orificios en la parte superior, alrededor del tubo de corriente, que da oportunidad a más sólidos de llegar a estar en suspensión. Esta

circulación adicional tiene lugar especialmente durante la fase de arranque, con el propósito de estimular la suspensión de los sólidos. Si esta circulación de corriente adicional llega a ser suficiente, las velocidades superficiales pueden elevarse en el tubo ascendente (riser) y en el tubo de bajada (downcomer), las cuales están por arriba de la velocidad terminal de las partículas. La cantidad de partículas sólidas resuspendidas por el suministro de gas o líquido, serán mantenidas en suspensión. La cantidad total posible de sólidos así suspendidos depende principalmente del suministro de gas o líquido, del área del orificio y de la magnitud de la circulación a través de este orificio. Después del arranque, el tapón de sólidos en el fondo del reactor desaparece, la circulación entonces llegará a ser posible por debajo de la parte inferior del tubo de corriente y la circulación arriba descrita se acelera. El reactor gas-lift de tres fases ahora se ha puesto en funcionamiento.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

Arranque de reactores de ciclo gas-lift de tres fases.

>> o <<

**US5338445 de Passavant-Werke.
Module for a reactor for anaerobic
waste water treatment (módulo para
un reactor de tratamiento
anaerobio de aguas residuales)**

(Agosto 16, 1994) Inventor: Zumbargel et al.

Las Figs. 1-3 muestran la invención, que consiste en un módulo para un reactor UASB. El módulo comprende un sistema separador de tres fases, integrado por un conjunto de campanas o domos cilíndricos (14) completamente sumergidos que forman varias capas traslapadas transversalmente como se muestra en las Figs. 2 y 3, con la finalidad de separar el biogás generado y drenarlo por los orificios (13). Las partículas de lodo biológico que hayan sido empujadas hacia arriba, sedimentan sobre la superficie externa de los domos (14) y caen de regreso al reactor.

Para superar las desventajas identificadas en los reactores de este tipo que anteceden a la invención, el sistema de separación de tres fases está construido en forma de módulos rectangulares (Fig. 2) cuyas paredes (10), cubiertas (6) y partes están hechas de plástico y en caso necesario están reforzadas con perfiles de acero (11) soldados y cubiertos de plástico. Estas innovaciones constituyen un sistema resistente a la corrosión y hermético que previene fugas y emisión de malos olores. El biogás, el aire residual y el agua tratada se drenan a través de un conducto de descarga separado (8), localizado a lo largo de los módulos y separado por completo del interior del módulo. Así, el reactor no requiere ser drenado cuando se hagan reparaciones al conducto de descarga (8), lo cual facilita el mantenimiento. En la proyección horizontal de la Fig. 1 la pared exterior del reactor está indicada con (1) y junto con las paredes (2) y (3) delimitan una sección donde se muestran cuatro módulos conforme a la invención, dos a cada lado del conducto de descarga (8). Cada módulo está tapado con tres cubiertas

(6). El influente se introduce mediante los tubos (35).

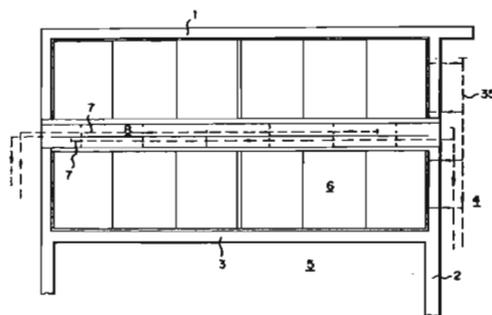


Fig 1

Fig. 1. Proyección horizontal de una sección de un reactor anaerobio, equipado con cuatro módulos. (Fuente: patente US5338445 de Passavant-Werke).

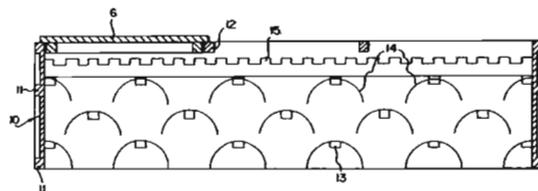


Fig 2

Fig. 2. Sección longitudinal vertical de uno de los cuatro módulos mostrados en la Fig. 1. (Fuente: patente US5338445 de Passavant-Werke).

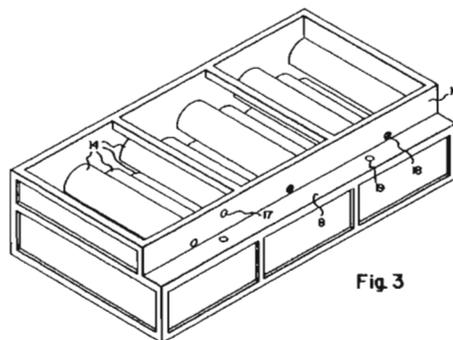


Fig 3

Fig. 3. Vista en perspectiva de un módulo sin cubierta (6) que muestra la disposición de los domos cilíndricos (14) que separan el biogás del agua. (Fuente: patente US5338445 de Passavant-Werke).

Antecedentes de la invención

Esta es una innovación de módulos ya existentes para reactores UASB, los cuales consistían de sistemas separadores de tres fases contruidos con materiales que presentaban desventajas debido al deterioro experimentado por la exposición a atmósferas corrosivas y a la deficiente hermeticidad. Esto ocasionaba fugas y emisión de malos olores. Otra desventaja identificada en los reactores existentes era que el biogás, el aire residual y el agua tratada se removían por debajo de los módulos, abajo del nivel del agua. Como resultado el reactor debía ser drenado para efectuar reparaciones, ocasionando pérdida de tiempo.

Asimismo se citan como antecedentes la patente US4253956 (Mar 03, 1981) de Centrale Suiker Maatschappij y las patentes US4622147 (Nov 11, 1986) y US4758339 (Jul 19, 1988) de Paques.

Innovaciones reclamadas

La patente reclama 9 innovaciones en reactores UASB que se resumen en: separadores de tres fases contruidos en plástico como material resistente a la corrosión y arquitectura de reactores (sistema de módulos compuestos por campanas cilíndricas colectoras de gas, con un conducto de descarga central y externo a los módulos).

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

Separadores de tres fases, materiales de construcción resistentes a la corrosión y arquitectura de reactores en reactores UASB.

>>0<<

Reactor biológico con sistema de circulación interna, para tratamiento anaerobio de agua residual. Consiste de un tanque (1) en el fondo del cual se centra la innovación (Fig. 2): una cámara de entrada (2) para el influente, separada de la cámara de reacción (3) por una pared cónica (4). El sistema de entrada del influente (12) descarga tangencialmente (12a) dentro de la cámara 2, impartiendo al fluido de la cámara de entrada (2) un movimiento de remolino cuyo giro es en la dirección de las flechas indicadas en la Fig. 2, asegurando así la buena distribución del influente y su mezclado con la recirculación (8). El agua residual fluye de la cámara de entrada (2) hacia la cámara de reacción (3) a través de orificios en forma de ranuras radiales (indicadas como 13 en la Fig. 3) que se forman por el diseño mismo de la pared cónica (los segmentos 4a, 4b, etc., se traslapan entre sí para formar las ranuras radiales). La altura de la rendija o rendijas radiales es de 0.25 a 10 cm, preferentemente entre 0,5 y 3.0 cm, mientras que los segmentos radiales se traslapan uno a otro una distancia de 0.5–50 cm, preferentemente 2.5–25 cm.

Si se suspende la alimentación al reactor, el sistema de distribución del influente no corre riesgo de obstrucciones por lodo sedimentado. El lodo sedimentará en la cámara de reacción (3) sobre la pared cónica (4), pero debido al traslape de los segmentos que la conforman (4), se limita el regreso del lodo sedimentado a la cámara de entrada (2). También se previene este flujo de regreso del lodo mediante piezas de empaque (14) colocadas en las ranuras (13). Cuando se pone nuevamente en operación el reactor, se alcanza el mezclado completo del contenido de la cámara de entrada de influente (2) en un tiempo breve.

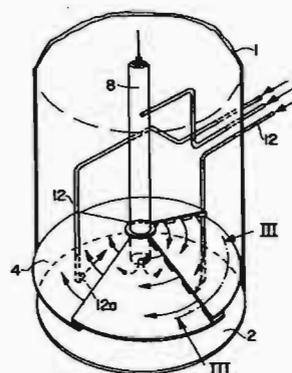


FIG. 2

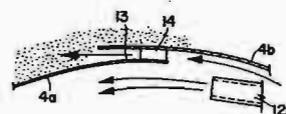


FIG. 3

Figs. 2 y 3. Sistema de distribución del influente en un reactor de circulación interna, según la innovación de Vellinga. (Fuente: patente US5338447 de Paques).

Antecedentes de la invención

Vellinga plantea esta invención como una innovación al sistema de distribución de reactores entonces conocidos, como el de lecho fluidizado (patente US4618418 de Gist-Brocades), el de lecho expandido y el de circulación interna (patente US4609460 de Paques). Otros sistemas de distribución se conocían a partir de las patentes US4707254 de Paques y US4202774 de Dorr Oliver. La desventaja común que identifica Vellinga en los sistemas de distribución del influente en estos reactores, que mezclan el influente con la recirculación sobre la superficie del fondo del reactor, es que en general no permiten la fluidización o expansión completa y estable del lecho de lodo. Como consecuencia, se presentan en los reactores flujos en corto circuito y esquinas muertas.

Innovaciones reclamadas

La patente presenta 9 reivindicaciones para el reactor biológico con sistema de circulación interna. Se centran en la innovación del sistema de distribución con descarga en un compartimiento separado, mostrada en las Figs. 2 y 3. Se reclama particularmente el diseño de la pared cónica mediante segmentos que definen las ranuras radiales.

El objetivo de la invención es superar desventajas identificadas en los sistemas de distribución de reactores conocidos, particularmente de circulación interna. Según Vellinga, las innovaciones favorecen el mezclado completo del influente con la recirculación, y evitan el riesgo de obstrucciones del sistema de distribución.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

Sistema de distribución del influente dentro del reactor.

>> o <<

US5441634 de Edwards Laboratories. Apparatus and method of circulating a body of fluid containing a mixture of solid waste and water and separating them (aparato y método para hacer circular un fluido que contiene una mezcla de sólidos residuales y agua y para su separación)

(Agosto 15, 1995) Inventor: Edwards

Como se muestra en la Fig. 6, la configuración preferida para la presente invención consiste en un reactor tipo UASB y el método de crear la circulación del fluido (mezcla de agua residual, lodo y biogás) con el propósito de separar sus componentes, mediante un dispositivo separador (40) que básicamente cumple la función de un separador de tres fases. Aunque la invención se describe con relación a su empleo en el tratamiento de lodos de aguas residuales, se establece que también tiene aplicación para el tratamiento de aguas residuales municipales que tienen elevados niveles de sólidos en suspensión en relación con las aguas residuales industriales.

El agua residual se introduce al tanque reactor por el fondo del digestor (92). Por efecto gaslift a causa del biogás generado en el digestor (92), la mezcla de agua, lodo y gas fluye a través de una zona estrecha por la presencia de la campana (22) y el embudo (16) y alcanza una zona donde se desgasifica. Esta desgasificación ocasiona que la mezcla desgasificada fluya hacia abajo por gravedad. Este flujo descendente es desviado (98) para que los sólidos sedimenten separándose de la mezcla desgasificada, lo cual permite que el agua remanente sustancialmente libre de los sólidos sedimentados ascienda al clarificador (62) y llegue hasta el vertedero de efluentes (44) para ser descargada del reactor. Durante su ascenso, el agua remanente es preservada o aislada del resto del contenido del tanque

en un compartimiento (60) definido por el cilindro (12), con el fin de evitar que se contamine antes de ser descargada del reactor. El acceso a este compartimiento (60) está bloqueado para la mezcla de fluido ascendente por el efecto gas lift, mediante las paredes inclinadas (96).

U.S. Patent Aug. 15, 1995 Sheet 6 of 7 5,441,634

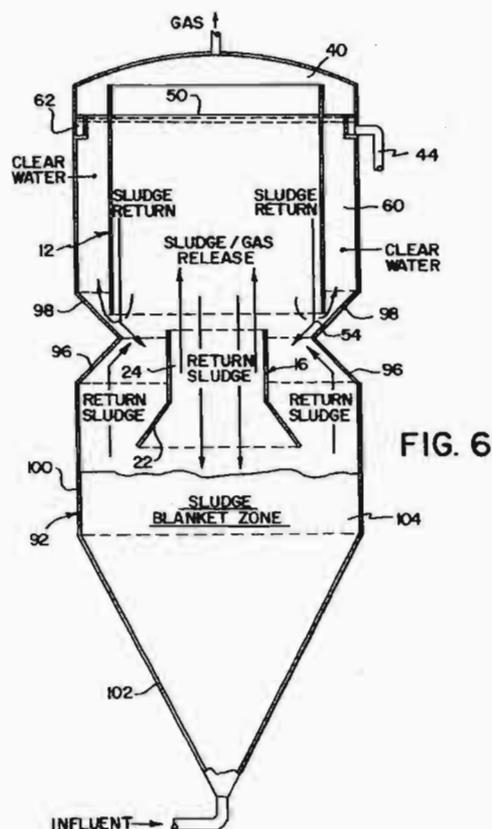


Fig. 6. Sección vertical que muestra el reactor de la invención junto con los elementos constitutivos del separador de fases. (Fuente: patente US5441634 de Edwards Laboratories).

Antecedentes de la invención

Los reactores UASB convencionales en cuya construcción y operación se observaron principalmente dos deficiencias. Por una parte, que los reactores UASB no eran adecuados para el tratamiento de aguas residuales municipales debido a su elevado

contenido de sólidos suspendidos, que causan taponamientos y obstrucciones en el reactor. En contraste, los reactores UASB son más adecuados para el tratamiento de las aguas residuales industriales que tienen altas concentraciones de DQO, DBO y sólidos disueltos pero relativamente bajo niveles de sólidos suspendidos. Por otra parte, por el diseño actual de los reactores UASB el efluente tratado se remueve prácticamente desde la misma zona en donde el lodo se desgasifica y esto puede causar que otra materia se remueva por lavado al ser arrastrado por el efluente y contaminarlo. Se argumenta que el sistema tradicional de mamparas del UASB por si solo no puede asegurar que el efluente estará libre de esa contaminación.

Están como antecedentes las patentes US4609460, US4622147 y US4758339 de Paques.

Innovaciones reclamadas

La patente reclama 15 innovaciones que se resumen en las características del reactor (arquitectura) con el dispositivo separador de fases y su método de separación descrito y mostrado en la Fig. 6. Estas innovaciones comprenden otras configuraciones particularmente de la campana (22) y el embudo (16) que son elementos constitutivos del separador de tres fases. Estas otras configuraciones también incluyen medios para inyectar aire y permitirle al reactor funcionar en condiciones de tratamiento anóxico/aerobio.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

Separadores de tres fases en reactores UASB y mezclado del reactor por efecto gaslift.

>> o <<

**US5500118 de Passavant-Werke.
Biogas reactor for the anaerobic
treatment of waste water (reactor de
biogás para el tratamiento
anaerobio de agua residual)**

(Marzo 19, 1996) Inventor: Coenen *et al.*

De acuerdo con la figura mostrada, el reactor (1) incluye campanas colectoras (2) completamente sumergidas y escalonadas en dos planos sobrepuestos. La sección transversal de las campanas tiene la forma determinada por las superficies (3) y (4). El escape (5) para los gases colectados va de preferencia en la cara frontal de las campanas. El lodo que aún se encuentra en el agua residual que asciende en el reactor hacia el nivel de descarga del efluente, sedimenta desde la zona de calma en la parte alta de reactor, sobre las campanas colectoras y resbala como se indica con las flechas (6) y (7) hasta el lecho de lodos en la parte baja del reactor.

Antecedentes de la invención

La sección transversal de las campanas colectoras conocidas y empleadas en reactores UASB tiene la desventaja de que el tamaño de la interfase entre el gas y el líquido constantemente cambia con la oscilación del nivel del líquido. En caso de un nivel de líquido alto, la liberación de gas desde el líquido se ve fuertemente obstaculizada a causa de lo reducido de las superficies. En el caso extremo, esto puede conducir a un sobreflujo de biomasa hacia la cámara de gas. Otro efecto indeseado es la tendencia a la formación de espuma.

Como antecedente está la patente US4622147 de Paques.

Innovaciones reclamadas

La patente reclama 9 innovaciones que se resumen en un reactor tipo UASB equipado con las campanas descritas que reivindican

su forma y disposición en dos capas traslapadas.

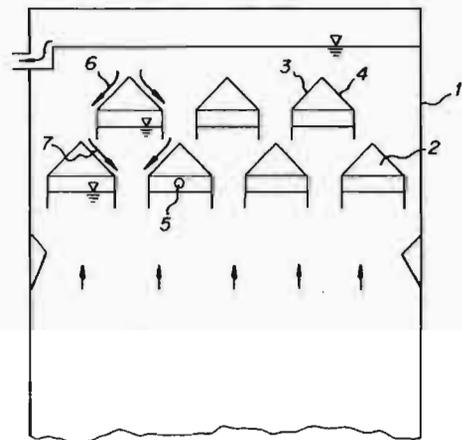
Principales elementos de innovación tecnológica identificados

Campanas colectoras para separar el biogás generado.

U.S. Patent

Mar. 19, 1996

5,500,118



**US5565098 de Paques. Reactor for
the biological treatment of water
(reactor para el tratamiento
biológico de agua)**
(Octubre 15, 1996) Inventor: Vellinga

U.S. Patent Oct. 15, 1996 Sheet 1 of 4 5,565,098

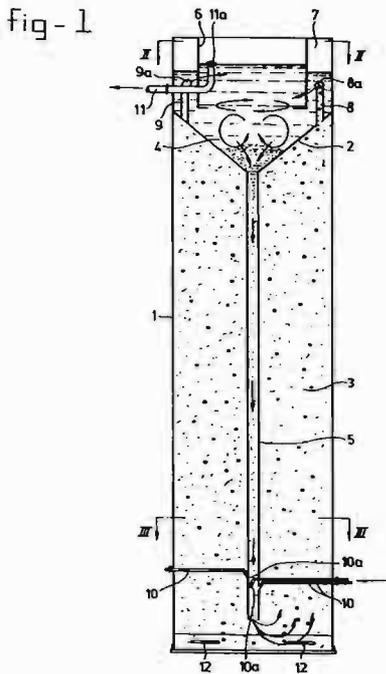


Fig. 1. Innovación del separador de fases y el sistema de introducción del influente en un reactor de circulación interna. (Fuente: patente US5565098 de Paques).

Reactor para el tratamiento biológico de agua, mostrado en la Fig. 1. Consiste de un tanque cilíndrico (1), relativamente alto, dividido por una pared cónica (2) en una cámara de fermentación (3) y una cámara de sedimentación (4). Un tubo de bajada (5) se extiende desde la pared cónica (2) a través de la cámara de fermentación (3) y descarga a cierta distancia sobre el fondo del reactor. En la cámara de sedimentación (4) se tiene una sección cilíndrica (6) que con la pared exterior del tanque (1) delimita un espacio cilíndrico (7) dentro del cual se tienen tuberías (8, 9) con extremos de descarga (8a, 9a, respectivamente) que descargan en forma tangencial dentro de la cámara de

sedimentación (4), Fig. 2. Cada una de las tuberías 8 y 9 está en comunicación hidráulica con la cámara de fermentación (3) por medio de un orificio en la pared cónica (2). Las tuberías (10) para introducir el influente al reactor, descargan en la parte baja del tubo de bajada (5); el extremo de descarga 10a de dichas tuberías 10 está dirigido en forma tangencial (Fig. 3) y ligeramente hacia abajo en relación con el tubo de bajada (5), Fig. 1. La tubería (11) para la descarga del efluente se extiende desde una entrada 11a (Fig. 2) situada tangencialmente dentro del espacio delimitado por la sección cilíndrica (6) hasta el exterior del tanque (1).

U.S. Patent Oct. 15, 1996 Sheet 2 of 4 5,565,098

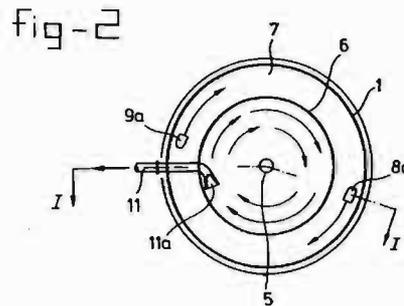
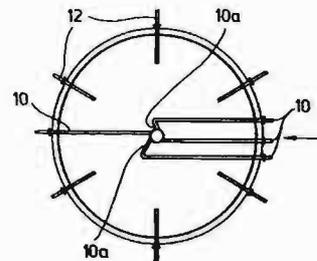


Fig. 3



Figs. 2 y 3. Vistas de una sección transversal del reactor de la invención, a lo largo de la línea II-II y a lo largo de la línea III-III, mostradas en la Fig. 1. (Fuente: patente US5565098 de Paques).

El agua tratada fluirá junto con el biogás formado y parte del lodo, desde la cámara de fermentación (3) a través de las tuberías 8 y 9, hacia la cámara de sedimentación (4), en donde se separan del agua el lodo y el

biogás. Una mezcla de agua de recirculación y lodo fluye de regreso a través del tubo de bajada (5) hacia el fondo de la cámara de fermentación (3). Debido a la ausencia de biogás, esta mezcla es más pesada que la mezcla de lodo y agua que contiene biogás, presente afuera del tubo de bajada (5). El ciclo gaslift que se origina por esta diferencia de peso promueve la circulación dentro del reactor (circulación interna). Ya que las tuberías 8 y 9 tienen orificios de salida de flujo tangenciales 8a, 9a respectivamente, se produce un vórtice dentro de la cámara de sedimentación (4), el cual refuerza y acelera la separación del lodo y la circulación en el reactor. Además del flujo en vórtice en los planos horizontales (véase las dos flechas curvas superiores en la Fig. 1), se generan flujos de circulación en planos verticales (véase las dos flechas curvas del fondo en la Fig. 1), que propician la sedimentación cerca del extremo superior del tubo de bajada (5). El flujo descendente de lodo y la recirculación de agua dentro del tubo de bajada (5) son favorecidos también por la disposición tangencialmente descendente del orificio de salida 10a (Fig. 3).

El agua purificada (efluente) pasa, a través de la entrada tangencial 11a, a la tubería 11 y se descarga del reactor a través de ella. Como resultado de la alimentación de biogás (en el caso de un reactor aerobio, aire u oxígeno) al lecho de lodos en el fondo del reactor, a través de las tuberías 12 (Figs. 1, 3) el lecho de lodos se fluidiza y se previenen las corrientes en corto circuito. La invención no está restringida al reactor anaerobio descrito, sino que también se puede aplicar a reactores aerobios. En ese caso el efecto de vórtice se producirá mediante aire u oxígeno que se conduce a través de las tuberías 8 y 9 a la cámara de sedimentación (4).

La invención contempla una configuración alternativa para el separador de fases en lo alto del reactor; la descripción es algo

compleja pero el concepto es relativamente simple y sólo se menciona con ayuda de la Fig. 4.

fig-4

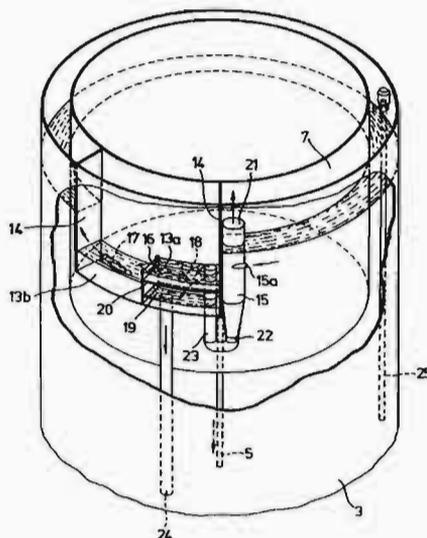


Fig. 4. Configuración alternativa de la invención; incluye un arreglo de ciclón (15) y cascadas (13a, 13b) para la remoción de CO₂. (Fuente: patente US5565098 de Paques).

Se refiere a una configuración que permite solucionar el problema de la aparición de pequeñas burbujas de gas dentro de la cámara de sedimentación (4), debido a la sobresaturación con dióxido de carbono en el seno del líquido, que impiden la sedimentación del lodo. Para resolver este inconveniente, en la configuración alternativa la mayor parte del dióxido de carbono es desprendido del líquido antes de que éste se introduzca tangencialmente a la cámara de sedimentación (4). Para ello, en el espacio anular (7) se incluyen dos cámaras en cascada 13a, 13b, separadas por paredes (14) del resto del espacio anular (7). Un ciclón (15) está conectado aguas arriba de dichas cámaras en cascada. Una pared de rebosamiento (16) está colocada entre las cámaras 13a y 13b. Una tubería (17) se extiende tangencialmente desde la cámara en

cascada 13b, para suministrar tangencialmente líquido dentro de la cámara de sedimentación (4), del cual ha sido desprendido el dióxido de carbono en su paso por el arreglo formado por el ciclón (por donde ingresa a través de la admisión 15a) y las cámaras en cascada 13a y 13b. Del líquido que llega al sedimentador (4) a través de la tubería tangencial (17) se ha removido la mayor parte del dióxido de carbono y será conducido en flujo de vórtice, en la forma descrita con relación a la primera configuración de acuerdo con las Figs. 1 y 2, sin las burbujas de dióxido de carbono que impiden la sedimentación del lodo. El tanque está tapado con una cubierta (que no se muestra).

Antecedentes de la invención

En invenciones previas, el separador de fases consiste en campanas colectoras para el biogás (patente US4609460 de Paques) o placas paralelas inclinadas para retención de la biomasa (patente US5230794 de Biothane).

La construcción característica de los distribuidores de influente conocidos a través de las patentes US4618418 (Gist-Brocades), US4707254 (Paques) y US5230794 (Biothane), con base en sistemas de tuberías perforadas o con boquillas, es más elaborada y susceptible de obstrucción.

Innovaciones reclamadas

La patente presenta innovaciones reclamadas a través de 12 reivindicaciones para la invención. Se resumen en un reactor para el tratamiento biológico de agua (aerobio o anaerobio) como el descrito previamente. La innovación relevante se centra en el dispositivo para la separación de las fases, situado en la parte alta del reactor y en la introducción del influente a un reactor con circulación interna.

La cámara de sedimentación comprendida en el separador de fases de la invención permite reforzar y acelerar la separación del lodo de la fase líquida, al mismo tiempo que se mejoran las condiciones de recirculación y mezclado en un reactor de circulación interna, como el presentado. Este efecto se logra debido al vórtice formado por la inclusión innovadora de las líneas de descarga tangencial (8, 9) dentro del sedimentador (4).

La invención elimina la necesidad del compartimiento separado para un mezclado homogéneo, presentado en la patente US5338447 (Paques). De las patentes US4707254 y US5338447 también de Paques, la invención incorpora el concepto de la descarga tangencial e inclinada hacia abajo. El agua residual se introduce al reactor mediante un sistema de tuberías que descargan directamente en forma tangencial hacia abajo dentro del tubo de bajada (5) para mezclar homogéneamente el influente con la recirculación. Esta introducción innovadora del influente al reactor, elimina el sistema de tuberías perforadas o con boquillas característico de los distribuidores de influente conocidos a través de las patentes US4618418 (Gist-Brocades), US4707254 (Paques) y US5230794 (Biothane).

Otro elemento innovador identificado se refiere al sistema de colección del efluente tratado en la parte alta del reactor. Las canaletas con vertedores para la colección del efluente por rebosamiento se sustituyen por la boquilla de admisión tangencial (11a) situada cerca del nivel de agua clarificada dentro del espacio delimitado por la sección cilíndrica (6) de la cámara de sedimentación (4), que capta el efluente que se conduce por la tubería (11) para su descarga del tanque.

El reactor comprende además un número de tuberías para entrada de gas, dispuestas justo arriba del fondo de la cámara de fermentación, para ayudar a la fluidización

del lecho de lodo. Asimismo, se reivindica la configuración del reactor que comprende la inclusión del arreglo de ciclón y cámaras en cascada para remover el CO₂ del líquido, antes de que ingrese al sedimentador (4).

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

Sedimentador y Sistema de Circulación y Mezclado dentro del reactor.

>> o <<

**US5599450 de Jet Tech. Anaerobic
upflow batch reactor (reactor
discontinuo anaerobio de flujo
ascendente)**

(Febrero 04, 1997) Inventor: Li *et al.*

El reactor (1) presentado en la Fig. 1 emplea un proceso de tratamiento en donde el agua residual fluye a través del tanque (5) bajo condiciones anaerobias, con un patrón de flujo pistón.

El agua residual influente se distribuye uniformemente cerca del fondo del reactor (1) a través de un sistema de distribución (6) con múltiples puntos de descarga (24) como se muestra en la Fig. 3. El efluente tratado se capta en la parte alta del reactor (1) análogamente, de manera uniforme a través de un sistema (7) de tuberías con múltiples orificios (35) como se muestra en la Fig. 2 y que incluye un tubo de descarga (32). De esta forma, durante la operación del reactor (1) se minimiza el mezclado horizontal logrando que el agua fluya ascendentemente en forma vertical, conforme se indica con las flechas paralelas de flujo ascendente mostradas en la Fig. 1.

El proceso discontinuo de tratamiento que emplea el reactor (1) inicia con un ciclo de llenado en donde la biomasa se encuentra formando un lecho de lodo cerca del fondo del tanque (5). Con el agua residual influente que entra al reactor, parte de la biomasa sube a diferentes alturas del tanque (5). Para el proceso es conveniente que la mayor parte de la biomasa se tenga cerca del fondo del tanque (5) para que sedimento rápidamente al final del tratamiento durante el ciclo de sedimentación, de tal forma que no se requiera un período de tiempo largo. Además, si la biomasa en la parte alta del tanque (5) es poca en el momento en que se detiene el tratamiento, la decantación o descarga del efluente tratado que se encuentra en la parte alta del reactor puede iniciar antes de que la biomasa en la parte

baja del tanque (5) termine de sedimentar. Esto reduce sustancialmente el tiempo del ciclo en cada lote de tratamiento que ingresa al reactor (1). La descarga del lodo se hace por el fondo del tanque (11) a través del conducto (50). El agua residual tratada preferentemente se recicla desde la parte alta del reactor hasta el fondo.

Otra configuración del proceso de tratamiento descrito consiste en emplear el reactor presentado en la invención conectado a un reactor SBR aerobio.

Antecedentes de la invención

En general los reactores anaerobios discontinuos de flujo ascendente conocidos. En particular el reactor anaerobio SBR patentado por Iowa State University (patente US5185079, Feb 9, 1993). Se identificaron desventajas de operación asociadas con el patrón de flujo que se desarrolla dentro del reactor. Se determinó que era posible superar esas desventajas si se lograba mejorar el flujo pistón haciéndolo sustancialmente vertical. Se identificó que esto era posible limitando la ocurrencia del mezclado horizontal que se propicia cuando la extracción del agua del reactor durante su operación se hace de manera poco uniforme, debido a que la extracción del agua se hace por un costado del reactor.

Innovaciones reclamadas

La patente reclama 9 innovaciones que se resumen en el reactor SBR anaerobio y su proceso de tratamiento descritos. También se reclama como innovación una modificación al proceso descrito, consistente en conectar el reactor de la presente invención a un reactor aerobio SBR.

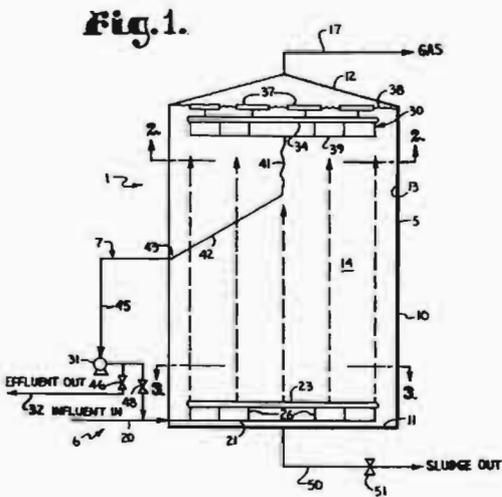
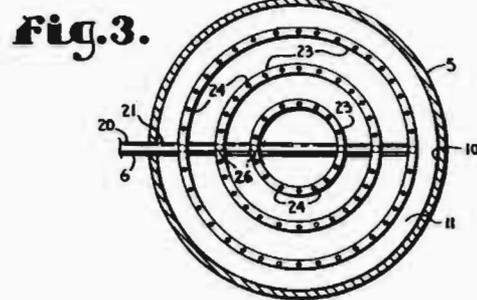
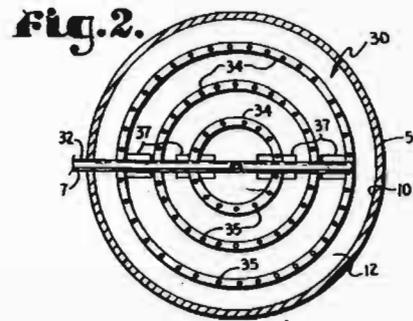
El proceso de tratamiento que emplean el reactor presentado en la invención favorece el crecimiento de biomasa en un patrón tal que la mayor concentración de biomasa (más grande y pesada) se encuentra cerca del

fondo del reactor donde la cantidad de sustrato es mayor y la menor concentración de biomasa (pequeña y liviana) se encuentra en la parte alta del reactor.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

Patrón de flujo del agua residual en los reactores SBR anaerobios conocidos.

Sistemas de distribución de influente y de captación del efluente, que minimiza el mezclado horizontal para generar un patrón de flujo pistón verticalmente ascendente y uniforme.



>> 0 <<

US5733454 de EHH Holding Co.
Process and apparatus for the
treatment of flowable waste (proceso
y aparato para el tratamiento de
fluidos residuales)

(Marzo 31, 1998) Inventor: Cummings.

En las Figs. 1 y 2 se muestra el reactor biológico (20) de la invención. Está compuesto de dos zonas, una más baja (22) en la cual se tiene una mezcla heterogénea de microorganismos constituidos en biopelícula adherida a pequeñas partículas de material de soporte biológicamente inerte (24). Otra zona más alta (26) en donde el agua tratada se separa del gas y las partículas de soporte. El agua residual cruda se introduce a la succión (28) de la bomba recicladora (30), la cual recicla agua tratada desde la zona alta (26) del reactor a través de la tubería para reciclado (32), e intermitentemente introduce la mezcla de agua tratada y agua residual cruda a los puertos de descarga (34) específicamente localizados y espaciados, localizados cerca del fondo (36) de la zona (22).

Las partículas del material de soporte tienen un diámetro preferentemente entre 0.05 y 0.2 mm y una gravedad específica entre 0.01 y 3 g/ml. Pueden ser de materiales como la arena, granate, cenizas volcánicas, carbón activado, vidrio, plástico, alúmina, etc.

En una configuración preferida para la invención, se tiene un distribuidor (44) común del lado de la descarga de la bomba recicladora (30), constituido por sistemas individuales de descarga formados por tuberías individuales (42). El distribuidor común (44) es externo a la pared del reactor y las tuberías (42) se extienden dentro del reactor, horizontalmente a través de la pared del reactor. Luego las tuberías (42) bajan verticalmente a través del lecho (24) hasta algún puerto de descarga (34) específico. Cada tubería de descarga (42) puede terminar en una válvula (46) de una sola vía

para prevenir el reflujo de las partículas de soporte durante periodos de ausencia de flujo. Los números (48), (50) y (52) representan un conjunto de válvulas de aislamiento, de una sola vía y de control, respectivamente, que se emplean para lograr un flujo intermitente y por pulsos de agua residual hacia cada tubería (42) y puerto de descarga (34).

El flujo total que pasa por la bomba recicladora (30) consiste de una mezcla de agua residual tratada y cruda. Este flujo se dirige secuencialmente a cada uno de los puertos de descarga independientes (34), de tal forma que un pulso de la mezcla de agua residual se introduce a un puerto de descarga específico mientras el otro puerto no recibe flujo. Después de que todos los puertos de descarga han recibido pulso, la secuencia se repite. Durante el pulso, el lecho se fluidizado hidráulicamente y se integra con la mezcla de agua residual. En cada puerto de descarga un flujo pistón de la mezcla se integra con los microorganismos de la biopelícula en la vecindad de puerto de descarga y simultáneamente atraviesa ascendentemente el lecho. De esta forma se lleva a cabo la distribución del agua residual a través del reactor. Después del pulso y mientras el siguiente puerto de descarga recibe su pulso correspondiente, los microorganismos dentro del flujo pistón tienen un tiempo de calma para llevar a cabo la conversión de la materia orgánica en el agua residual. El intervalo entre pulsos es de 1 a 5 minutos. Cada pulso subsiguiente ocasiona el movimiento ascendente del flujo en pistón que contiene material particulado, líquido y gas hasta zonas más altas hasta alcanzar la parte alta del lecho. El mezclado horizontal del flujo en pistón es mínimo aún cuando los pistones puedan expandirse horizontalmente al ir ascendiendo verticalmente a través del lecho.

Mediante el empleo de dos campanas colectoras de gas (70, 72) sumergidas y colocadas en forma traslapada, se captura el

gas liberado antes de que el agua tratada entre al sistema de reciclado o se extraiga del reactor mediante el sistema para descarga del efluente. Estas campanas hacen al mismo tiempo las veces de colector de gas y de separador líquido-sólido. Como se muestra en la Fig. 2 las campanas (70, 72) proveen zonas (74, 76) dentro de cuyo espacio se acumula el gas, y tienen paredes en pendiente (78, 80) que favorecen el retorno al lecho (24) del material particulado con biopelícula. El gas se extrae a través de los puertos (82, 84) localizados arriba de las campanas colectoras.

El agua tratada y clarificada se descarga o recicla mediante las tuberías (86) y (88) respectivamente. El lodo estabilizado se acumula en una zona intermedia (94) arriba del lecho, al migrar desde el lecho debido a su menor densidad, y forma una capa de lodo (100). Cuando esta capa de lodo se incrementa hasta un espesor predeterminado se purga fácilmente del reactor, operando la válvula (102) mientras la válvula (104) permanece cerrada.

Antecedentes de la invención

En general los reactores de lecho fluidizado/expandido. La patente US4284508 de Jewell presenta un reactor de lecho expandido, constituido de partículas inertes de diámetro pequeño que cuentan con biopelícula anaerobia adherida para la purificación de agua residual con material orgánico biodegradable. Sin embargo se identificó como una seria desventaja de este sistema el hecho de que para asegurar una expansión uniforme del lecho y una distribución uniforme del agua residual, se requería de reactores cilíndricos de diámetro pequeño. No se había logrado hasta entonces llevar el proceso a gran escala para emplearlo en aplicaciones con una tasa alta de tratamiento anaerobio.

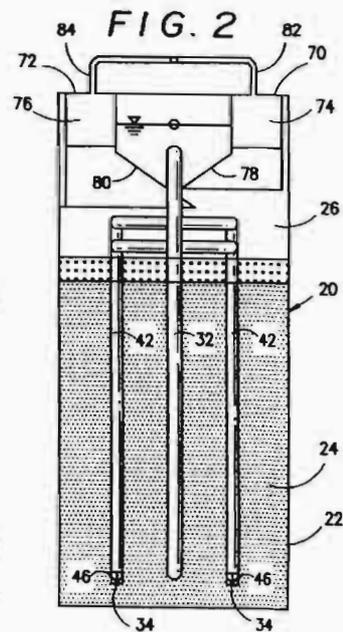
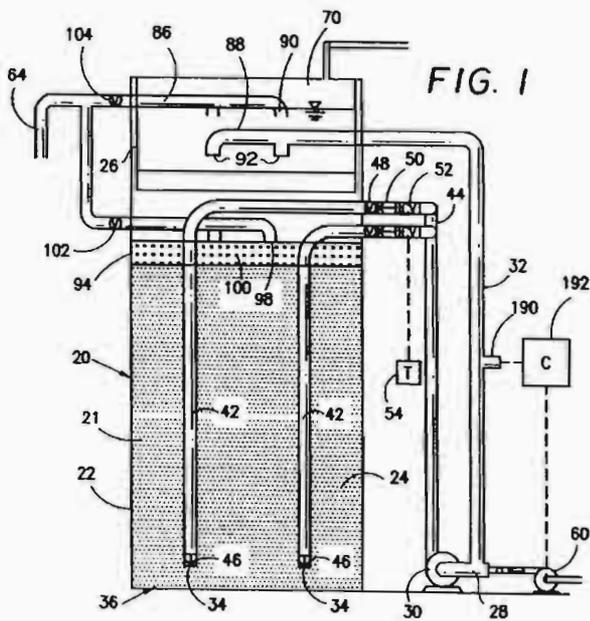
Innovaciones reclamadas

La patente reclama 56 innovaciones que se resumen principalmente en las características del reactor y proceso de tratamiento descritos. Otras de estas reivindicaciones se refieren a otras configuraciones de la invención que permiten emplear el reactor y su proceso bajo condiciones aerobias o una combinación de reactor anaerobio cuya descarga alimenta un reactor aerobio como el de la invención.

El reactor de la presente invención elimina la necesidad de una tasa de flujo específica para el agua que se recicla. A través de los pulsos intermitentes se logra una completa integración del agua residual con los microorganismos con un mínimo volumen de agua reciclada y sin la necesidad de mantener continuamente el reciclado de agua. Los pulsos logran la integración del agua residual con los microorganismos de forma satisfactoria que no se necesita mantener el lecho completo totalmente expandido ni completamente mezclado con el agua residual todo el tiempo. Asimismo se obtienen velocidades de flujo ascendente que son aceptables para la adecuada operación del sistema y el volumen de agua tratada que se requiere reciclar para el control de lecho se reduce significativamente.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

Fluidización intermitente del lecho, Sistema de distribución de influente y reciclado de efluente. Arquitectura de reactores.



US5855785 de Biothane. Three-phase separator for a fluidized bed apparatus (separador de tres fases para un aparato de lecho fluidizado)

(Enero 5, 1999) Inventor: Heijnen et al.

La Fig. 9 muestra esquemáticamente la configuración del separador de tres fases protegido por la presente patente. Consiste de un compartimiento rectangular (16) con uno de sus lados en forma semicircular (17). La parte baja de este compartimiento está provista con un adaptador (18) que se une a un cilindro (21) conectado con el reactor, como se muestra en la Fig. 9. La mampara (6) colecta casi la mitad del biogás formado dentro del reactor. Este biogás capturado se conduce a través del tubo (7) directamente hasta el compartimiento de almacenamiento de gas (9) de donde finalmente se evacua del reactor mediante el conducto (12). Debajo de la campana colectora (5) están montadas cuatro mamparas o placas paralelas (10). Las placas (10) tienen la función de aprovechar el efecto gaslift que se genera a su alrededor para inducir un movimiento de circulación interna en su entorno, favoreciendo la separación de la fase gaseosa y la sedimentación del lodo granular. Este separador ya había sido probado en plantas a escala piloto y el documento de patente presenta resultados de las pruebas efectuadas.

Antecedentes de la invención

La patente US5855785 de Biothane tiene la particularidad de ser una división, de acuerdo con la USPTO, de la solicitud que Biothane tramitó el 10 de septiembre de 1990 y que actualmente constituye la patente US5230794, misma que a su vez es continuación de una solicitud de patente que se tramitó ante la USPTO el 6 de octubre de 1988 y que fue abandonada.

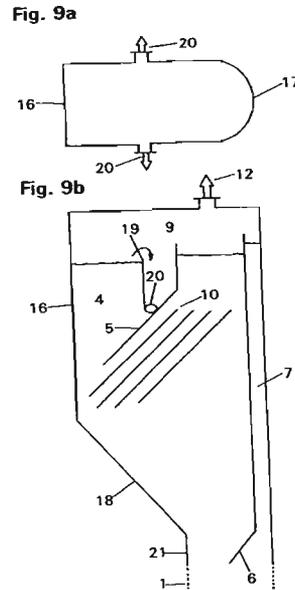


Fig. 9. Separador de 3 fases con múltiples placas paralelas inclinadas (10) y deflector (6). (Fuente: patente US5855785 de Biothane).

Resulta de interés observar que con esta misma fecha (octubre 6, 1988) Gist-Brocades solicitó trámite de patente ante la EPO para dos invenciones ahora protegidas por las patentes europeas EP0311216B1 y EP0315233B1, que tienen la particularidad con las patentes US5230794 y US5855785 de Biothane, que presentan una descripción de la innovación y antecedentes, figuras y datos experimentales que coinciden entre las cuatro patentes, y sólo difieren en las reivindicaciones. Cabe señalar que en los documentos de las patentes en cuestión aparece la misma fecha de prioridad de registro de la invención, 8 de Octubre de 1987 ante la EPO; tienen títulos semejantes (véase la Tabla Resumen), los inventores son los mismos en el mismo orden en la patente EP0311216B1 (Gist-Brocades) y en las patentes US5230794 y US5855785 (Biothane), y diferentes en nombre y orden en la patente EP0315233B1 (Gist-Brocades).

Innovaciones reclamadas

La presente patente reclama como innovación mediante dos reivindicaciones un

separador de tres fases para su empleo en un reactor anaerobio de lecho fluidizado/expandido. La innovación se centra en el compartimiento destinado a separar la fase gaseosa, reduciendo la turbulencia en la zona de descarga del efluente en lo alto del reactor. Se usan placas paralelas inclinadas para mejorar la retención del lodo granular, así como un deflector que mejora la captura de las burbujas de biogás.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

El separador de tres fases localizado en lo alto de los reactores de lecho fluidizado/expandido (EGSB) que emplean lodo granular anaerobio.

>> o <<

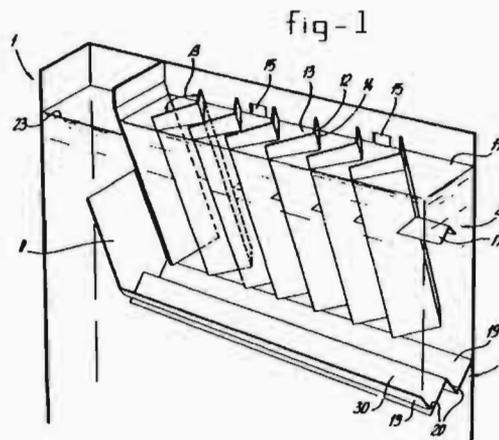


Fig. 1. Sedimentador de campanas inclinadas (12) instalado en un purificador de agua residual. (Fuente: patente US5904850 de Paques).

US5904850 de Paques. Settling device for a fluid containing liquid, gas and particulate material, as well as a cleaning device provided herewith and a method for cleaning waste water (sedimentador para un fluido que contiene líquido, gas y partículas, así como un purificador y un método para la purificación de agua residual)

(Mayo 18, 1999) Inventor: Vellinga

La invención referida en esta patente contempla innovaciones que comprenden tres aspectos: un sedimentador para su empleo con un fluido compuesto por fase líquida, gas y partículas; un purificador y un método para la purificación de agua residual. Las Figs. 1-3 muestran el purificador (1) provisto con el sedimentador (2); el método para la purificación del agua residual que también reivindica la patente se describe más adelante.

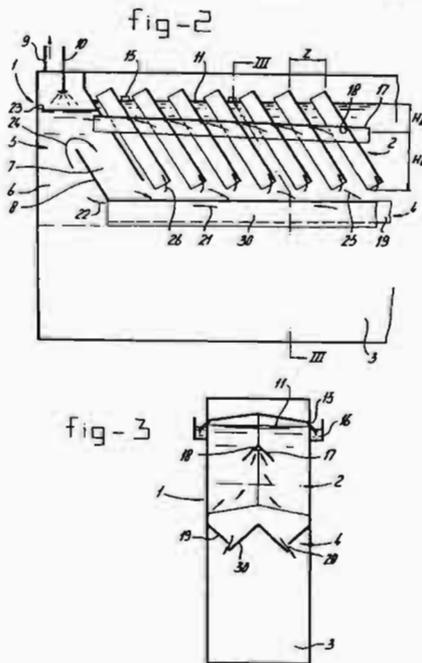
El purificador (1) comprende una cámara de fermentación (3) arriba de la cual está el sedimentador (2). La cámara de fermentación (3) y el sedimentador (2) están

separados por la campana (30) y los deflectores (19) que constituyen el separador (4), Figs. 2 y 3. El purificador además cuenta con una cámara desgasificadora (5) con un primer compartimiento (6) y un segundo compartimiento (7) separados por una mampara inclinada (8). Por la parte superior de la mampara (8) los dos compartimientos se comunican hidráulicamente (indicado como 24 en la Fig. 2). En la parte alta de la cámara desgasificadora (5) hay una descarga para el gas (9) y un dispositivo rociador (10) para liberar a las partículas flotantes de las burbujas de gas. En la cámara desgasificadora (5) a nivel de la superficie del líquido (23) hay una descarga para las partículas flotantes (no mostrada).

El sedimentador (2) consiste de múltiples campanas (12) de perfil en V, colocadas oblicuamente a una inclinación de 30 a 80° y de 55 a 65° respecto del nivel del líquido (11), como se muestra en la Fig. 1. La V de la campana tiene un ángulo de apertura de aproximadamente 100 a 130°. En la parte alta de la cámara de sedimentación hay orificios vertedores (15) para la descarga del líquido por rebosamiento a canaletas (16). El intervalo horizontal, indicado por Z en la Fig. 2, entre dos campanas oblicuas

adyacentes es de 2-8 cm y de 6 cm. Las campanas inclinadas (12) están fijas en relación una con otra mediante una campana colectora (17) que se prolonga en dirección horizontal, y suspendidas mediante esa campana (17) dentro del sedimentador (2). Justo bajo de la arista de la campana colectora (17) se forman pasajes (18) para la conducción de fluido gaseoso, particularmente. La campana colectora (17) está inclinada hacia la cámara desgasificadora (5) en la cual se descargan el gas colectado y las partículas flotantes. La campanas (30) y los deflectores (19) están colocados de tal forma que sus extremos se traslapan y forman el pasaje (20) a través del cual las partículas sedimentadas y el líquido pueden ir de retorno a la cámara de fermentación (3).

U.S. Patent May 18, 1999 Sheet 2 of 3 5,904,850



Figs. 2 y 3. La Fig. 3 muestra una sección transversal a lo largo de las líneas III-III de la Fig. 2 conforme al sedimentador y purificador de la invención. (Fuente: patente US5904850 de Paques).

El método de purificación anaerobia consiste en suministrar agua residual a la cámara de

fermentación (3) para su purificación por la acción de las partículas de biomasa localizadas dentro de la cámara de fermentación, generándose así gases que agitan el fluido dentro de la cámara de fermentación. Como resultado de ello, las partículas que se localizan dentro de la cámara de fermentación flotan por efecto de las burbujas de gas que ascienden; éstas son en gran parte atrapadas por las campanas del dispositivo de separación (4). Como se muestra con las flechas 21 y 22 en la Fig. 2, este gas atrapado es conducido al primer compartimiento (6) de la cámara desgasificadora (5). El continuo ascenso del gas producirá un movimiento también ascendente del fluido desde la cámara de fermentación (3), arrastrando con ello muchas partículas. Las burbujas de gas más grandes abandonarán el fluido en la parte alta de la cámara desgasificadora (5) y podrán ser evacuadas mediante la descarga para gas (9). Las partículas flotantes que son arrastradas con el fluido fuera de la cámara de fermentación (3) terminan flotando sobre el nivel de agua (23) en la parte alta de la cámara desgasificadora, pero el empleo del rociador (10) permite liberarlas de las burbujas de gas adheridas.

Como se indica con la flecha (24) en la Fig. 2, el líquido continúa fluyendo, ahora a través del segundo compartimiento (7) hacia el fondo del sedimentador (2). Como está representado por las flechas 25 en la Fig. 2, en el fondo del dispositivo sedimentador (2) una porción del fluido irá de regreso a través de los huecos (20) hacia la cámara de fermentación (3); las partículas depositadas en el sedimentador (2) pueden ser arrastradas con él. Como está representado por las flechas 26, otra porción del fluido será forzada a ir a lo largo de las campanas inclinadas (12), después de lo cual, en la parte alta del sedimentador, el líquido es descargado del purificador. Durante este flujo ascendente del líquido a lo largo de las campanas inclinadas (12) se formará un flujo laminar propicio para que las partículas más

pesadas aún presentes en el fluido sedimenten. Aquellas burbujas de gas que aún están presentes en el fluido y perturban el flujo laminar, y las partículas más ligeras y flotantes, ascienden verticalmente y son capturadas con la campana (17) para que fluyan a través de los orificios (18) debajo de la campana colectora (17) hacia la cámara desgasificadora (5) de donde el gas se descarga (9) y las partículas más ligeras también (no se muestra en las figuras). El líquido arriba de la campana colectora (17) está virtualmente libre de gas y de partículas ligeras y flotantes, propiciando con ello una zona libre de turbulencia para la sedimentación de las partículas más pesadas. La capa más alta de líquido en el dispositivo sedimentador, cerca del nivel del agua (11) será muy baja en partículas flotantes y puede ser descargado como líquido purificado a través de los orificios vertedores (15) y las canaletas (16).

De acuerdo con la invención, el sedimentador se puede usar en varias formas; en conjunto con el purificador que aquí se describe es ventajoso, pero no es la única opción para su uso. Adicionalmente, la invención contempla otras configuraciones para el sedimentador, relacionadas con la orientación de las campanas inclinadas (12).

Antecedentes de la invención

Dispositivos sedimentadores de este tipo se conocen a través de patentes como US4758339 y US4622147 de Paques. Estos sedimentadores tienen la desventaja que, bajo gran turbulencia, las burbujas pueden fácilmente pasar entre las campanas para captura del biogás y perturbar la sedimentación.

Innovaciones reclamadas

La patente presenta 14 reivindicaciones para la invención, que comprenden el diseño del sedimentador; un purificador, que emplea ese sedimentador para la purificación

aerobia o anaerobia de agua residual y un método para la purificación anaerobia del agua residual, como previamente se describió.

El objetivo principal de la invención es proporcionar un sedimentador o separador de tres fases en el cual líquido, gas y partículas se puedan separar, de tal forma que en lo alto del sedimentador se colecte un líquido en gran medida libre de partículas y también, preferentemente, de gas.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

Sedimentador localizado en la parte alta del reactor para formar una zona de calma que favorece la retención del lodo dentro del reactor y la clarificación del efluente.

>> o <<

US5972219 de Paques. Process for aerobic treatment of waste water (proceso para el tratamiento aerobio del agua residual)

(Octubre 26, 1999) Inventores: Habets *et al.*

La invención se refiere a un proceso para el tratamiento aerobio de agua residual en un reactor tipo UASB y a un aparato para el tratamiento integrado anaerobio/aerobio de agua residual en un solo reactor.

El proceso para el tratamiento aerobio de agua residual en un reactor UASB aireado consiste en alimentar agua residual por el fondo del reactor a través de un distribuidor que produce prácticamente un flujo ascendente tipo pistón a través del lecho de lodos; la concentración del lecho de lodos es de 5 a 50 g/l. Simultáneamente, mediante un aereador de burbuja fina, se alimenta gas por el fondo del reactor UASB, cuyo contenido de oxígeno propicia el crecimiento de una biomasa facultativa y aerobia. Las campanas colectoras de gas situadas en lo alto del reactor capturan el gas residual. La cantidad de oxígeno alimentado al reactor UASB es tal que el gas capturado mediante las campanas colectoras contiene al menos 2-3% de oxígeno en volumen. El agua residual tratada se descarga mediante vertedores de rebosamiento por la parte alta del reactor.

El aparato para el tratamiento integrado anaerobio/aerobio de agua residual se muestra en la Fig. 3. Consiste de un tanque reactor integrado verticalmente (10), en el cual los distribuidores (3) para la alimentación del influente (2) están localizados en el fondo de un reactor tipo UASB. En la parte media del reactor se tienen campanas colectoras (9) para el biogás generado en la zona anaerobia. Arriba de las campanas colectoras (9) se encuentran los dispositivos de aireación (7) que pueden ser móviles mecánicamente en sentido vertical en parte de la altura del reactor. En lo alto del reactor (10) se tienen dispositivos

(8) para la sedimentación de la biomasa y la captura del gas. El agua residual tratada se obtiene por la parte alta del reactor a través de vertedores de rebosamiento (4) y el efluente se descarga por la línea (5).

Una variante del aparato para el tratamiento anaerobio/aerobio integrado comprende, en lugar del dispositivo (8) para la sedimentación de la biomasa y la captura del biogás, un material de empaque o filtros para el soporte de las bacterias aerobia. En esta configuración, el gas que procede de la fase aerobia puede ser capturado arriba del reactor o simplemente puede ser venteadado a la atmósfera.

U.S. Patent Oct. 26, 1999 Sheet 2 of 2 5,972,219

fig - 3

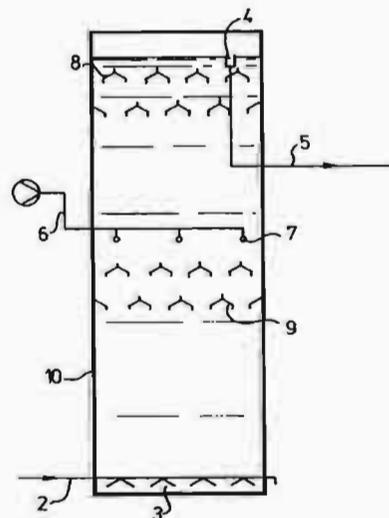


Fig. 3. Reactor anaerobio/aerobio integrado. (Fuente: patente US5972219 de Paques).

Antecedentes de la invención

De acuerdo con Habets *et al.*, se han propuesto variantes basadas en el principio del UASB, que comprenden mayores velocidades de flujo como resultado de la recirculación de efluente, empleando el biogás como una bomba, o simplemente construyendo columnas altas más estrechas;

sin embargo, el principio básico permanece igual. La investigación ha revelado que las bacterias anaerobias pueden tener una alta tolerancia al oxígeno (M.T. Kato, Biotech. Bioeng. 42:1360-1366, 1993) y que la adición de oxígeno puede algunas veces también ser ventajosa para un proceso anaerobio.

Innovaciones reclamadas

La patente reclama las innovaciones presentadas mediante 12 reivindicaciones que comprenden el proceso de tratamiento aerobio de agua residual en un reactor UASB y el reactor para el tratamiento anaerobio/aerobio integrado verticalmente, previamente descritos. La innovación principal se centra en un reactor UASB equipado con una instalación de aeración, preferentemente, de burbuja fina, que se puede usar como una unidad independiente o en combinación con un pretratamiento anaerobio. En casos específicos, este reactor también puede ser operado alternativamente en condiciones anaerobias o aerobias, por ejemplo en operaciones estacionales con severas fluctuaciones de la cantidad de agua residual. El proceso puede ser usado para la remoción de DQO/DBO, nitrificación, desnitrificación y oxidación de sulfuros.

En el caso del proceso con tratamiento integrado anaerobio/aerobio de acuerdo con la invención, la tasa de alimentación de agua puede ser ajustada de tal forma que el balance de lodo sea óptimo, con el propósito de que el lodo anaerobio permanezca en la parte del fondo del reactor y el lodo aerobio permanezca en la parte alta. Si tiene lugar una producción extensa de lodo en la sección aerobia, se puede permitir que el lodo extra sedimente a la fase anaerobia bajando la tasa de alimentación de agua, de tal forma que la cantidad de biomasa aerobia vuelva a ser constante otra vez. El lodo aerobio extra también puede llegar a ser más pesado en el curso del tiempo y sedimentar a la fase anaerobia por sí solo.

De acuerdo con los inventores Habets *et al.*, la innovación de incluir medios para la aeración, movibles mecánicamente en sentido vertical, permite una fácil adaptación de la configuración del reactor al agua residual específica y a los resultados de purificación deseados.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

Configuración y procesos en un reactor tipo UASB para integrar procesos anaerobios/aerobios en un solo tanque.

>> o <<

US6030529 de US Filter. Biological reactor including settler (reactor biológico que incluye sedimentador)
(Febrero 29, 2000) Inventores: Biskner *et al*

La Fig. 10 muestra una de las configuraciones preferidas para la invención. Consiste en un reactor biológico (10) que puede ser UASB o de lecho fluidizado, incluye un tanque (10) con tapa, paredes (11) y un fondo cerrado (12). Cuenta con una tubería (120) que abastece el agua residual al reactor, el cual contiene un lecho biológico (122) de lodo granular o floculento que constituye la zona de reacción donde la biomasa reacciona con los constituyentes orgánicos del agua residual. El agua residual, los gases formados y la biomasa flotante fluyen ascendentemente por el reactor hasta una zona de clarificación, donde la biomasa se separa del agua residual y el gas. El agua residual, el gas y la biomasa remanente se desvían hacia afuera de las mamparas (32 y 34) lejos de la zona de salida en donde se tiene una canaleta colectora (124) que se extiende a través de una porción superior del tanque (10). Los extremos superiores (28) de los lados (26) de la canaleta (124) funcionan como vertedores de excedencias que permiten el flujo del agua residual tratada y partículas de sólidos hacia la canaleta (124) para ser descargados través de la tubería (30). El arreglo de mamparas (32, 42 y 34, 44) sirve para desviar de la canaleta colectora (124) el flujo de agua residual tratada y gas, permitiendo así que la biomasa mas bien sedimento de regreso hacia el lecho (122) en lugar de ser arrastrada con el agua residual hacia la canaleta colectora (124). Adicionalmente, el sedimentador cuenta con un arreglo de canaletas tubulares (60) que sirven para controlar la turbulencia y velocidad ascendente del agua residual tratada en su flujo hacia la canaleta colectora (124). Este arreglo de canaletas (60) es como el mostrado en las Figs. 3-5.

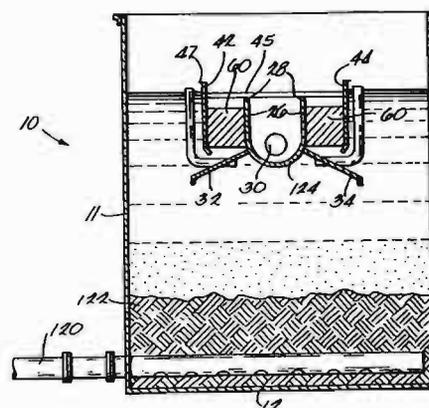


FIG. 10

Fig. 10. Sección transversal del reactor biológico incluyendo el sedimentador de la invención. (Fuente: patente US6030529 de US Filter).

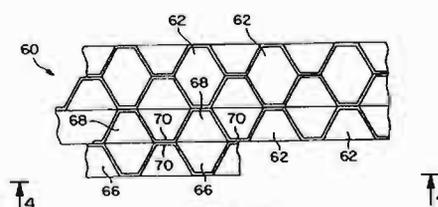


FIG. 3



FIG. 4

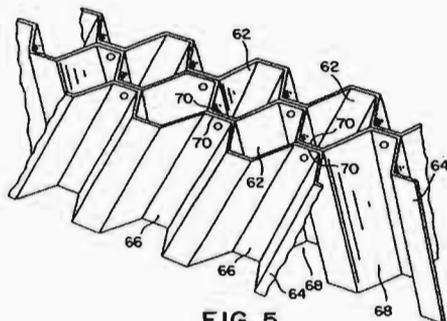


FIG. 5

Figs. 3-5. Muestran arreglos de canaletas tubulares que permiten controlar la turbulencia en el sedimentador de la invención. (Fuente: patente US6030529 de US Filter).

Antecedentes de la invención

Los reactores biológicos de lecho fluidizado/expandido por flujo ascendente, con la operación experimentan pérdida de biomasa debido al lavado de ésta con el efluente. El crecimiento de la biomasa eventualmente la hace menos densa que el agua residual y por el empuje del biogás generado y el flujo ascendente dentro del reactor la biomasa llega a abandonar el reactor junto con el efluente. Con el fin de retener la biomasa dentro del reactor biológico se han empleado una serie de mamparas sobrepuestas en la parte alta del reactor para desviar la biomasa lejos de la zona de salida, donde se localiza la canaleta colectora del efluente. Las mamparas reducen la velocidad ascendente del agua residual de tal forma que la biomasa que llega a entrar a la zona de salida pueda sedimentar de regreso a la zona del lecho de biomasa. Esta aplicación de las mamparas también se ha empleado en la parte alta de los filtros de medio granular de flujo descendente (patente US4076625, no

analizada) para evitar pérdida de medio filtrante durante las operaciones de retrolavado del filtro. Una desventaja identificada en el filtro de la patente US4076625 es que se requiere de profundidad adicional en el filtro para acomodar el sistema de mamparas. Aunque el diseño de nuevos filtros permite considerar esta necesidad de mayor profundidad del filtro, la adaptación de las mamparas a los filtros ya existentes no siempre es posible debido a la limitada altura disponible en los tanques de los filtros.

Innovaciones reclamadas

La patente reivindica 21 innovaciones que se resumen en la invención descrita. Se centran en el aparato sedimentador el cual comprende varias configuraciones donde además de variar la posición de las mamparas, se emplean varios tipos de canaletas tubulares que sirven para controlar la turbulencia y disipar la velocidad ascendente en el sedimentador, antes de que el agua residual tratada ingrese a la canaleta colectora de efluente para su descarga del reactor. Además de reivindicar el uso del sedimentador de esta invención en reactores biológicos anaerobios de flujo ascendente como los UASB y de lecho fluidizado, una de las configuraciones preferidas emplea este sedimentador en un filtro de medio granular; la función del sedimentador es retener el material filtrante dentro del reactor durante las operaciones de retrolavado del filtro.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

Sedimentadores localizados en la parte alta del reactor para controlarla turbulencia y reducir la velocidad de flujo del agua residual tratada, creando una zona de calma que favorezca la sedimentación y retención de la biomasa dentro del reactor.

>> o <<

US6048459 de MOCKBA. Method and apparatus for fluidization of particulate bed materials (método y aparato para la fluidización de lechos de materiales particulados)
(Abril 11, 2000) Inventor: Khudenko

Las Figs. 1 y 2 ilustran la invención, donde se muestra un reactor de lecho fluidizado con recirculación de flujo dentro del reactor usando un método que emplea el principio del "gaslift" y tubos de bajada o "downcomers". El reactor comprende un tanque (1) con el fondo dividido en compartimientos (2) mediante mamparas (3), lecho fluidizado constituido por partículas fluidizables, "gaslifts" (4) conectados a la caja (5) en la parte alta del tanque (1) y que tiene un nivel de agua más elevado que el nivel de agua del tanque (1). Tubos de bajada (6) que se originan en el fondo de la caja (5) y se extienden hasta el extremo más bajo del lecho (7), a cierta distancia de los compartimientos (2). Las líneas de gas (10) están conectadas a los gaslifts y tienen válvulas (11) de control o para cortar el paso del gas. Opcionalmente se pueden emplear conos piramidales (9) para el mezclado.

El influente se alimenta al reactor (1) por debajo del lecho (7) el cual se fluidiza por la acción del flujo de entrada y del flujo de recirculación que también se alimenta, mediante los tubos de bajada (6). El agua que descargan los tubos de bajada incide en los compartimientos (2) y fluye rápidamente a las mamparas (3) en donde se desvía a una dirección ascendente. Por la acción del flujo ascendente, el lecho fluidizado se expande hasta la altura máxima de diseño; por arriba de este nivel máximo de expansión del lecho, empieza una capa (8) de agua clarificada que se extiende hasta el nivel del agua en el tanque (1). Una porción del agua clarificada es llevada hacia arriba a través de los "gaslifts" (4) y se alimenta así a la caja (5) y posteriormente se transfiere al fondo del lecho fluidizado para producir la

expansión requerida del lecho. Una porción del agua clarificada igual al flujo de entrada se descarga del reactor.

Opcionalmente, las pirámides o conos para mezclado (9) se pueden incluir para mezclar el contenido del lecho fluidizado así como para controlar los flujos de fases líquida y sólida dentro del lecho fluidizado.

Antecedentes de la invención

Los sistemas de lecho fluidizado entonces conocidos, donde se habían identificado desventajas particularmente en el mecanismo empleado para fluidizar el lecho entre sus límites máximo y mínimo de expansión. En los sistemas conocidos la expansión máxima permitida que puede alcanzar es función de la medida del área de sección transversal horizontal del reactor para el gasto máximo y la velocidad de flujo ascendente correspondiente a la tasa de expansión máxima especificada. La tasa de expansión mínima se mantiene usualmente mediante la recirculación de una porción del efluente hacia la tubería del influente. Esto requiere de tuberías externas adicionales y bombas. Las mayores desventajas de recircular el efluente son: (i) Cuando llega a ocurrir una expansión excesiva del lecho, las partículas abandonan el reactor y sufren abrasión y reducción de tamaño en las tuberías externas y las bombas. Eventualmente estas partículas se pierden del lecho; (ii) Esta desventaja se puede superar parcialmente empleando un separador sólido-líquido después de la etapa de fluidización. Sin embargo, esto requiere dispositivos de separación grandes y caros; (iii) En los reactores biológicos anaerobios de lecho de lodos expandido por flujo ascendente, el flujo de recirculación y el tamaño de los clarificadores para la separación sólido-líquido se reducen mediante la fluidización intermitente (ver patente US5733454 de EHH Holding) de una parte del lecho. Esto requiere de una complejidad adicional y controles caros, lo

cual complica la operación del sistema; (iv) Debido a la falta de bombas de carga muy baja, las bombas externas para la recirculación desarrollan excesiva presión y consumen energía en exceso; (v) La distribución uniforme del influente y los flujos de recirculación bajo el lecho así como la captura uniforme del agua arriba del lecho son difíciles de alcanzar. Consecuentemente, ocurren corrientes en corto circuito en el agua tratada y pérdidas de material del lecho por los movimientos ascendentes que reducen la eficiencia del proceso de tratamiento.

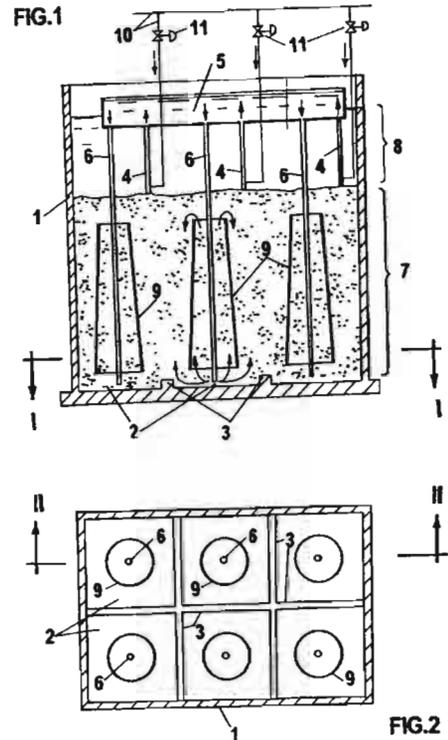
Innovaciones reclamadas

La patente reivindica 25 innovaciones que se resumen en el método de fluidización del lecho del reactor de fluidizado descrito.

Aunque el método de fluidización del lecho presentado como invención en la patente muestra como configuración preferida el empleo de aire (“airlifts”), las reivindicaciones reclamadas para la invención se refieren de manera genérica al empleo de “gaslifts” y su aplicación en reactores anaerobios está protegida por la patente.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

Métodos de fluidización del lecho mediante recirculación del efluente.



>> o <<

US6063273 de Paques. Apparatus for the biological purification of waste water (aparato para la purificación biológica de agua residual)

(Mayo 16, 2000) Inventor: Hebets *et al.*

Aparato para purificar biológicamente agua residual, constituido por tres unidades principales (reactor UASB, reactor aerobio y una zona buffer) integradas en un solo tanque relativamente alto (10 a 25 metros de alto) en el cual las unidades están montadas verticalmente, Fig. 1. Éstas se describen a continuación:

Reactor anaerobio UASB (1) que en el fondo cuenta con un compartimiento para mezclado (4), en su parte alta tiene colectores para las burbujas de biogás (8) y entre el compartimiento de mezclado y los colectores de biogás se encuentra la cámara de fermentación (6). El biogás generado se captura mediante las campanas colectoras (8) y es alimentado mediante un tubo ascendente (9) a la cámara de gas (10). El agua arrastrada con el gas se colecta en la cámara (10) y es retornada mediante un tubo de bajada (11) a la cámara de mezclado (4). En el compartimiento de mezclado (4) descarga la tubería del influente (5); este compartimiento está separado de la cámara de fermentación anaerobia (6) por una división (7) que tiene orificios que permiten la comunicación hidráulica entre el compartimiento de mezclado (4) y la cámara de fermentación (6).

Reactor aerobio (2) donde los contaminantes son convertidos esencialmente en ácido carbónico y biomasa por la acción de bacterias aerobias. Está montado arriba del reactor UASB (1) y cuenta con dispositivos (14) para el suministro de aire y/u oxígeno. El nivel de líquido en el reactor aerobio (2) está indicado por (15) y la división cerrada que separa al reactor aerobio (2) de la cámara de flotación (3) está indicada por (16). Se tiene una salida (27) para el aire y la

espuma, que se descargan mediante la válvula de expansión (29) a una tubería (30) para remover el aire y una tubería (31) para remover la espuma.

U.S. Patent

May 16, 2000

6,063,273

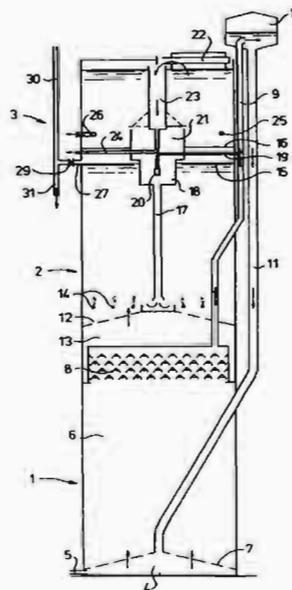


Fig. 1. Reactor UASB/aerobio integrado, que incluye como innovación principal una zona buffer (13). (Fuente: patente 6063273 de Paques).

Zona buffer (13) situada entre los reactores UASB (1) y aerobio (2), que a su vez los separa entre sí pero los conecta hidráulicamente a través de orificios (12) para permitir el paso del efluente del reactor UASB (1) al reactor aerobio (2). La zona buffer (13) es un espacio libre de turbulencia en donde el lodo anaerobio, que se ha colado entre las campanas (8), se retiene de tal forma que éste pueda regresar al reactor anaerobio (1).

Adicionalmente, el aparato cuenta con un dispositivo para la clarificación del efluente, constituido por una cámara de flotación (3) o un dispositivo semejante, montado sobre el reactor aerobio (2), para separar la biomasa aerobia del agua purificada.

El agua purificada que llega a estar en exceso como resultado del efluente alimentado desde el reactor UASB abandona el reactor aerobio mediante la tubería central (17) y llega a una cámara de mezclado (18) a la cual se alimenta agua con aire disuelto mediante la tubería (19). Al final de ésta hay una válvula de expansión (20) que provoca la aparición de burbujas de aire que le dan al agua una coloración blanca. A la cámara de mezclado (18) le sigue una cámara de contacto (21) en la cual el agua blanca se mezcla con el agua de la cámara de flotación (3), como resultado de lo cual se forman flóculos que son conducidos ascendentemente por las burbujas de aire. Una capa flotante de biomasa se forma sobre el agua en la cámara de flotación y se recoge mediante un desnatador (22) que alimenta ésta biomasa a un tanque central de lodo (23) para ser removida mediante la tubería (24); la biomasa puede ser regresada al reactor aerobio (2) o el exceso de biomasa puede ser drenada a tiempos establecidos hacia un aparato para el almacenamiento del lodo.

El efluente del tratamiento aerobio abandona la cámara de flotación (3) mediante la tubería anular (25) y la tubería de drenaje (26) y puede ser descargado en la red drenaje o en aguas superficiales libre de lodo y materia orgánica.

Antecedentes de la invención

Desventajas identificadas en aparatos de purificación combinada anaerobia/aerobia ya conocidos a través de patentes previas. En la patente US5972219 de Paques para la invención de Habets y Driessen, los lodos anaerobios y aerobios pueden mezclarse en la zona transición de un reactor a otro; la desventaja de este diseño consiste en que el flujo en el reactor aerobio sea tan turbulento que impida que el lodo anaerobio sedimente y regrese al reactor anaerobio, lo cual repercute negativamente en la eficiencia de purificación. Asimismo, mientras que los

ahorros en el tratamiento combinado anaerobio/aerobio son considerablemente apreciables para instalaciones relativamente grandes, en el caso de instalaciones pequeñas el tratamiento combinado había resultado menos atractivo a causa de que estos ahorros no compensaban la inversión adicional para incluir la purificación aerobia y porque con frecuencia el espacio requerido para la planta de tratamiento es insuficiente.

Innovaciones reclamadas

La patente US6063273 de Paques a la invención de Habets, Engelaar y Vellinga, reivindica 8 innovaciones. La principal innovación se refiere a la zona buffer (13) que evita que el lodo anaerobio termine en el reactor aerobio y que el lodo aerobio se hunda hasta el reactor UASB, a su vez que permite la comunicación hidráulica del reactor UASB con el reactor aerobio a través de orificios (12). Integra en un solo tanque el tratamiento anaerobio y el tratamiento aerobio de agua residual, aprovechando las ventajas que ofrecen ambas vías del tratamiento biológico y reduciendo sus desventajas características, particularmente en el caso del tratamiento a pequeña escala. El montar el reactor aerobio sobre el reactor anaerobio integrados en un solo tanque permite que la combinación del tratamiento anaerobio y aerobio sea rentable incluso para el tratamiento a pequeña escala.

El tratamiento integrado (anaerobio, aerobio, clarificación) al ser efectuado dentro de un tanque de construcción vertical relativamente alto (10 – 25 metros) requiere poca área de terreno. Además, varios elementos de diseño no se necesitan, los cuales serían necesarios de hecho en el caso de una construcción separada, tales como canaletas para drenaje, materiales de cubierta e instalaciones para la ventilación.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

Arquitectura del reactor. Integración de tratamientos UASB/aerobio en un mismo reactor vertical incorporando zona de amortiguamiento.

>> o <<

US 6309553 B1 de Biothane. Phase separator having multiple separation units, upflow reactor apparatus, and methods for phase separation
(separador de fases que tiene multiples unidades de separación, aparato reactor de flujo ascendente, y métodos para la separación de fases)

(Octubre 30, 2001) Inventor: Lanting *et al.*

La invención mostrada en la Fig. 1 comprende tres innovaciones principales: Separador de tres fases (10) con "múltiples unidades de separación" (indicadas como 14a, 14b, 14c, 14d); reactor (12) de flujo ascendente (de lecho fluidizado, UASB o EGSB) y el método para la separación de un líquido y un gas dentro del reactor de flujo ascendente que emplea el separador de fases (10). El separador de fases (10) está montado dentro del reactor (12). El agua residual se alimenta al reactor ascendente (35) y después de pasar por la zona de reacción (50) fluye hacia el separador de fases (10) antes de continuar ascendente hacia una zona de clarificación (32); el agua tratada se colecta por la parte alta del reactor y se descarga (30).

El separador de fases (10) consta de dos o más unidades de separación (14a, 14b, ..., 14h), Fig. 3. Las unidades de separación (14), cuyo diseño se muestra a detalle en la Fig. 4, definen "áreas de coagulación" (28) cuyo efecto es incrementar la velocidad de sedimentación de los sólidos que han ingresado a la zona de clarificación (32). Las unidades de separación incluyen una serie de placas paralelas (indicadas como 40 en la Fig. 4) que provocan patrones de flujo con corrientes al alrededor de las placas paralelas, en las cuales quedan atrapados los sólidos que eventualmente retornan a la zona de reacción (50). La zona de reacción (50) está en comunicación hidráulica,

indirectamente, con el fondo de una chimenea colectora para el gas (48) a través de áreas delimitadas para la colección del gas (58). Las burbujas de gas (representadas por las burbujas blancas indicadas como 56 en la Fig. 4) ascienden con el líquido hacia el separador de fases y al chocar contra las placas paralelas (40) y los deflectores (42) son desviadas hacia las áreas colectoras para el gas (58); el gas se acumula en las cavidades (62) localizadas en lo alto, formando una interfase gas-líquido.

U.S. Patent Oct. 30, 2001 Sheet 1 of 4 US 6,309,553 B1

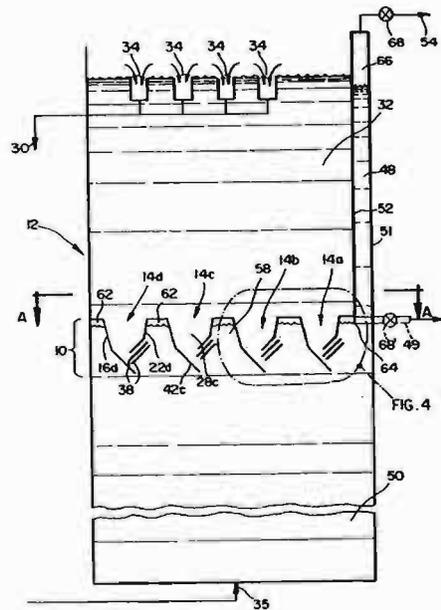


FIG. 1

Fig. 1. Separador de tres fases (10) y reactor de flujo ascendente (12). (Fuente: patente US6309553B1 de Biothane).

Esta acumulación del gas en las cavidades (62) continuará hasta que el líquido en curso que fluye ascendente dentro del separador y/o del reactor fuerce el gas transversalmente a lo largo de la porción inferior del separador, unidad por unidad, hacia la ruta de la menor resistencia para el gas, la cual es una toma directa de salida (49) o preferentemente hasta que pase debajo del borde inferior (64) de la pared (52) que forma la chimenea colectora de gas (48). El gas entonces burbujea

ascendentemente a través de la chimenea colectora de gas (48) hasta el espacio (66) en lo alto de la chimenea. El gas es removido y/o colectado desde la salida 54, preferentemente a través de un controlador o regulador de presión 68 como se muestra en la Fig. 1.

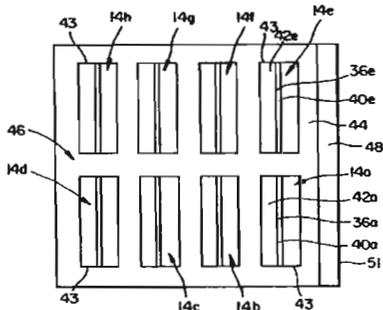


FIG. 3

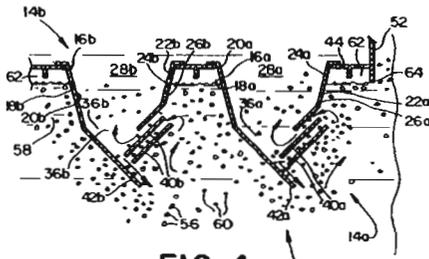


FIG. 4

Figs. 3. Múltiples unidades de separación (14a, 14b,...,14h) conformando el separador de fases. Fig. 4. Detalle de las unidades de separación (14). (Fuente: patente US6309553B1).

Antecedentes de la invención

Los dispositivos para la separación de tres fases o sedimentadores conocidos, localizados en la parte alta del reactor, suelen presentar dificultades identificadas particularmente con su empleo en reactores de lecho fluidizado o en general de flujo ascendente. Se requiere reducir la velocidad ascendente para asegurar un alto grado de separación, particularmente en efluentes con sólidos suspendidos. La turbulencia provocada por las burbujas de gas ascendentes perturban el proceso de

sedimentación en la zona de clarificación del reactor. Lanting *et al.* señalan este tipo de desventajas en las invenciones presentadas en las patentes US5855758 (Biothane, Ene 1999) y US5904850 (Paques, May 1999). En el caso de la patente US5855758 de Biothane, el separador de tres fases es muy efectivo para retener la biomasa granular pero no así cuando se requiere la clarificación de líquidos con sólidos suspendidos; además, el instalar más de uno de estos separadores de fases para retener los sólidos suspendidos es una aplicación que está limitada por el espacio requerido por los separadores. Otro antecedente también es la patente US4253956 (Centrale Suiker Maatschappij, 1981).

A pesar de la utilidad mostrada por estos y otros dispositivos separadores similares existentes, suelen presentar dificultades particularmente en los reactores de lecho fluidizado en lo referente a minimizar la velocidad del flujo ascendente para asegurar un alto grado de separación y proporcionar una clarificación óptima de los sólidos suspendidos en el efluente.

Innovaciones reclamadas

La patente reivindica 46 innovaciones resumidas en la invención descrita. Se centran en la innovación de los dispositivos para la separación de tres fases o sedimentadores, localizados en la parte alta de los reactores de lecho fluidizado o flujo ascendente en general. El separador de fases presentado está constituido por múltiples unidades de separación, a manera de unidades modulares. El fin es optimizar la remoción de los sólidos o mantenerlos dentro de la zona de reacción del reactor sin perturbar el flujo del agua clarificada. Las innovaciones presentadas buscan mejorar la eficiencia de separación en medios difíciles de separar y una reducción general del tamaño del reactor para medios fácilmente separables, reduciendo así el costo y los gastos asociados con la operación de los

reactores que manejan grandes caudales ascendentes y que emplean separadores de fases.

Los separadores de tres fases localizados en la parte alta de los reactores de lecho fluidizado/expandido, UASB o EGSB.

>> o <<

La zona de clarificación (32) de que dispone el reactor de la invención presenta ventajas, de acuerdo con Lanting *et al.*, debido al diseño del separador de fases (10) así como a la creación de la interfase gas-líquido entre las unidades de separación (14) en el separador de fases (10), localizado debajo del área de clarificación (32), lo cual previene la turbulencia causada por el ascenso del gas en la zona de clarificación (32) en calma, así como también previene la necesidad de espacio adicional en la zona de clarificación para el desplazamiento y la remoción del gas.

Al contar con el separador de fases debajo de esa zona de clarificación y bloquear por completo el área seccional transversal con excepción de la chimenea colectora de gas (48) u otra salida para el gas, la zona de clarificación (32) u otra área de colección en lo alto de las áreas de coagulación (28) tiene una turbulencia y velocidad del líquido suficientemente bajas para permitir un alto grado de sedimentación de las partículas finas remanentes, permitiendo un alto grado de retención de sólidos y una mejor clarificación.

Una característica importante derivada del uso de unidades de separación múltiples (14) es que la interfase gas-líquido se forma debajo de la zona de clarificación (32) permitiendo que ésta sea menos turbulenta, a diferencia de los diseños de separadores conocidos que separan la fase gaseosa en lo alto del reactor, lo cual resulta en mayor turbulencia presente en la zona de clarificación.

Principales elementos de innovación tecnológica identificados

ANEXO II. PATENTES Y SISTEMAS DE PROTECCIÓN A LA PROPIEDAD INTELECTUAL

Las invenciones patentadas han invadido todos los aspectos de la vida humana, desde la luz eléctrica (cuyas patentes detentaban Edison y Swan) al plástico (cuyas patentes detentaba Baekeland), pasando por los bolígrafos (cuyas patentes detentaba Biro) y los microrprocesadores (cuyas patentes detentaba Intel), por ejemplo.

Para fomentar la inversión requerida para la investigación, no sólo es justo sino también necesario que una vez conseguida una invención, su empleo se permita, al menos durante un plazo restringido, exclusivamente a la persona que la logró (el inventor) o a la empresa para la que se realizó (el empleador del inventor). La legislación, más precisamente la ley de patentes, asegura al propietario o titular, ya sea el inventor o su empleador, esta exclusividad del empleo de la invención por un tiempo limitado (normalmente un máximo de 20 años), pero sólo en el país o territorio en que rige la ley respectiva. Ese derecho consta en un documento que expide un organismo oficial y que, de ordinario, se denomina “patente” o “modelo de utilidad”. En dicho certificado o patente se certifica sin garantizarlo que se ha realizado una determinada invención y que es propiedad de una persona concreta (el “titular” de la patente). A cambio de la concesión de la patente, el titular pone al alcance del público la información tecnológica correspondiente a su invención. Esos se efectúan por la oficina de propiedad industrial que publica un documento de patente.

La creatividad en la forma de ideas e innovaciones es considerada como una propiedad, la propiedad intelectual, y conviene otorgarle protección legal. La protección a la propiedad industrial data del Siglo XIV, en Inglaterra, en donde los gobernantes ingleses otorgaban un privilegio real buscando atraer artesanos de las actuales naciones de Bélgica, Holanda, Francia e Italia para que desarrollaran sus habilidades en Inglaterra y las enseñaran a sus ciudadanos. Sin embargo, fue en Venecia donde se emitió la primera regulación estatutaria, El Estatuto Veneciano de los Inventores en el año 1423. En los Estados Unidos, las patentes se comenzaron a otorgar en 1790. En América Latina, la mayoría de las naciones promulgaron sus Leyes sobre propiedad intelectual a fines del Siglo XIX e inicios del siglo XX. Siendo uno de los primeros países

independientes de España en el siglo XIX , México dictó una Ley de Patentes en 1832, misma que ha experimentado modificaciones hasta nuestros días (Soto, 2001).

Las patentes son concedidas por una Oficina nacional de patentes o por una Oficina regional que trabaja para varios países, como la Oficina Europea de Patentes (OEP), entre otras. De conformidad con dichos sistemas regionales, un solicitante pide protección para la invención en uno o más países y cada país decide si brinda protección a la patente dentro de sus fronteras. El Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT), administrado por la OMPI, estipula que se presente una única solicitud internacional de patente que tiene el mismo efecto que las solicitudes nacionales presentadas en los países designados. Un solicitante que desee protección puede presentar una única solicitud y pedir protección en tantos países signatarios como sea necesario, obviamente cubriendo los costos asociados para el registro en cada país.

Es importante subrayar que la protección jurídica que brinda la patente a su titular únicamente se le otorga en el país donde es solicitada y concedida la patente.

De acuerdo con estadísticas recientes, el número anual de solicitudes de patente en el mundo se aproxima a los dos millones. Dichas solicitudes dan por resultado la concesión de más de medio millón de patentes. El número de invenciones cubiertas por dichas solicitudes de patente y concesiones es mucho menor, ya que cada invención da lugar a un promedio de dos o tres solicitudes de patente en diferentes países. El número de documentos de patente publicados cada año, tanto solicitudes como patentes concedidas, sobrepasa los dos millones, en muchos idiomas.

A pesar de las ventajas y posibilidades que representan las publicaciones sobre patentes como fuente de información tecnológica, su utilización es inesperadamente reducida. En un examen de este problema realizado en 1985 en torno a la tecnología y la innovación en Austria, se llegó a la conclusión de que sólo un 4% de las empresas utilizaban documentos de patente como un instrumento para la innovación. Es muy interesante comprobar que la influencia de la información sobre patentes aumenta en función de las dimensiones de la institución o empresa de investigación o desarrollo de que se trate: a las empresas de más de 100 empleados les corresponde un porcentaje del 18.5. Las empresas que cuentan con menos de 100 empleados utilizan documentos de patente sólo en un 2% a un 3% de todos los casos en la etapa inicial de desarrollo. Este resultado guarda relación con una actividad de patente que es mucho más intensa

en las grandes empresas. Sólo un 5% de las empresas objeto del mencionado estudio tenían 500 y más empleados, pero el 55% de las solicitudes procedían de este grupo.

Es lamentable que se utilice tan poco la información sobre patentes porque es un hecho que en la Comunidad Europea se gastan miles de millones por año –la Oficina Británica de Patentes habló de alrededor de 20 mil millones de libras esterlinas –para crear cosas que ya existen y cuya documentación figura en la descripción de las especificaciones de patentes.

El “Fraunhoferinstitut für Systemtechnik und Innovationsforschung in Karlsruhe”, en Alemania, ha encontrado entre las razones posibles que explican la reducida utilización de las publicaciones sobre patentes como fuente de información, el que muchos usuarios de información sobre patentes no están informados acerca de los documentos de patente que pueden existir. Existe un concepto erróneo generalizado de que sólo están protegidas las invenciones básicas. Es también una de las razones por las que ciertas personas estiman que no tienen ninguna posibilidad de conseguir una patente para algo que han inventado.

Las personas no están conscientes de que, en la descripción, también se divulgan las pequeñas mejoras. Aun cuando todos sepan que las patentes implican derechos de propiedad industrial, no parece haber una conexión lógica entre la función de protección y la de información. Cuando no hay información sobre el estado de la técnica, el riesgo es muy grande de que se desarrolle el mismo producto por segunda vez. Esto constituye un obstáculo para el desarrollo técnico y económico, y un impedimento a la innovación. Una tarea especial de las oficinas nacionales encargadas del examen de las patentes es prestar asistencia a las pequeñas y medianas empresas y eliminar este obstáculo a la innovación.

Los principales grupos de usuarios de la información sobre patentes son (OMPI, 2001):

- Las pequeñas, medianas y grandes empresas,
- Las instituciones de investigación y desarrollo,
- Las autoridades gubernamentales,
- Los inventores individuales,

- Los profesionales en el campo de patentes, por ejemplo, los administradores de bibliotecas técnicas, los agentes de patentes, los investigadores, los productores de bancos de datos,
- Las instituciones docentes y los estudiantes de universidades.

Las principales necesidades de los usuarios en materia de información sobre patentes son (OMPI, 2001):

- Tener conocimientos sobre los eventuales derechos de propiedad industrial en el país (validez, titularidad, ...), particularmente para evitar las infracciones,
- Tener conocimientos sobre el estado de la técnica en una tecnología específica a fin de estar al tanto de los últimos adelantos de la técnica
- Evaluar el carácter novedoso y la patentabilidad de las propias invenciones con el fin de solicitar un derecho de propiedad industrial a nivel nacional o internacional
- Evaluar una tecnología específica e identificar a los posibles licitantes
- Identificar la tecnología alternativa y sus fuentes
- Localizar las fuentes de conocimientos técnicos en un campo específico de un país determinado
- Mejorar un producto o procedimiento existente
- Desarrollar nuevos productos o procedimientos
- Solucionar un problema técnico específico
- Evaluar un enfoque técnico determinado a fin de saber si éste no ha sido probado anteriormente y si vale la pena seguir aplicándolo o si va a dar lugar a una duplicación inútil del esfuerzo de investigación
- Vigilar las actividades de los competidores tanto en el país propio como en el extranjero
- Estudiar el mercado a fin de identificar cualquier desequilibrio o descubrir nuevas tendencias en una etapa inicial.

La información tecnológica contenida en los documentos de patente no es secreta; puede emplearse libremente en apoyo de actividades de investigación y desarrollo y si una invención no está protegida por una patente en el país del usuario o la patente ha expirado, la invención puede inclusive utilizarse industrialmente en dicho país.

El sistema mexicano de patentes

Las innovaciones tecnológicas y las invenciones protegidas por el sistema de propiedad industrial de un país, quedan debidamente resguardadas en los documentos de patente que cada oficina de propiedad industrial conserva. En las patentes se encuentra la información más novedosa y lo más reciente descubierto en un campo de interés, y no son documentos secretos ya que es posible consultarlas y estudiar su contenido.

El Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), fue creado por decreto presidencial publicado en el Diario Oficial de la Federación del 10 de diciembre de 1993. En agosto de 1994 se convierte en la autoridad legal para administrar el sistema de propiedad industrial en México.

El IMPI también se encarga de la divulgación de acervos documentales sobre invenciones publicadas en México o en el extranjero y brinda asesoría sobre su consulta y aprovechamiento.

En México, las patentes ofrecen protección intelectual por un período de veinte años, al término del cual pasan a ser del dominio público y cualquiera en posibilidades y a conveniencia puede explotar libremente.

No se consideran invenciones para los efectos de la Ley de la Propiedad Industrial (en vigor a partir del 1° de octubre de 1994):

- Los principios teóricos o científicos;
- Los descubrimientos que consistan en dar a conocer o revelar algo que ya existía en la naturaleza, aún cuando anteriormente fuese desconocido para el hombre;
- Los esquemas, planes, reglas y métodos para realizar actos mentales, juegos o negocios y los métodos matemáticos;
- Los programas de computación;
- Las formas de presentación de información;
- Las creaciones estéticas y las obras artísticas o literarias;

- Los métodos de tratamiento quirúrgico, terapéutico o de diagnóstico aplicables al cuerpo humano y los relativos a animales, y
- La yuxtaposición de invenciones conocidas o mezclas de productos conocidos, su variación de forma, de dimensiones o de materiales, salvo que en realidad se trate de su combinación o fusión de tal manera que no puedan funcionar separadamente o que las cualidades o funciones características de las mismas sean modificadas para obtener un resultado industrial no obvio para un técnico en la materia.

Información adicional, como por ejemplo sobre el proceso de solicitud y obtención de patentes, así como la consulta de información tecnológica se puede obtener a través de la página web en Internet del IMPI:

<http://ias.impi.gob.mx>

Asimismo, mediante el registro en su sitio web se puede consultar gratuitamente su Banco Nacional de Patentes (BANAPANET):

<http://banapanet.impi.gob.mx/impi/welcome.pl>

ANEXO III. RECOPIACIÓN EN CD DE LAS 30 PATENTES (DOCUMENTOS COMPLETOS)

**ANEXO IV. LISTA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO ANAEROBIO
A ESCALA INDUSTRIAL CONSTRUIDAS POR
BIOTHANE**

ANEXO IV. Reactores Anaerobios construidos por la compañía Biothane en el período 1976 – 2003 (fuente: www.biothane.com)

Industry	Country	Biothane Vol. (m ³)	UASB	COD Load (kg/d)	Flow (m ³ /h)	Year
Brewery	Romania	1700	•	24000	221.00	2002
Potato Processing	United States	1100	•	15864	194.00	2002
Vegetable & Fruit Processing	France	769	•	7691	16.00	2001
Sugar	Japan	60	•	611	2.50	2001
Brewery	Mexico	12500	•	97500	625.00	2001
Distillery	Puerto Rico	10800	•	108000	71.00	2001
Potato Processing	France	750	•	5198	16.00	2000
Dairy	France	1200	•	9000	126.00	2000
Recycle Paper	Germany	1000	•	10000	50.00	2000
Brewery	Honduras	2400	•	2410	227.00	2000
Yeats	Italy	1500	•	12661	98.00	2000
Brewery	United States	3000	•	22466	190.00	2000
Wine	United States	4000	•	4520	57.00	2000
Brewery	France	300	•	3600	33.00	1999
Brewery	Germany	490	•	14820	108.00	1999
Chemical	Hungary	1180	•	10700	165.00	1999
Alcohol	Korea	240	•	2360	33.00	1999
Brewery	Mexico	12000	•	86300	553.00	1999
Brewery	Mexico	12000	•	154960	217.00	1999
Brewery	Mexico	11840	•	83300	553.00	1999
Brewery	Mexico	2550	•	28000	4000.00	1999
Brewery	Mexico	800	•	11232	72.00	1999
Potato	Poland	650	•	5515	86.60	1999
Fruit Juice	South Africa	250	•	1890	26.00	1999
Brewery	United States	550	•	6816	63.00	1999
Brewery	United States	475	•	3686	32.00	1999
Recycle & Fermentation	United States	750	•	85370	541.00	1999
Chemical	Canada	50	•	300	0.40	1998
Soft Drink	Colombia	150	•	1440	10.00	1998
Soft Drink	Colombia	100	•	960	5.00	1998
Chemical	Italy	50	•	400	2.10	1998
Soft Drink	Japan	60	•	609	2.40	1998
Corn Products	Korea	240	•	1756	4.20	1998
Corn	Mexico	900	•	8500	71.00	1998
Potato	Poland	650	•	10400	87.00	1998
Brewery	Romania	250	•	3000	42.00	1998
Potato	Russia	1230	•	12300	38.00	1998
Corn Products	Spain	535	•	4032	7.20	1998
Brewery	United States	6100	•	53000	530.00	1998
Beet Sugar	United States	5200	•	85250	237.00	1998
Juice	United States	200	•	2727	14.00	1998
Recycle Paper & Fermentation	United States	7050	•	85373	541.00	1998
Alcohol	Canada	500	•	7680	42.00	1997
Tobacco	Chile	33	•	325	5.00	1997
Soft Drink	Colombia	150	•	12800	7.00	1997
Potato	Cyprus	36	•	250	2.00	1997
Pulp & Paper	Germany	900	•	9250	125.00	1997
Cardboard	Germany	463	•	9250	125.00	1997
Yeast	Italy	400	•	4500	60.00	1997
Seasonings	Japan	10	•	70	2.00	1997
Protein Processing	Japan	400	•	4275	9.40	1997
Soybean	Japan	120	•	1100	21.00	1997
Soybean Processing	Japan	50	•	490	3.00	1997
Vegetable Sauces	Japan	100	•	1075	10.00	1997
Yeast	Korea	175	•	1750	29.00	1997
Yeast	Korea	-	•	-	-	1997
Dairy	Korea	-	•	-	-	1997
Dairy	Korea	-	•	1890	-	1997
Brewery	Mexico	2600	•	9750	63.00	1997
Brewery	Mexico	3500	•	12650	81.00	1997
Brewery	Mexico	5000	•	18550	119.00	1997
Brewery	Mexico	7650	•	25500	162.00	1997
Potato	Poland	640	•	6400	50.00	1997
Wheat Starch	Spain	540	•	4030	12.00	1997
Potato	Turkey	554	•	5000	37.00	1997
Corn Starch	Brazil	1800	•	16000	190.00	1996
Chemical	China	1692	•	15252	205.00	1996
Potato	China	125	•	1166	49.00	1996
Brewery	Colombia	450	•	3110	65.00	1996

Industry	Country	Biothane Vol. (m ³)	UASB	COD Load (kg/d)	Flow (m ³ /h)	Year
Recycle Paper	Germany	1600	•	15000	300.00	1996
Potato Chips	Greece	625	•	6192	46.00	1996
Chemical	India	1650	•	13113	40.00	1996
Candy	Japan	300	•	3450	12.00	1996
Edible Oil	Japan	80	•	720	10.00	1996
Snacks	Japan	90	•	900	6.00	1996
Corn Products	Mexico	650	•	8200	114.00	1996
Brewery	Turkey	600	•	6000	125.00	1996
Brewery	United Kingdom	3000	•	21000	208.00	1996
Beverages & Soft Drinks	United States	1200	•	19091	197.00	1996
Brewery	Chile	145	•	1450	8.00	1995
Brewery	Germany	290	•	2850	65.00	1995
Pulp & Paper	Germany	750	•	6000	25.00	1995
Chemical	Italy	16	•	240	1.00	1995
Soft Drink	Japan	98	•	720	20.00	1995
Brewery	Japan	4300	•	34300	417.00	1995
Brewery	Japan	1140	•	12500	125.00	1995
Candy	Japan	25	•	290	1.00	1995
Fermentation	Japan	300	•	3600	60.00	1995
Confectionary & Candy	Japan	30	•	220	2.00	1995
Snack Food	Japan	135	•	1570	4.00	1995
Wheat Starch	Spain	95	•	925	3.00	1995
Modified Starch	Venezuela	500	•	2880	24.00	1995
Brewery	Brazil	1575	•	15730	320.00	1994
Pulp & Paper	Germany	720	•	7200	85.00	1994
Distillery	India	3300	•	41480	396.00	1994
Tannery	India	13	•	60	21.00	1994
Yeast	Italy	180	•	1524	17.00	1994
Yeast	Japan	300	•	3658	60.00	1994
Potato Processing	Japan	75	•	480	7.00	1994
Soybean Processing	Japan	180	•	1950	13.00	1994
Brewery	Korea	1175	•	1200	125.00	1994
Pulp & Paper	United Kingdom	1400	•	12700	240.00	1994
Potato	United Kingdom	250	•	5182	11.00	1994
Wheat Starch	United States	2900	•	50056	47.00	1994
Flavorings	United States	1200	•	19091	197.00	1994
Brewery	Argentina	400	•	3300	60.00	1993
Soft Drink	Brazil	1200	•	2200	90.00	1993
Brewery	Brazil	630	•	5000	70.00	1993
Yeast	Canada	500	•	7173	17.00	1993
Brewery	Germany	900	•	8200	140.00	1993
Vegetable & Potato	Israel	400	•	4000	29.00	1993
Citrus & Tomato	Israel	1100	•	10000	83.00	1993
Dairy	Italy	6	•	90	1.00	1993
Brewery	Japan	130	•	1500	15.00	1993
Brewery	Japan	4300	•	4500	233.00	1993
Snack Food	Japan	70	•	720	13.00	1993
Brewery	Mexico	3000	•	26684	159.00	1993
Brewery	Mexico	5000	•	34323	209.00	1993
Brewery	Mexico	1700	•	12766	75.00	1993
Yeast	Mexico	500	•	3700	9.00	1993
Chemical	Mexico	4800	•	37506	85.00	1993
Potato	Netherlands	640	•	6400	38.00	1993
Potato	Netherlands	1375	•	12500	100.00	1993
Sludge Liquor	South Africa	1525	•	23000	85.00	1993
Brewery	Spain	1400	•	11000	192.00	1993
Recycle Mill	Spain	1400	•	18600	250.00	1993
Wine	Spain	1000	•	8100	15.00	1993
Citric Acid	United Kingdom	2200	•	22000	45.00	1993
Recycle Mill	United States	150	•	1333	9.00	1993
Recycle Mill	United States	2050	•	25568	158.00	1993
Fruit Processing	United States	400	•	6250	40.00	1993
Vegetable Canning	Canada	400	•	3758	46.00	1992
Brewery	Brazil	1650	•	36100	470.00	1992
Brewery	Brazil	1040	•	7200	200.00	1992
Cheese Processing	Cyprus	260	•	2080	6.00	1992
Paper	Germany	2500	•	19724	267.00	1992
Paper	Germany	2900	•	29000	174.00	1992
Brewery	Korea	970	•	10250	88.00	1992
Chemical	Korea	160	•	1210	14.00	1992
Chemical	Korea	840	•	8280	23.00	1992
Potato Processing	Netherlands	2230	•	2500	90.00	1992
Alcohol	Slovakia	1140	•	12000	50.00	1992

Industry	Country	Biothane Vol. (m ³)	UASB	COD Load (kg/d)	Flow (m ³ /h)	Year
Brewery	Spain	270	•	3060	50.00	1992
Paper	Spain	1400	•	16750	150.00	1992
Fish Processing	Spain	380	•	4114	13.00	1992
Sugar	Spain	850	•	12600	234.00	1992
Chemical	United States	1200	•	9325	18.00	1992
Paper	Germany	900	•	9000	104.00	1991
Starch & Glucose	Israel	700	•	4500	17.00	1991
Citrus Juice	Israel	1300	•	1200	91.00	1991
Citric Acid	Italy	2500	•	25000	154.00	1991
Brewery	Japan	3800	•	4500	233.00	1991
Brewery	Korea	2700	•	34500	479.00	1991
Potato Processing	Netherlands	1800	•	16000	103.00	1991
Food Processing	Netherlands	250	•	2335	17.00	1991
Pharmaceutical	Puerto Rico	200	•	1500	3.00	1991
Brewery	Switzerland	600	•	6000	100.00	1991
Fermentation	United Kingdom	750	•	7800	40.00	1991
Brewery	United States	9500	•	91000	505.00	1991
Brewery	United States	9500	•	66648	805.00	1991
Brewery	United States	9500	•	64500	931.00	1991
Potato Processing	United States	2400	•	24000	350.00	1991
Cheese	Canada	400	•	3274	58.00	1990
Brewery	Korea	1750	•	17500	292.00	1990
Potato Processing	United Kingdom	490	•	499	11.00	1990
Recycle Paper	United States	700	•	7500	52.00	1990
Yogurt & Ice Cream	United States	200	•	1818	16.00	1990
Food Flavorings	Canada	400	•	4282	44.00	1989
Pulp & Paper	Canada	7000	•	107500	358.00	1989
Yeast	Israel	700	•	5100	19.00	1989
Brewery	Japan	230	•	2375	10.00	1989
Corn Starch Processing	Netherlands	1500	•	12000	230.00	1989
Sludge Liquor	Netherlands	1000	•	15000	25.00	1989
Paper	Switzerland	650	•	6600	92.00	1989
Soft Drink	United Kingdom	700	•	466	126.00	1989
Yeast	United States	4400	•	50000	205.00	1989
Potato Processing	Belgium	800	•	9300	48.00	1988
Pulp & Paper	Canada	15600	•	185000	656.00	1988
Pulp & Paper	Germany	950	•	10000	150.00	1988
Corn Starch Processing	Netherlands	850	•	6800	63.00	1988
Yeast	Saudi Arabia	950	•	10000	32.00	1988
Brewery	United States	1500	•	9400	118.00	1988
Potato Processing	United States	2000	•	11400	158.00	1988
Ethanol from Corn	United States	2400	•	20000	55.00	1988
Jams & Jellies	United States	650	•	4500	60.00	1988
Cheese Products	Germany	450	•	4500	67.00	1987
Potato Processing	Netherlands	520	•	5200	26.00	1987
Chemical	Netherlands	1350	•	14400	60.00	1987
Citric Acid	United Kingdom	4200	•	63000	300.00	1987
Chemical	Netherlands	1250	•	8300	19.00	1986
Vegetal Waste	Netherlands	280	•	2600	29.00	1986
Vegetables Canning	United States	600	•	5450	32.00	1986
Ethanol from Corn	United States	2000	•	20000	227.00	1986
Brewery	South Africa	1700	•	12000	125.00	1985
Wheat Starch	Australia	4200	•	43200	60.00	1984
Alcohol Thin Stillage	Thailand	3000	•	45000	94.00	1984
Yeast	United States	1800	•	18600	55.00	1984
Yeast	United States	5000	•	51400	104.00	1984
Beet Sugar	Netherlands	1200	•	15500	165.00	1983
Beet Sugar	Austria	3040	•	25000	200.00	1982
Barley Starch	Finland	410	•	3120	25.00	1982
Beet Sugar	Germany	2300	•	21600	100.00	1982
Alcohol	Germany	2300	•	21600	100.00	1982
Wheat Starch	Netherlands	500	•	3250	19.00	1982
Potato Chips	Netherlands	420	•	2380	18.00	1982
Potato Processing	United States	2000	•	11400	158.00	1982
Beet Sugar	Germany	1500	•	18000	100.00	1981
Beet Sugar	Netherlands	1800	•	26000	320.00	1981
Beet Sugar	Netherlands	1700	•	33000	280.00	1981
Alcohol	Netherlands	700	•	11140	87.00	1981
Candy	Netherlands	100	•	1100	9.00	1981
Dairy Products	Netherlands	6	•	100	2.00	1981
Potato Starch	Netherlands	5500	•	60000	220.00	1981
Potato Starch	Netherlands	1525	•	16000	160.00	1981
Brewery	United States	4600	•	66000	960.00	1981

Industry	Country	Biothane Vol. (m ³)	UASB	COD Load (kg/d)	Flow (m ³ /h)	Year
Potato Starch	United States	1800	•	20000	38.00	1981
Beet Sugar	Netherlands	1300	•	17500	260.00	1980
Potato Processing	Netherlands	600	•	5000	92.00	1980
Potato Processing	Netherlands	400	•	3200	37.00	1980
Potato Processing	Netherlands	230	•	220	12.00	1980
Potato Starch	Netherlands	1700	•	13540	73.00	1980
Beet Sugar	Netherlands	1425	•	28000	260.00	1979
Beet Sugar	Netherlands	800	•	18000	200.00	1978
Beet Sugar	Netherlands	30	•	600	1.00	1976
TOTAL			224			

Industry	Country	Biobed Vol. (m ³)	EGSB	COD Load (kg/d)	Flow (m ³ /h)	Year
Soft Drink	Japan	40	•	885	-	2003
Yogurt & Ice Cream	Japan	150	•	2200	-	2003
General Foods	Japan	188	•	1870	-	2003
Vitamins	Japan	77	•	360	-	2003
Chemical – Acetic Acid	Japan	96	•	2074	-	2003
Pulp & Paper	Austria	1090	•	13000	167.00	2002
Potato	Canada	900	•	14918	175.00	2002
Insulin	Germany	2337	•	32000	121.00	2002
Brewery	Romania	1700	•	24000	221.00	2002
Chemical	Singapore	1740	•	20784	230.00	2002
Beverages	Switzerland	130	•	2000	40.00	2002
DMT & PTA	Taiwan	490	•	8100	8.00	2002
Distillery	Thailand	490	•	8100	8.00	2002
Yeast	Ukraine	1240	•	28550	83.00	2002
Alcohol	United Kingdom	100	•	1300	83.00	2002
Yeast	United States	1900	•	37878	71.00	2002
PTA	Canada	1900	•	26251	219.00	2001
Condiments	Canada	400	•	9360	83.00	2001
Pulp & Paper	France	2070	•	32000	550.00	2001
Sugar & Distillery	France	2065	•	41600	173.00	2001
Winery	France	345	•	4400	25.00	2001
Yeast	Germany	170	•	3600	50.00	2001
Fruit Juice	Germany	650	•	9000	42.00	2001
Paper	Germany	3940	•	49560	1167.00	2001
Other	Germany	550	•	9000	84.00	2001
Soft Drink	Japan	50	•	1200	8.30	2001
Soft Drink	Japan	105	•	2625	15.00	2001
Brewery	Japan	1920	•	4800	416.00	2001
Brewery	Japan	400	•	9373	32.00	2001
Beverages	Japan	40	•	1800	50.00	2001
Fruit Juice	Netherlands	50	•	618	6.70	2001
Sugar	United Kingdom	1700	•	42036	310.00	2001
Recycle Paper	United States	1500	•	29816	232.00	2001
Fruit Juice	United States	600	•	13636	79.00	2001
Dairy	Australia	350	•	4456	83.00	2000
DMT & PTA	China	850	•	17942	93.00	2000
Brewery	Dominican Republic	1600	•	27986	275.00	2000
Potato Processing	Germany	780	•	11000	146.00	2000
Chemical	Germany	580	•	6700	15.00	2000
DMT & PTA	India	3800	•	25200	150.00	2000
Municipal	India	39200	•	60000	5000.00	2000
Soft Drink	Japan	79	•	1078	22.00	2000
Brewery	Japan	900	•	22000	208.00	2000
Food	Japan	10	•	1289	45.00	2000
Beverages	Japan	100	•	1650	10.00	2000
Fermentation	Switzerland	560	•	8320	9.00	2000
Brewery	Turkey	735	•	9900	158.00	2000
Yeast	Chile	1100	•	28000	183.00	1999
Brewery	Japan	1060	•	26600	292.00	1999
Lactate	Netherlands	590	•	12000	45.00	1999
Fruit Juice	Netherlands	150	•	2085	42.00	1999
Soft Drink	Poland	100	•	2675	15.00	1999
Fruit Juice	Poland	150	•	1700	8.30	1999
Brewery	Russia	1100	•	8500	127.00	1999
Brewery	Russia	1100	•	8500	127.00	1999
Brewery	Turkey	270	•	3900	63.00	1999
Recycle Paper	Turkey	1500	•	30000	208.00	1999
Corn Products	United States	1550	•	32953	442.00	1999
Brewery	Dominican Republic	330	•	6000	46.00	1998
Potato Processing	Germany	890	•	7225	88.00	1998

Industry	Country	Biobed Vol. (m ³)	EGSB	COD Load (kg/d)	Flow (m ³ /h)	Year
Recycle Paper	Germany	710	•	12000	90.00	1998
Fermentation	Israel	1329	•	27720	53.00	1998
Brewery	Japan	700	•	16700	175.00	1998
Fruit Concentrates	Netherlands	50	•	620	6.70	1998
Brewery	Romania	250	•	3000	42.00	1998
Brewery	Turkey	585	•	3250	125.00	1998
Brewery	Turkey	-	•	-	-	1998
Corn Products	Turkey	1226	•	23000	140.00	1998
Yeast	Australia	1100	•	20000	1000.00	1997
Brewery	Dominican Republic	800	•	14425	195.00	1997
Potato	Germany	750	•	11000	131.00	1997
Penicillin	India	-	•	-	-	1997
Citric Acid	Israel	900	•	1800	50.00	1997
Brewery	Japan	3140	•	34800	250.00	1997
Brewery	Japan	1048	•	25000	267.00	1997
Seasonings	Japan	310	•	2800	54.00	1997
Chemical	Korea	-	•	-	-	1997
Chemical	Korea	-	•	925	-	1997
DMT	Netherlands	550	•	7300	9.00	1997
Vegetable & Fruit	Netherlands	200	•	5025	24.00	1997
Potato	Netherlands	350	•	12000	67.00	1997
Chemical	Singapore	130	•	12500	50.00	1997
Brewery	Turkey	585	•	9250	125.00	1997
DMT & PTA	Turkey	1000	•	26000	167.00	1997
Beet Sugar	Ukraine	560	•	10800	100.00	1997
Chemical	Brazil	216	•	2160	15.00	1996
Chemical	Greece	250	•	4500	7.50	1996
Candy	Indonesia	120	•	2250	6.00	1996
Brewery	Japan	912	•	22800	250.00	1996
Brewery	Japan	250	•	5000	83.00	1996
Food	Korea	134	•	2540	42.00	1996
Beet Sugar	United Kingdom	767	•	16360	165.00	1996
Brewery	United States	105	•	3271	15.00	1996
Corn Products	United States	1840	•	26900	410.00	1996
Corn Products	United States	650	•	5490	79.00	1996
Beverages & Soft Drinks	United States	100	•	1500	12.00	1996
Brewery	Brazil	2300	•	45400	420.00	1995
Brewery	China	940	•	12500	208.00	1995
Yeast	Germany	865	•	15000	60.00	1995
Yeast	Germany	125	•	3500	1.00	1995
Food	Germany	200	•	3600	8.00	1995
Chemical	Korea	130	•	2480	17.00	1995
Chemical	Netherlands	550	•	5400	30.00	1995
Food	United States	110	•	1900	10.00	1995
Alcohol	Germany	250	•	2500	21.00	1994
Pharmaceutical	India	1600	•	31320	18.00	1994
Pharmaceutical	India	80	•	1800	4.20	1994
Brewery	Israel	170	•	3200	41.00	1994
Brewery	United States	7800	•	137000	767.00	1994
Brewery	United States	5200	•	84000	552.00	1994
Brewery	United States	5200	•	84000	552.00	1994
Starch & Ethanol	United States	1200	•	19091	197.00	1993
Starch & Ethanol	United States	1750	•	27275	272.00	1993
Brewery	Netherlands	780	•	23000	300.00	1992
Chemical	Netherlands	275	•	2750	6.00	1992
Yeast & Antibiotics	Netherlands	760	•	15000	125.00	1985
Yeast	France	250	•	7000	25.00	1984
Yeast & Antibiotics	Netherlands	760	•	15000	125.00	1984
TOTAL			118			

Industry	Country	Biothane Vol. (m ³)	Biobulk	COD Load (kg/d)	Flow (m ³ /h)	Year
Dairy	Indonesia	500	•	3000	21.00	2001
Protein Processing	Netherlands	2750	•	11200	3.0	1999
Food	Israel	2600	•	3750	10.00	1995
Food	Italy	500	•	500	1.00	1995
Onion Processing	Netherlands	300	•	800	1.25	1993
Ice Cream	France	2900	•	4300	15.00	1992
TOTAL			6			

**ANEXO IV. Reactores Anaerobios construidos por la compañía Biothane en el
período 1976 – 2003 (fuente: www.biothane.com)**

Industry	Country	Biothane Vol. (m ³)	UASB	COD Load (kg/d)	Flow (m ³ /h)	Year
Brewery	Argentina	400	•	3300	60.00	1993
Wheat Starch	Australia	4200	•	43200	60.00	1984
Beet Sugar	Austria	3040	•	25000	200.00	1982
Potato Processing	Belgium	800	•	9300	48.00	1988
Corn Starch	Brazil	1800	•	16000	190.00	1996
Brewery	Brazil	1575	•	15730	320.00	1994
Soft Drink	Brazil	1200	•	2200	90.00	1993
Brewery	Brazil	630	•	5000	70.00	1993
Brewery	Brazil	1650	•	36100	470.00	1992
Brewery	Brazil	1040	•	7200	200.00	1992
Chemical	Canada	50	•	300	0.40	1998
Alcohol	Canada	500	•	7680	42.00	1997
Yeast	Canada	500	•	7173	17.00	1993
Vegetable Canning	Canada	400	•	3758	46.00	1992
Cheese	Canada	400	•	3274	58.00	1990
Food Flavorings	Canada	400	•	4282	44.00	1989
Pulp & Paper	Canada	7000	•	107500	358.00	1989
Pulp & Paper	Canada	15600	•	185000	656.00	1988
Tobacco	Chile	33	•	325	5.00	1997
Brewery	Chile	145	•	1450	8.00	1995
Chemical	China	1692	•	15252	205.00	1996
Potato	China	125	•	1166	49.00	1996
Soft Drink	Colombia	150	•	1440	10.00	1998
Soft Drink	Colombia	100	•	960	5.00	1998
Soft Drink	Colombia	150	•	12800	7.00	1997
Brewery	Colombia	450	•	3110	65.00	1996
Potato	Cyprus	36	•	250	2.00	1997
Cheese Processing	Cyprus	260	•	2080	6.00	1992
Barley Starch	Finland	410	•	3120	25.00	1982
Vegetable & Fruit Processing	France	769	•	7691	16.00	2001
Potato Processing	France	750	•	5198	16.00	2000
Dairy	France	1200	•	9000	126.00	2000
Brewery	France	300	•	3600	33.00	1999
Recycle Paper	Germany	1000	•	10000	50.00	2000
Brewery	Germany	490	•	14820	108.00	1999
Pulp & Paper	Germany	900	•	9250	125.00	1997
Cardboard	Germany	463	•	9250	125.00	1997
Recycle Paper	Germany	1600	•	15000	300.00	1996
Brewery	Germany	290	•	2850	65.00	1995
Pulp & Paper	Germany	750	•	6000	25.00	1995
Pulp & Paper	Germany	720	•	7200	85.0	1994
Brewery	Germany	900	•	8200	140.00	1993
Paper	Germany	2500	•	19724	267.00	1992
Paper	Germany	2900	•	29000	174.00	1992
Paper	Germany	900	•	9000	104.00	1991
Pulp & Paper	Germany	950	•	10000	150.00	1988
Cheese Products	Germany	450	•	4500	67.00	1987
Beet Sugar	Germany	2300	•	21600	100.00	1982
Alcohol	Germany	2300	•	21600	100.00	1982
Beet Sugar	Germany	1500	•	18000	100.00	1981
Potato Chips	Greece	625	•	6192	46.00	1996
Brewery	Honduras	2400	•	2410	227.00	2000
Chemical	Hungary	1180	•	10700	165.00	1999
Chemical	India	1650	•	13113	40.00	1996
Distillery	India	3300	•	41480	396.00	1994
Tannery	India	13	•	60	21.00	1994
Vegetable & Potato	Israel	400	•	4000	29.00	1993
Citrus & Tomato	Israel	1100	•	10000	83.00	1993
Starch & Glucose	Israel	700	•	4500	17.00	1991
Citrus Juice	Israel	1300	•	1200	91.00	1991
Yeast	Israel	700	•	5100	19.00	1989
Yeasts	Italy	1500	•	12661	98.00	2000
Chemical	Italy	50	•	400	2.10	1998
Yeast	Italy	400	•	4500	60.00	1997
Chemical	Italy	16	•	240	1.00	1995
Yeast	Italy	180	•	1524	17.00	1994
Dairy	Italy	6	•	90	1.00	1993
Citric Acid	Italy	2500	•	25000	154.00	1991
Sugar	Japan	60	•	611	2.50	2001

Industry	Country	Biothane Vol. (m ³)	UASB	COD Load (kg/d)	Flow (m ³ /h)	Year
Soft Drink	Japan	60	•	609	2.40	1998
Seasonings	Japan	10	•	70	2.00	1997
Protein Processing	Japan	400	•	4275	9.40	1997
Soybean	Japan	120	•	1100	21.00	1997
Soybean Processing	Japan	50	•	490	3.00	1997
Vegetable Sauces	Japan	100	•	1075	10.00	1997
Candy	Japan	300	•	3450	12.00	1996
Edible Oil	Japan	80	•	720	10.00	1996
Snacks	Japan	90	•	900	6.00	1996
Soft Drink	Japan	98	•	720	20.00	1995
Brewery	Japan	4300	•	34300	417.00	1995
Brewery	Japan	1140	•	12500	125.00	1995
Candy	Japan	25	•	290	1.00	1995
Fermentation	Japan	300	•	3600	60.00	1995
Confectionary & Candy	Japan	30	•	220	2.00	1995
Snack Food	Japan	135	•	1570	4.00	1995
Yeast	Japan	300	•	3658	60.00	1994
Potato Processing	Japan	75	•	480	7.00	1994
Soybean Processing	Japan	180	•	1950	13.00	1994
Brewery	Japan	130	•	1500	15.00	1993
Brewery	Japan	4300	•	4500	233.00	1993
Snack Food	Japan	70	•	720	13.00	1993
Brewery	Japan	3800	•	4500	233.00	1991
Brewery	Japan	230	•	2375	10.00	1989
Alcohol	Korea	240	•	2360	33.00	1999
Corn Products	Korea	240	•	1756	4.20	1998
Yeast	Korea	175	•	1750	29.00	1997
Yeast	Korea	-	•	-	-	1997
Dairy	Korea	-	•	-	-	1997
Dairy	Korea	-	•	1890	-	1997
Brewery	Korea	1175	•	1200	125.00	1994
Brewery	Korea	970	•	10250	88.00	1992
Chemical	Korea	160	•	1210	14.00	1992
Chemical	Korea	840	•	8280	23.00	1992
Brewery	Korea	2700	•	34500	479.00	1991
Brewery	Korea	1750	•	17500	292.00	1990
Brewery	Mexico	12500	•	97500	625.00	2001
Brewery	Mexico	12000	•	86300	553.00	1999
Brewery	Mexico	12000	•	154960	217.00	1999
Brewery	Mexico	11840	•	83300	553.00	1999
Brewery	Mexico	2550	•	28000	4000.00	1999
Brewery	Mexico	800	•	11232	72.00	1999
Corn	Mexico	900	•	8500	71.00	1998
Brewery	Mexico	2600	•	9750	63.00	1997
Brewery	Mexico	3500	•	12650	81.00	1997
Brewery	Mexico	5000	•	18550	119.00	1997
Brewery	Mexico	7650	•	25500	162.00	1997
Corn Products	Mexico	650	•	8200	114.00	1996
Brewery	Mexico	3000	•	26684	159.00	1993
Brewery	Mexico	5000	•	34323	209.00	1993
Brewery	Mexico	1700	•	12766	75.00	1993
Yeast	Mexico	500	•	3700	9.00	1993
Chemical	Mexico	4800	•	37506	85.00	1993
Potato	Netherlands	640	•	6400	38.00	1993
Potato	Netherlands	1375	•	12500	100.00	1993
Potato Processing	Netherlands	2230	•	2500	90.00	1992
Potato Processing	Netherlands	1800	•	16000	103.00	1991
Food Processing	Netherlands	250	•	2335	17.00	1991
Corn Starch Processing	Netherlands	1500	•	12000	230.00	1989
Sludge Liquor	Netherlands	1000	•	15000	25.00	1989
Corn Starch Processing	Netherlands	850	•	6800	63.00	1988
Potato Processing	Netherlands	520	•	5200	26.00	1987
Chemical	Netherlands	1350	•	14400	60.00	1987
Chemical	Netherlands	1250	•	8300	19.00	1986
Vegetal Waste	Netherlands	280	•	2600	29.00	1986
Beet Sugar	Netherlands	1200	•	15500	165.00	1983
Wheat Starch	Netherlands	500	•	3250	19.00	1982
Potato Chips	Netherlands	420	•	2380	18.00	1982
Beet Sugar	Netherlands	1800	•	26000	320.00	1981
Beet Sugar	Netherlands	1700	•	33000	280.00	1981
Alcohol	Netherlands	700	•	11140	87.00	1981
Candy	Netherlands	100	•	1100	9.00	1981
Dairy Products	Netherlands	6	•	100	2.00	1981

Industry	Country	Biothane Vol. (m ³)	UASB	COD Load (kg/d)	Flow (m ³ /h)	Year
Potato Starch	Netherlands	5500	•	60000	220.00	1981
Potato Starch	Netherlands	1525	•	16000	160.00	1981
Beet Sugar	Netherlands	1300	•	17500	260.00	1980
Potato Processing	Netherlands	600	•	5000	92.00	1980
Potato Processing	Netherlands	400	•	3200	37.00	1980
Potato Processing	Netherlands	230	•	220	12.00	1980
Potato Starch	Netherlands	1700	•	13540	73.00	1980
Beet Sugar	Netherlands	1425	•	28000	260.00	1979
Beet Sugar	Netherlands	800	•	18000	200.00	1978
Beet Sugar	Netherlands	30	•	600	1.00	1976
Potato	Poland	650	•	5515	86.60	1999
Potato	Poland	650	•	10400	87.00	1998
Potato	Poland	640	•	6400	50.00	1997
Distillery	Puerto Rico	10800	•	108000	71.00	2001
Pharmaceutical	Puerto Rico	200	•	1500	3.00	1991
Brewery	Romania	1700	•	24000	221.00	2002
Brewery	Romania	250	•	3000	42.00	1998
Potato	Russia	1230	•	12300	38.00	1998
Yeast	Saudi Arabia	950	•	10000	32.00	1988
Alcohol	Slovakia	1140	•	12000	50.00	1992
Fruit Juice	South Africa	250	•	1890	26.00	1999
Sludge Liquor	South Africa	1525	•	23000	85.00	1993
Brewery	South Africa	1700	•	12000	125.00	1985
Corn Products	Spain	535	•	4032	7.20	1998
Wheat Starch	Spain	540	•	4030	12.00	1997
Wheat Starch	Spain	95	•	925	3.00	1995
Brewery	Spain	1400	•	11000	192.00	1993
Recycle Mill	Spain	1400	•	18600	250.00	1993
Wine	Spain	1000	•	8100	15.00	1993
Brewery	Spain	270	•	3060	50.00	1992
Paper	Spain	1400	•	16750	150.00	1992
Fish Processing	Spain	380	•	4114	13.00	1992
Sugar	Spain	850	•	12600	234.00	1992
Brewery	Switzerland	600	•	6000	100.00	1991
Paper	Switzerland	650	•	6600	92.00	1989
Alcohol Thin Stillage	Thailand	3000	•	45000	94.00	1984
Potato	Turkey	554	•	5000	37.00	1997
Brewery	Turkey	600	•	6000	125.00	1996
Brewery	United Kingdom	3000	•	21000	208.00	1996
Pulp & Paper	United Kingdom	1400	•	12700	240.00	1994
Potato	United Kingdom	250	•	5182	11.00	1994
Citric Acid	United Kingdom	2200	•	22000	45.00	1993
Fermentation	United Kingdom	750	•	7800	40.00	1991
Potato Processing	United Kingdom	490	•	499	11.00	1990
Soft Drink	United Kingdom	700	•	466	126.00	1989
Citric Acid	United Kingdom	4200	•	63000	300.00	1987
Potato Processing	United States	1100	•	15864	194.00	2002
Brewery	United States	3000	•	22466	190.00	2000
Wine	United States	4000	•	4520	57.00	2000
Brewery	United States	550	•	6816	63.00	1999
Brewery	United States	475	•	3686	32.00	1999
Recycle & Fermentation	United States	750	•	85370	541.00	1999
Brewery	United States	6100	•	53000	530.00	1998
Beet Sugar	United States	5200	•	85250	237.00	1998
Juice	United States	200	•	2727	14.00	1998
Recycle Paper & Fermentation	United States	7050	•	85373	541.00	1998
Beverages & Soft Drinks	United States	1200	•	19091	197.00	1996
Wheat Starch	United States	2900	•	50056	47.00	1994
Flavorings	United States	1200	•	19091	197.00	1994
Recycle Mill	United States	150	•	1333	9.00	1993
Recycle Mill	United States	2050	•	25568	158.00	1993
Fruit Processing	United States	400	•	6250	40.00	1993
Chemical	United States	1200	•	9325	18.00	1992
Brewery	United States	9500	•	91000	505.00	1991
Brewery	United States	9500	•	66648	805.00	1991
Brewery	United States	9500	•	64500	931.00	1991
Potato Processing	United States	2400	•	24000	350.00	1991
Recycle Paper	United States	700	•	7500	52.00	1990
Yogurt & Ice Cream	United States	200	•	1818	16.00	1990
Yeast	United States	4400	•	50000	205.00	1989
Brewery	United States	1500	•	9400	118.00	1988
Potato Processing	United States	2000	•	11400	158.00	1988
Ethanol from Corn	United States	2400	•	20000	55.00	1988

Industry	Country	Biothane Vol. (m ³)	UASB	COD Load (kg/d)	Flow (m ³ /h)	Year
Jams & Jellies	United States	650	•	4500	60.00	1988
Vegetables Canning	United States	600	•	5450	32.00	1986
Ethanol from Corn	United States	2000	•	20000	227.00	1986
Yeast	United States	1800	•	18600	55.00	1984
Yeast	United States	5000	•	51400	104.00	1984
Potato Processing	United States	2000	•	11400	158.00	1982
Brewery	United States	4600	•	66000	960.00	1981
Potato Starch	United States	1800	•	20000	38.00	1981
Modified Starch	Venezuela	500	•	2880	24.00	1995
TOTAL	37 countries		224			

Industry	Country	Biobed Vol. (m ³)	EGSB	COD Load (kg/d)	Flow (m ³ /h)	Year
Dairy	Australia	350	•	4456	83.00	2000
Yeast	Australia	1100		20000	1000.00	1997
Pulp & Paper	Austria	1090	•	13000	167.00	2002
Chemical	Brazil	216	•	2160	15.00	1996
Brewery	Brazil	2300	•	45400	420.00	1995
Potato	Canada	900	•	14918	175.00	2002
PTA	Canada	1900	•	26251	219.00	2001
Condiments	Canada	400	•	9360	83.00	2001
Yeast	Chile	1100	•	28000	183.00	1999
DMT & PTA	China	850	•	17942	93.00	2000
Brewery	China	940	•	12500	208.00	1995
Brewery	Dominican Republic	1600	•	27986	275.00	2000
Brewery	Dominican Republic	330	•	6000	46.00	1998
Brewery	Dominican Republic	800	•	14425	195.00	1997
Pulp & Paper	France	2070	•	32000	550.00	2001
Sugar & Distillery	France	2065	•	41600	173.00	2001
Winery	France	345	•	4400	25.00	2001
Yeast	France	250	•	7000	25.00	1984
Insulin	Germany	2337	•	32000	121.00	2002
Yeast	Germany	170	•	3600	50.00	2001
Fruit Juice	Germany	650	•	9000	42.00	2001
Paper	Germany	3940	•	49560	1167.00	2001
Other	Germany	550	•	9000	84.00	2001
Potato Processing	Germany	780	•	11000	146.00	2000
Chemical	Germany	580	•	6700	15.00	2000
Potato Processing	Germany	890	•	7225	88.00	1998
Recycle Paper	Germany	710	•	12000	90.00	1998
Potato	Germany	750	•	11000	131.00	1997
Yeast	Germany	865	•	15000	60.00	1995
Yeast	Germany	125	•	3500	1.00	1995
Food	Germany	200	•	3600	8.00	1995
Alcohol	Germany	250	•	2500	21.00	1994
Chemical	Greece	250	•	4500	7.50	1996
DMT & PTA	India	3800	•	25200	150.00	2000
Municipal	India	39200	•	60000	5000.00	2000
Penicillin	India	-	•	-	-	1997
Pharmaceutical	India	1600	•	31320	18.00	1994
Pharmaceutical	India	80	•	1800	4.20	1994
Candy	Indonesia	120	•	2250	6.00	1996
Fermentation	Israel	1329	•	27720	53.00	1998
Citric Acid	Israel	900	•	1800	50.00	1997
Brewery	Israel	170	•	3200	41.00	1994
Soft Drink	Japan	40	•	885	-	2003
Yogurt & Ice Cream	Japan	150	•	2200	-	2003
General Foods	Japan	188	•	1870	-	2003
Vitamins	Japan	77	•	360	-	2003
Chemical - Acetic Acid	Japan	96	•	2074	-	2003
Soft Drink	Japan	50	•	1200	8.30	2001
Soft Drink	Japan	105	•	2625	15.00	2001
Brewery	Japan	1920	•	4800	416.00	2001
Brewery	Japan	400	•	9373	32.00	2001
Beverages	Japan	40	•	1800	50.00	2001
Soft Drink	Japan	79	•	1078	22.00	2000
Brewery	Japan	900	•	22000	208.00	2000
Food	Japan	10	•	1289	45.00	2000
Beverages	Japan	100	•	1650	10.00	2000
Brewery	Japan	1060	•	26600	292.00	1999
Brewery	Japan	700	•	16700	175.00	1998
Brewery	Japan	3140	•	34800	250.00	1997
Brewery	Japan	1048	•	25000	267.00	1997

Industry	Country	Biobed Vol. (m ³)	EGSB	COD Load (kg/d)	Flow (m ³ /h)	Year
Seasonings	Japan	310	•	2800	54.00	1997
Brewery	Japan	912	•	22800	250.00	1996
Brewery	Japan	250	•	5000	83.00	1996
Chemical	Korea	-	•	-	-	1997
Chemical	Korea	-	•	925	-	1997
Food	Korea	134	•	2540	42.00	1996
Chemical	Korea	130	•	2480	17.00	1995
Fruit Juice	Netherlands	50	•	618	6.70	2001
Lactate	Netherlands	590	•	12000	45.00	1999
Fruit Juice	Netherlands	150	•	2085	42.00	1999
Fruit Concentrates	Netherlands	50	•	620	6.70	1998
DMT	Netherlands	550	•	7300	9.00	1997
Vegetable & Fruit	Netherlands	200	•	5025	24.00	1997
Potato	Netherlands	350	•	12000	67.00	1997
Chemical	Netherlands	550	•	5400	30.00	1995
Brewery	Netherlands	780	•	23000	300.00	1992
Chemical	Netherlands	275	•	2750	6.00	1992
Yeast & Antibiotics	Netherlands	760	•	15000	125.00	1985
Yeast & Antibiotics	Netherlands	760	•	15000	125.00	1984
Soft Drink	Poland	100	•	2675	15.00	1999
Fruit Juice	Poland	150	•	1700	8.30	1999
Brewery	Romania	1700	•	24000	221.00	2002
Brewery	Romania	250	•	3000	42.00	1998
Brewery	Russia	1100	•	8500	127.00	1999
Brewery	Russia	1100	•	8500	127.00	1999
Chemical	Singapore	1740	•	20784	230.00	2002
Chemical	Singapore	130	•	12500	50.00	1997
Beverages	Switzerland	130	•	2000	40.00	2002
Fermentation	Switzerland	560	•	8320	9.00	2000
DMT & PTA	Taiwan	490	•	8100	8.00	2002
Distillery	Thailand	490	•	8100	8.00	2002
Brewery	Turkey	735	•	9900	158.00	2000
Brewery	Turkey	270	•	3900	63.00	1999
Recycle Paper	Turkey	1500	•	30000	208.00	1999
Brewery	Turkey	585	•	3250	125.00	1998
Brewery	Turkey	-	•	-	-	1998
Corn Products	Turkey	1226	•	23000	140.00	1998
Brewery	Turkey	585	•	9250	125.00	1997
DMT & PTA	Turkey	1000	•	26000	167.00	1997
Yeast	Ukraine	1240	•	28550	83.00	2002
Beet Sugar	Ukraine	560	•	10800	100.00	1997
Alcohol	United Kingdom	100	•	1300	83.00	2002
Sugar	United Kingdom	1700	•	42036	310.00	2001
Beet Sugar	United Kingdom	767	•	16360	165.00	1996
Yeast	United States	1900	•	37878	71.00	2002
Recycle Paper	United States	1500	•	29816	232.00	2001
Fruit Juice	United States	600	•	13636	79.00	2001
Corn Products	United States	1550	•	32953	442.00	1999
Brewery	United States	105	•	3271	15.00	1996
Corn Products	United States	1840	•	26900	410.00	1996
Corn Products	United States	650	•	5490	79.00	1996
Beverages & Soft Drinks	United States	100	•	1500	12.00	1996
Food	United States	110	•	1900	10.00	1995
Brewery	United States	7800	•	137000	767.00	1994
Brewery	United States	5200	•	84000	552.00	1994
Brewery	United States	5200	•	84000	552.00	1994
Starch & Ethanol	United States	1200	•	19091	197.00	1993
Starch & Ethanol	United States	1750	•	27275	272.00	1993
TOTAL	26 countries		118			
Industry	Country	Biobed Vol. (m ³)	Biobulk	COD Load (kg/d)	Flow (m ³ /h)	Year
Ice Cream	France	2900	•	4300	15.00	1992
Dairy	Indonesia	500	•	3000	21.00	2001
Food	Israel	2600	•	3750	10.00	1995
Food	Italy	500	•	500	1.00	1995
Protein Processing	Netherlands	2750	•	11200	3.0	1999
Onion Processing	Netherlands	300	•	800	1.25	1993
TOTAL	5 countries		6			

**ANEXO V. LISTA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO ANAEROBIO
A ESCALA INDUSTRIAL CONSTRUIDAS POR PAQUES**



REFERENCE SYSTEMS WORLDWIDE

Internal Circulation & Upflow Anaerobic Sludge Bed

(total 479 per 03-2004)

Industry	City	Country	Wastewater from:	BIOPAQ® reactor net vol. (m³)	Type	COD load (avg. kg/d)	Year
CSM Vierverlaten	Hoogkerk	The Netherlands	Beet sugar	990	IC	27000	2004
Öttinger Brauerei	Oettingen	Germany	Brewery	350	IC	8750	2004
Emin Leydier	Nogent sùr Seine	France	Fluting, testliner	1680	IC	36000	2004
Jiangxi Chenming Paper	Nanchang	China	TMP, DIP	1680 x 2	IC	55300	2003
Coca Cola / SIAN	Bierne	France	Soft drinks	465	IC	9000	2003
Dalian Quanshengye Starch	Dalian	China	Corn starch	785	IC	19000	2003
Songjiang Starch	Shanghai	China	Starch	465	IC	7500	2003
Ambev	Lima	Peru	Brewery & Soft drinks	420	IC	8700	2003
Guinness Nigeria	Benin	Nigeria	Brewery	655	IC	15000	2003
Artivinco	Santa Rosa de Viterbo	Brazil	Papermill - cellulose	1510 x 2	IC	60000	2003
Mercocitrico	Santa Rosa de Viterbo	Brazil	Citric acid	990	IC	23240	2003
Samsung Petrochemical	Seosan	Korea	Petrochemical industry	2250	IC	29000	2003
Kooksoondang		Korea	Rice wine	70	IC	900	2003
Kappa Sturovo	Sturovo	Slovakia	Pulpmill	2440	IC	50000	2003
Shandong Chenming Paper	Shouguang	China	APMP	1680	IC	33000	2003
Font Salem	Valencia	Spain	Beverage concentrate	250	IC	6250	2003
UPM Kymmene Schwedt	Vierraden	Germany	Papermill	740 x 2	IC	16000	2003
Beijing Yanjijing Brewery	Beijing	China	Brewery	1395 x 3	IC	72000	2003
Linqing Yinhe Paper	Linqing	China	Pulp & Paper	1680 x 3	IC	150000	2003
Harbin Changchun Brewery	Changchun	China	Brewery	400	IC	8000	2003
UIPSA	El pobla de Claramu	Spain	Papermill	1680	IC	30400	2003
Viochartiki	Athens	Greece	Papermill	85 x 2	IC	2600	2003
Smurfit Socar	Bigny	France	Testliner, corrugated medium	385	IC	8500	2003
Asahi	Nishinomiya	Japan	Brewery	990	IC	25800	2003
Singsong	Seoul	South Korea	Starch	785	IC	15850	2003
Guinness Nigeria	Lagos	Nigeria	Brewery	655	IC	14500	2003
Heineken Espana	Arano	Spain	Brewery	195	IC	4530	2003
Bosman Browary	Szczecin	Poland	Brewery	465	IC + C	9000	2003
Harbin Beer	Shenyang	China	Brewery	195	IC	4500	2003
Europac	Alcolea del Cinca	Spain	Cardboard	505	IC	9000	2003
Europac	Dueñas	Spain	Cardboard	825	IC	13670	2003
Leipa Schwedt II	Schwedt	Germany	Fluting, testliner, FB, DG	1395	IC	19700	2003
Europa Carton IV	Hoya	Germany	Fluting, testliner	605	IC	12100	2003
Yue Loong Paper Mill	Shanghai	China	Fluting, testliner	2250	IC	52500	2003
Tembec	Quebec	Canada	CTMP Sulphite	2630 x 2	IC	183600	2003
Corn Products II	Balsa Nova	Brazil	Starch, glucose	385	IC	8580	2003
Rebiere Gelatinas	Amparo	Brazil	Jelly	705	IC	12600	2003
Cartonificio Valinhos	Valinhos	Brazil	Fluting, testliner	300	IC	6000	2003
Productos de Maiz	Chacabuco	Argentina	Corn processing	1200	IC	28350	2003
Smurfit Limousin Saillat II	Saillat	France	Fluting, testliner	300	IC	5500	2003
Corn Products Brasil	Conchal	Brazil	Corn starch, mod. Starch	705	IC	14430	2003
Master Foods II	Prague	Czech Republic	Confectionery	125	IC	3500	2003
Hasseröder Brauerei II	Wernigerode	Germany	Brewery	195 IC, 140 C	IC + C	5250	2003
Arancia Corn Products	Tlalnepantla	Mexico	Glucose, dextrose, starch	785	IC	16920	2003
Hulshof	Lichtenvoorde	The Netherlands	Tannery wastewater	300	IC	5400	2002
Saica 1	Zaragoza	Spain	Fluting, testliner	1680	IC	34400	2002
Tralin Paper mill	Gaotang	China	APMP	1190	IC	28000	2002



REFERENCE SYSTEMS WORLDWIDE

Internal Circulation & Upflow Anaerobic Sludge Bed

(total 479 per 03-2004)

Industry	City	Country	Wastewater from:	BIOPAQ® reactor net vol. (m³)	Type	COD load (avg. kg/d)	Year
Nanjing Interbrew	Nanjing	China	Brewery	505	IC	12500	2002
Khalista Chemical	Liezhou	China	Food Industry	250	IC	4800	2002
Kirishima	Miyakonojo	Japan	Barley, sweet potato	2x 275	IC	14700	2002
Condensan	Santomera	Spain	Citric fruit processing	605	IC	14400	2002
Tamanoi	Yamatokoriyama	Japan	Food, vinegar	70	IC	800	2002
Rio de Janeiro Refrescos	Rio de Janeiro	Brazil	Soft drinks	420	IC	9360	2002
Yixing Citric Acid	Yixing City	China	Citric acid	2250	IC	54545	2002
Otor Papeterie de Rouen	Rouen	France	Corrugated medium, testliner	1680	IC	39000	2002
Grosch	Boekelo	The Netherlands	Brewery	785	IC	20500	2002
Kompania Piwowarska	Tychy	Poland	Brewery	1395	IC	30400	2002
Muller de Bebidas II	Pirassununga	Brazil	Sugar cane molasses	135	IC	2640	2002
Cervejaria Petrópolis II	Petrópolis	Brazil	Brewery	130	IC	2100	2002
Cervejaria Petrópolis	Boituva	Brazil	Brewery	420	IC	9000	2002
Convenção	Caieiras	Brazil	Brewery & Soft drinks	420	IC	10080	2002
Nufri	Mollerussa	Spain	Concentrated fruit juice	1190	IC	36000	2002
Weig Karton	Mayen	Germany	Papermill	2x 250	IC	10000	2002
Toray Industries	Tokai	Japan	Chemical	555	IC	16795	2002
Yueyang Paper	Yueyang	China	APMP	2250	IC	65800	2002
Paulaner Brauerei	Munche	Germany	Brewery	530 IC, 175 C	IC + C	13000	2002
Songjiang Brewery	Songjiang	China	Brewery	505	IC	9600	2001
Daqing Brewery	Daqing	China	Brewery	385	IC	7400	2001
Jilin Brewery	Jilin	China	Brewery	250	IC	4800	2001
Schincariol	Caxias	Brazil	Brewery	385	IC	9100	2001
Schincariol	Paulista	Brazil	Brewery	385	IC	9100	2001
Southern Green	Makurazaki	Japan	Barley, sweet potato	555	IC	18545	2001
Schincariol	Alexania	Brazil	Brewery	385	IC	9100	2001
Getec	Sao Goncalo	Brazil	Chemical	300	IC	7500	2001
BTCL Bang Ban	Bang Ban	Thailand	Brewery	1190	IC	30000	2001
AIPM	Hadera	Israel	Paper various	1190	IC	22000	2001
Cervejaria Teresópolis	Teresópolis	Brazil	Brewery	150	IC	3600	2001
Papierfabrik Palm	Worth am Rhein	Germany	Papermill	2x 1680	IC	61800	2001
Mayr Melnhof II	Frohnleiten	Austria	Folding boxboard	1395	IC	30000	2001
KWST	Hannover	Germany	Beet molasses	125	IC	3300	2001
Danone	Moskou	Russia	Dairy products	250	IC	4300	2001
Wemsing Feinkost&Salate III	Addrup	Germany	Potato processing	2x 785	IC	32000	2001
BP-Amoco Chemical	Kuantan	Malaysia	Chemical/PTA	2x 1680	IC	43600	2000
Stora Enso Sachsen	Eilenburg	Germany	Newsprint	4x 310	IC	21750	2000
Harbin Beer	Harbin	China	Brewery	990	IC	19000	2000
SCA Packaging New Hythe	Aylesford	United Kingdom	Fluting, testliner	1395	IC	30000	2000
Zhujiang Beer	Guangzhou	China	Brewery	2 x 1395	IC	37500	2000
Papierfabrik Schulte	Düsseldorf	Germany	Core board	125	IC	2400	2000
Kirin	Toride	Japan	Brewery	1395	IC	26100	2000
Cerestar Jiliang Maize	Songyuan	China	Corn starch	605	IC	14400	2000
Elbtal Feinkost	Lommatzch	Germany	Deep freeze food	465	IC	12000	2000
Hubei Angel Yeast	Yichang	China	Yeast production	1395	IC	36000	2000
Kappa Mennecy	Mennecy	France	Fluting, testliner	275	IC	5500	2000
Snowflake I (General plant) II	Shenyang	China	Brewery	825	IC	11220	2000



REFERENCE SYSTEMS WORLDWIDE

Internal Circulation & Upflow Anaerobic Sludge Bed

(total 479 per 03-2004)

Industry	City	Country	Wastewater from:	BIOPAQ® reactor net vol. (m³)	Type	COD load (avg. kg/d)	Year
Kirin II	Tochigi	Japan	Brewery	350	IC	8113	2000
Snowflake II (West plant) II	Shenyang	China	Brewery	505	IC	6900	2000
Tillmann Zülpich II	Sinzenich	Germany	Fluting, testliner	125	IC	3125	2000
Nanping Paper Mill	Nanping	China	NBKP, DIP, TMP	2250	IC	46315	2000
Birds Eye Wall	Lowestoft WWTC	United Kingdom	Vegetable processing	2x 490	IC	29160	2000
BTCL Kamphaengphet	Kamphaengphet	Thailand	Brewery	1190	IC	28900	2000
Anheuser Busch II	Houston	U.S.A.	Brewery	1190	IC	25000	2000
Castle Brewing Kenya*	Thika	Kenya	Brewery	195	IC	5200	2000
Coors Brewery	Colorado	U.S.A.	Brewery	1395	IC	30230	2000
Cruz Campo	Sevilla	Spain	Brewery	2 x 505	IC	19200	2000
Kappa Roermond Papier III	Roermond	The Netherlands	Fluting, testliner	1190	IC	28800	2000
Karlsberg Brauerei	Homburg	Germany	Brewery & Soft drinks	2 x 300	IC	8400	2000
Estrella de Galicia	La Coruna	Spain	Brewery	785	IC	12000	2000
Lännen Tehtaat	Säkylä	Finland	Beet sugar/vegetables	1190	IC	29000	2000
Cervejaria Cintra	Rio de Janeiro	Brazil	Brewery	990	IC	24550	2000
Estrella de Levante	Murcia	Spain	Brewery	605IC, 2x312C	IC + C	14400	2000
BPB Paperboard II	Aberdeen	Scotland	Linerboard	720	IC	18000	2000
Brauerei Reisdorf II	Cologne	Germany	Brewery	30	IC	560	2000
BPB Paperboard	Purfleet	United Kingdom	Fluting, Testliner	785	IC	18000	1999
Corn Products I	Cabo	Brazil	Starch	250	IC	4800	1999
Cervejaria Petrópolis I	Petropolis	Brazil	Brewery	270 IC, 140 C	IC + C	6600	1999
Leipa Schwedt	Schwedt	Germany	Fluting/testl./FB/DG	1395	IC	24000	1999
Nippon Paper	Gotsu	Japan	Sulphite condensate	1395	IC	40000	1999
Saica III	Zaragoza	Spain	Fluting, testliner	1680	IC	36000	1999
Carbery Milk Products II	Ballineen	Ireland	Milk lactose	655	IC	15000	1999
Cargill	Tilbury	United Kingdom	Corn starch, glucose syrup	160	IC	4350	1999
Cervejaria Sao Paulo	Boituva	Brazil	Brewery	270	IC	6600	1999
Cargill	Uberlandia	Brazil	Citric acid, mod. com starch	505	IC	12285	1999
Corn Products	Balsa Nova	Brazil	Corn starch, mod. starch	250	IC	5560	1999
Ten Cate Protect	Nijverdal	The Netherlands	Textile dyeing	70	IC	2125	1999
VPK III	Oudegem	Belgium	Fluting, testliner	1395	IC	35625	1999
Schincariol Brewery	Cachoeiras de Macacu	Brazil	Brewery	655	IC	15180	1999
Kappa Graphic Board	Hoogezand	The Netherlands	Board mill	275	IC	8020	1999
Kirin	Yokohama	Japan	Brewery	785	IC	19500	1998
Papelera de la Alqueria	Alicante	Spain	Fluting, testliner	250	IC	6720	1998
Kappa Graphic Board	Sappemeer	The Netherlands	Board mill	275	IC	7000	1998
Gemos	Bzenec	Czech Republic	Cannery	160	IC	3500	1998
Kirin I	Tochigi	Japan	Brewery	2 x 350	IC	14900	1998
Carbery Milk Products I	Ballineen	Ireland	Milk lactose	655	IC	15000	1998
Emmi Milch	Dagmersellen	Switzerland	Dairy	160	IC	2800	1998
Pomdor	Sursee	Switzerland	Fruits	2 x 85	IC	4825	1998
Anchor Products	Te Rapa	New Zealand	Dairy	310	IC	6110	1998
Topvar Brewery	Topolcany	Slovakia	Brewery	250	IC	4254	1998
Nihou Misou	Usuki	Japan	Soy bean paste	85	IC	2480	1998
Wepa	Giershagen	Germany	Tissue mill	385	IC	7130	1998
Boise Cascade	Jackson	U.S.A.	Kraft mill condensate	655	IC	18140	1998
Smurfit Limousin Saillat I	Saillat	France	Fluting, testliner	785	IC	16000	1998



REFERENCE SYSTEMS WORLDWIDE

Internal Circulation & Upflow Anaerobic Sludge Bed

(total 479 per 03-2004)

Industry	City	Country	Wastewater from:	BIOPAQ® reactor net vol. (m³)	Type	COD load (avg. kg/d)	Year
Brauerei Reisdorf I	Cologne	Germany	Brewery	30	IC	380	1998
Douwe Egberts II	Joure	The Netherlands	Coffee processing	385	IC	5200	1998
Antarctica Jaguariuna III	Jaguariuna	Brazil	Brewery	1090	IC	30720	1998
Pepsi-Cola	Sapucaia do Sul	Brazil	Soft drinks	160	IC	2880	1998
Brahma	Manaus	Brazil	Brewery	70	IC	1375	1998
M-Real	Hallein	Austria	Sulphite condensate	2 x 655	IC	24500	1998
Smurfit Haupt	Diemelstadt	Germany	Fluting, board	465	IC	12000	1998
Zhongya	Wuxi	China	Citric acid	1540	IC	36750	1998
Europa Carton III	Hoya	Germany	Fluting, testliner	465	IC	12500	1998
Schincariol Brewery	Itu	Brazil	Brewery	1200	IC	33300	1998
Unkai	Gokase	Japan	Sweet potato	30	IC	800	1998
Zywiec	Zywiec	Poland	Brewery	1190	IC	36000	1997
Wernsing Feinkost&Salate II	Addrup	Germany	Potato processing	395	IC	8300	1997
Suntory	Shanghai	China	Brewery	310	IC	6600	1997
ADM	Ringaskiddy	Ireland	Citric acid	1540	IC	30000	1997
Anheuser Busch I	Houston	U.S.A.	Brewery	3 x 1190	IC	83000	1997
Snowflake II (West plant) II	Shenyang	China	Brewery	85	IC	2000	1997
Polar Modelo	Maracaibo	Venezuela	Brewery	655	IC	19400	1997
Antarctica Niger III	Ribeiro Preto	Brazil	Brewery	655	IC	16900	1997
Antarctica	Aquiraz	Brazil	Brewery	250	IC	6720	1997
Sapporo	Nagoya	Japan	Brewery	555	IC	15055	1997
Damm Brewery	Barcelona	Spain	Brewery	2 x 655	IC	26000	1997
Brahma Navegantes	Porto Alegre	Brazil	Malt factory	385 IC, 140 C	IC + C	4630	1997
Sapporo	Chiba	Japan	Brewery	195	IC	6000	1997
Bavaria Pereira	Pereira	Colombia	Brewery	220	IC	5365	1997
Bavaria Armenia	Armenia	Colombia	Brewery	220	IC	4970	1997
Heineken II	Den Bosch	The Netherlands	Brewery	160	IC	3300	1997
Brahma	Agudos	Brazil	Brewery	805	IC	19000	1996
Brahma	Estância	Brazil	Brewery	990	IC	24550	1996
Wernsing Feinkost&Salate I	Addrup	Germany	Potato processing	395	IC	8300	1996
Stute	Paderborn	Germany	Fruit juice/cannery	2 x 630	IC	20000	1996
Schincariol Brewery	Alagoinhas	Brazil	Brewery	655	IC	15200	1996
Antarctica Paraiba II	Joao Pessoa	Brazil	Brewery	655	IC	16900	1996
Unkai	Aya	Japan	Rice, barley, sweet potato	30	IC	840	1996
McCain	Montigny Lengrain	France	Potato processing	250	IC	6000	1996
NB Love*	Brisbane	Australia	Wheat starch	250	IC	4400	1996
Hacker - Pschorr GmbH*	Munich	Germany	Brewery	125 IC, 50 C	IC + C	3500	1996
Friesland Dairy Food	Leeuwarden	The Netherlands	Dairy	400	IC	6000	1996
Steensma	Leeuwarden	The Netherlands	Confectionery	70	IC	1000	1996
Hasseröder Brauerei I	Wernigerode	Germany	Brewery	2x 195	IC	10500	1996
Polar Oriente	Barcelona	Venezuela	Brewery	2x 505	IC	20700	1996
Kaiser Jacarei III	Jacarei	Brazil	Brewery	655	IC	16500	1996
Snowflake I (General plant) I	Shenyang	China	Brewery	70	IC	2000	1996
Sical	Lumbres	France	Fluting, testliner	100	IC	1600	1996
Miller	Fort Worth	U.S.A.	Brewery	1190	IC	37350	1995
Farm Frites Lommel II	Lommel	Belgium	Potato processing	385	IC	12480	1995
Fosters Brewery	Shanghai	China	Brewery	395 IC, 240 C	IC + C	9200	1995



REFERENCE SYSTEMS WORLDWIDE

Internal Circulation & Upflow Anaerobic Sludge Bed

(total 479 per 03-2004)

Industry	City	Country	Wastewater from:	BIOPAQ® reactor net vol. (m³)	Type	COD load (avg. kg/d)	Year
Van Melle	Breda	The Netherlands	Confectionery	70	IC	1750	1995
Sensus (Benuline)	Roosendaal	The Netherlands	Inuline	990	IC	37500	1995
Brasseries Kronenbourg	Obernai	France	Brewery	2x 635	IC	25000	1994
Northern Star	Minneapolis	U.S.A.	Potato processing	3 x 720	IC	75700	1994
Grosch	Enschede	The Netherlands	Brewery	385 IC, 230 C	IC + C	10500	1994
CAB Wezep II	Wezep	The Netherlands	Potato processing	125	IC	8400	1992
Heineken I	Den Bosch	The Netherlands	Brewery	6 x 160	IC	19800	1989
CAB Wezep I	Wezep	The Netherlands	Potato processing	100	IC	3500	1987
Yatala Brewery II	Brisbane	Australia	Brewery	2 x 660	UASB	16800	2004
Sensus	Roosendaal	The Netherlands	Sugar, inuline	1345	UASB	13500	2003
Cartiera di Laveno	Merati	Italy	Papermill	700	UASB	7000	2003
Mineral Quelle	Zurzach	Switzerland	Soft drinks	120	UASB	900	2003
Hungrana	Szabadageyhaza	Hungary	Starch and alcohol	1250	UASB	12000	2003
Perri Chips	Tremosna	Czech Republic	Potato processing	180	UASB	1650	2002
Otor Picardie II	Pierrepont	France	Fluting, testliner	500	UASB	4700	2002
Agrozumos	Lecumberri	Spain	Fruit Juice	460	UASB	2400	2002
Kadi II	Langenthal	Switzerland	Potato processing	135	UASB	900	2002
Cilander	Gossau	Switzerland	Textile	135	UASB	1200	2002
PVA Dying Factory	Hangzhou	China	Textile	580	UASB	4700	2001
Cisnero II (Cerv. Regional)	Valencia	Venezuela	Brewery	200	UASB	2800	2001
Firmenich	Cotia	Brazil	Food production	250	UASB	2300	2001
Interbrew Dommelsche II	Dommelen	The Netherlands	Brewery	122	UASB	1200	2001
Browar	Kielce	Poland	Brewery	2 x 250	UASB	4500	2000
Tanuma Foods	Asogun-Tanuma	Japan	Food production	280	UASB	3000	2000
Sucroctrico Cutrale	Guarujá	Brazil	Soft drinks	128	UASB	1000	2000
Prunesco	Purque	Chile	Fruit processing	110	UASB	880	1998
Smurfit Alaincourt	Alaincourt	France	Fluting, testliner	765	UASB	6250	1998
Demolli Papermill	Cirie	Italy	Fluting, testliner	500	UASB	3700	1998
TMF Extraktionswerk II	Bazenheid	Switzerland	Cattle food	62	UASB	650	1998
Fakse Brewery/Haribo	Fakse	Denmark	Brewery/Confectionery	2 x 450	UASB	7300	1998
Unipak II	Cuernavaca	Mexico	Fluting	105	UASB	925	1997
Master Foods I	Prague	Czech Republic	Confectionery	100	UASB	814	1997
Santista Alimentos (Samrig II)	Esteio	Brazil	Soy bean processing	2 x 1525	UASB	36000	1997
Ohtsu-ya	Shimonoseki	Japan	Soy bean sauce	100	UASB	784	1997
Sendai Misoshouyu	Miyagi	Japan	Soy bean processing	100	UASB	585	1997
Tekel Kilis	Kilis	Turkey	Wine	475	UASB	6000	1997
Moritan	Iwamizawa	Japan	Com, potato processing	400	UASB	4320	1997
Saica II	Zaragoza	Spain	Fluting, testliner	1000	UASB	12600	1997
Hans Kolb Papierfabrik	Kaufbeuren	Germany	Fluting, testliner	550	UASB	4100	1997
Hasegawa Koryo	Suzaka	Japan	Fruit processing	200	UASB	1540	1997
Penwest	Richland	U.S.A.	Food production	485	UASB	5640	1996
Parboriz	Mortara	Italy	Rice processing	100	UASB	590	1996
Cadilla Pharmaceuticals	Ankleshwar	India	Pharmaceutical	218	UASB	1506	1996
Steirerbrau	Leoben	Austria	Brewery	2 x 525	UASB	10800	1996
Rhone-Poulenc	Chalempé	France	Chemical industry	990	UASB	8400	1996
Burns Philp Food	Cordoba	Spain	Yeast	2 x 1400	UASB	27300	1996



REFERENCE SYSTEMS WORLDWIDE

Internal Circulation & Upflow Anaerobic Sludge Bed

(total 479 per 03-2004)

Industry	City	Country	Wastewater from:	BIOPAQ® reactor net vol. (m³)	Type	COD load (avg. kg/d)	Year
Martfü Brauerei	Martfü	Hungary	Brewery	400	UASB	3000	1996
Garware Chemicals	Aurangabad	India	DMT & film plants	1088	UASB	7548	1996
Kaiser II	Queimados	Brazil	Brewery	1325	UASB	13200	1996
APR	Kamalapuram	India	pH liquor rayon pulp	2 x 2280	UASB	40000	1996
W. Hamburger II	Pitten	Austria	Fluting, testliner	960	UASB	7000	1996
Morinaga Confectionery	Oyama	Japan	Confectionery	150	UASB	630	1996
Southern Bottlers	Mzuzu	Malawi	Soft drinks	125	UASB	1100	1996
Euler Papier AG	Greiz	Germany	Fluting, testliner	515	UASB	4000	1996
Gagangiri Milk Products	Sangamner	India	Dairy	100	UASB	450	1996
ADM Europort	Europort	The Netherlands	Food production	675	UASB	5330	1996
Interbrew Dommelsche I	Dommelen	The Netherlands	Brewery	366 UASB, 125 C UASB + C		3500	1996
Brauerei Krušovice	Krušovice	Czech Republic	Brewery	260	UASB	2400	1996
Emin Leydier III	St. Vallier	France	Fluting, testliner	1090	UASB	10850	1996
Ebro Agrícolas	La Baneza	Spain	Food production	1770	UASB	20000	1996
VPK II	Oudegem	Belgium	Fluting, testliner	1300	UASB	13640	1996
Eucatex	Salto	Brazil	Hardboard	2900	UASB	36000	1996
Lamb Weston/Meijer II*	Eemshaven	The Netherlands	Potato processing	190	UASB	2000	1995
VPK I	Oudegem	Belgium	Fluting, testliner	1200	UASB	13200	1995
Kaiser FS II	Feira de Santana	Brazil	Brewery	705	UASB	6600	1995
Chandigarh Brew. & Dist.	Chandigarh	India	Cane molasses	2880	UASB	43200	1995
Pathala Distilleries	Pathala	India	Sugar cane molasses	3000	UASB	45000	1995
Sanjivani SSK	Kopargaon	India	Sugar cane molasses	2880	UASB	43200	1995
Govindpura	Bhopal	India	CETP	356	UASB	2740	1995
VST Natural Products	Hyderabad	India	Fruit processing	70	UASB	700	1995
Bhagat	Khasa	India	Sugar cane molasses	2x 2500	UASB	75000	1995
Valsad Municipal Corp.	Valsad	India	Sewage	200	UASB	600	1995
Bharat	Yamunnagar	India	Corn starch	735	UASB	8400	1995
Rangar Distillery	Rangar	India	Sugar cane molasses	2x 2400	UASB	72000	1995
Antarctica Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	Brazil	Brewery	2325	UASB	23040	1995
Chunshin Brewery	Taichung	Taiwan	Brewery	1140	UASB	14290	1995
Souza Cruz	Uberlandia	Brazil	Cigarettes	325	UASB	2400	1995
Kaiser	Gravatai	Brazil	Brewery	470	UASB	4200	1995
Cia Cervejaria Brahma	Rio de Janeiro	Brazil	Brewery	2x 2440	UASB	64800	1995
Mahou	Alovera	Spain	Brewery	2x 275	UASB	6000	1995
Jumex	Tulpetlac	Mexico	Fruit juice + cannery	1445	UASB	19000	1995
Marumatsu Bussan	Yamagata	Japan	Food production	100	UASB	800	1995
Winery Research Institute	Taipei	Taiwan	Various	50	UASB	350	1995
Rangar Breweries	Rangar	India	Brewery	2 x 1920	UASB	57600	1995
Haryana Distillery II	Yamunanagar	India	Sugar cane molasses	2 x 2400	UASB	72000	1995
Kaiser Araraquara	Araraquara	Brazil	Brewery	1460	UASB	13200	1995
Zülpich Papier	Zülpich	Germany	Fluting, testliner	1970	UASB	26880	1994
Antarctica Mato-Grosso	Cuiaba	Brazil	Brewery	2115	UASB	21120	1994
Antarctica Jaguariuna II	Jaguariuna	Brazil	Brewery	1200	UASB	12800	1994
Duas Rodas	Jaragua do Soul	Brazil	Yeast	450	UASB	4300	1994
Jagatjit Industries	J'Nagar	India	Sugar cane molasses	5 x 2770	UASB	207500	1994
Antarctica Paraiba I	Joao Pessoa	Brazil	Brewery	960	UASB	8450	1994
Antarctica Itacolomy	Pirapora	Brazil	Brewery	1050	UASB	9200	1994



REFERENCE SYSTEMS WORLDWIDE

Internal Circulation & Upflow Anaerobic Sludge Bed

(total 479 per 03-2004)

Industry	City	Country	Wastewater from:	BIOPAQ® reactor net vol. (m³)	Type	COD load (avg. kg/d)	Year
Taiyo Chemicals	Yokkaichi	Japan	Food industry	2x 300	UASB	4400	1994
Khalista Chemical	Liuzhou	China	Glucose, sorbiton	250	UASB	2400	1994
Mondialcarta	Lucca	Italy	Fluting, testliner	450	UASB	5500	1994
Cisnero I	Valencia	Venezuela	Brewery	500	UASB	7200	1994
Radegast	Nosovice	Czech Republic	Brewery	1050	UASB	9400	1994
Satia Papermill	Muktasar	India	Straw pulpmill	2 x 2625	UASB	53600	1994
ATV Petrochemicals	Mathura	India	Petrochemical industry	1330	UASB	10870	1994
Efes Pilsen	Ankara	Turkey	Brewery	2 x 380	UASB	7500	1994
Mauri Brasil	Pedemeiras	Brazil	Yeast	2325	UASB	28800	1994
Calsa	Hurlingham	Argentina	Yeast	2380	UASB	27560	1994
Stellenbosch Farmers Win.	Wellington	South Africa	Wine	430	UASB	6000	1994
Kothari Industries	Hyd	India	Brewery	170	UASB	2100	1994
Century Textiles	Bombay	India	Textile industry	2 x 475	UASB	14400	1994
Coca Cola	Knetzgau	Germany	Soft drinks	2 x 100	UASB	1600	1994
Mälzerei Durst Malz	Nierstein	Germany	Maltfactory	100	UASB	650	1994
Kaiser-Bräu	Neuhaus	Germany	Brewery	2 x 100	UASB	1800	1994
Hangzhou Brewery	Hangzhou	China	Brewery	2 x 285 + 430	UASB	12500	1994
Biobras	Montes Claros	Brazil	Insuline production	360	UASB	3120	1994
Samrig I	Esteio	Brazil	Soy bean processing	1525	UASB	14400	1994
TMF Extraktionswerk I	Bazenheid	Switzerland	Cattle Food	62	UASB	650	1994
Alwar Distillery & Brewery	Alwar	India	Sugar cane molasses	2200	UASB	33000	1994
Shreegonda SSK	Sri Gonda	India	Sugar cane molasses	2 x 2330	UASB	70000	1994
Ditzler	Möhlín	Switzerland	Cannery	190	UASB	2000	1994
Cartiera del Tolmezzo	Tolmezzo	Italy	Sulphite condensate	750	UASB	7200	1994
Pizzoli	Budrio	Italy	Potato processing	270	UASB	4000	1994
Farm Frites II	Oudenhoorn	The Netherlands	Potato processing	870	UASB	8640	1994
Carlsberg Cyprus	Nicosia	Cyprus	Brewery	150	UASB	1500	1994
Thomas and Katyal	Sonepat	India	Sugar cane molasses	2 x 2645	UASB	79200	1994
Vishwakiran Distilleries	Mangalore	India	Sugar cane molasses	2880	UASB	43200	1994
AKZO-Nobel	Emmen	The Netherlands	Chemical industry	1400	UASB	6300	1994
Sprague Electric	Sanford	U.S.A.	Electronic components	25	UASB	140	1994
Fu Shin Brewery	Chu Nan	Taiwan	Brewery	2280	UASB	30460	1994
Tekel Tekirdag	Tekirdag	Turkey	Wine	475	UASB	5700	1994
Antarctica Cerna	Natal	Brazil	Brewery/Soft drinks	1580	UASB	16000	1994
Maize Products	Ahmedabad	India	Corn starch	2000	UASB	20000	1993
Shree Bileshwar	Diu	India	Sugar cane molasses	2075	UASB	31500	1993
Harihar Polyfibres	Harihar	India	Pulpmill	2 x 2600	UASB	51200	1993
Cerveceria Brahma	Cuiaba	Brazil	Brewery	1160	UASB	6480	1993
Cervejaria Kaiser	Mogi Mirin	Brazil	Brewery	800	UASB	7680	1993
Royal Prod. Alimenticios	La Vitoria	Venezuela	Yeast	390	UASB	3120	1993
Prince George County	Maryland	U.S.A.	Landfill leachate	2 x 230	UASB	5500	1993
Mead Johnson	Zeeland	U.S.A.	Food Industry	585	UASB	3025	1993
Trautwein	Lonsheim	Germany	Winery	50	UASB	600	1993
Cadbury Schweppes	Hobart	Australia	Chocolate	720	UASB	7200	1993
Asahimatsu Shokuhin	Ono	Japan	Soy bean processing	50	UASB	520	1993
Cervejaria Brahma	Juatuba	Brazil	Brewery	2660	UASB	22000	1993
L.D.B.L.	Bidar	India	Sugar cane molasses	3000	UASB	45000	1993



REFERENCE SYSTEMS WORLDWIDE

Internal Circulation & Upflow Anaerobic Sludge Bed

(total 479 per 03-2004)

Industry	City	Country	Wastewater from:	BIOPAQ® reactor net vol. (m³)	Type	COD load (avg. kg/d)	Year
Ranbaxy Laboratories	Ponta Sahib	India	Pharmaceutical industry	45	UASB	282	1993
Polar del Centro	San Joaquin	Venezuela	Brewery	4 x 880	UASB	26235	1993
Bitburg Brewery	Bitburg	Germany	Brewery	2x 600 + 900	UASB	24300	1993
Yatala Brewery	Brisbane	Australia	Brewery	2 x 590	UASB	10600	1993
Empaques Modemos	Guadalajara	Mexico	Fluting	710	UASB	9900	1993
Kumbhi Kasari S.S.K.	Kolhapur	India	Sugar cane molasses	2880	UASB	43200	1993
Niphad S.S.K.	Nasik	India	Sugar cane molasses	2 x 2335	UASB	70000	1993
Cuauhtemoc Monterrey	Monterrey	Mexico	Brewery	2850	UASB	41475	1993
Kuang Chuan Dairy	Ta Yuan	Taiwan	Dairy	250	UASB	1200	1993
Cheng Loong	Ta Yuan	Taiwan	Fluting, testliner	2 x 1425	UASB	43200	1993
Streekgewest Haps*	Haps	The Netherlands	Landfill leachate	190	UASB	2280	1993
Chandigarh Distillery	Chandigarh	India	Sugar cane molasses	1925	UASB	28875	1993
Ganesh S.S.K.	Ganeshnagar	India	Sugar cane molasses	2880	UASB	43200	1993
Chun Chi	Taipei	Taiwan	Confectionery	47	UASB	225	1993
Erdingen Weißbräu	Erding	Germany	Brewery	1200	UASB	8800	1993
Unicer	Oporto	Portugal	Brewery	1510	UASB	17500	1993
Warana S.S.K.	Warnanagar	India	Pulpmill	1575	UASB	17700	1992
Warana S.S.K.	Warnanagar	India	Sugar cane molasses	3000	UASB	45000	1992
Tekel Pasabahce	Tekel	Turkey	Wine	150	UASB	1680	1992
Nantou Winery	Nantou	Taiwan	Chinese wine	750	UASB	8000	1992
Emin Leydier	La Ferrandinière	France	Fluting	500	UASB	4500	1992
King Car Food	Chun Li	Taiwan	Food production	450	UASB	6000	1992
Diwisa	Willisau	Switzerland	Fruits	190	UASB	2500	1992
Kaiser FS I	Feira de Santana	Brazil	Brewery	720	UASB	6360	1992
D.A.R.S.A	Santa Lucia	Guatemala	Sugar cane molasses, starch	2 x 1440	UASB	50400	1992
Farm Frites Lommel I	Lommel	Belgium	Potato processing	800	UASB	10000	1992
Cerveceria Cuauhtemoc	Guadalajara	Mexico	Brewery	2 x 925	UASB	23600	1992
Cerveceria Cuauhtemoc	Tecate	Mexico	Brewery	2 x 700	UASB	15900	1992
Palm	Londerzeel	Belgium	Brewery	2 x 190	UASB	4000	1992
Socar*	Tours Sur Marne	France	Fluting	24	UASB	400	1992
Nedalco	Delfzijl	The Netherlands	Beet molasses	145	UASB	2100	1992
Saugbrugsforeningen	Halden	Norway	TMP	1750	UASB	28000	1992
Emin Leydier II	St. Vallier	France	Fluting, testliner	1900	UASB	33600	1992
Bassa Friulana	Torviscosa	Italy	Sulphite condensate	2000 + 1000	UASB	37440	1992
Continental Paper (C.V.)	Varazze	Italy	Fluting, testliner	300	UASB	2040	1992
Chung Liao	Chung Liao	Taiwan	Landfill leachate	2 x 100	UASB	1800	1992
Taipei Fisheries	Taipei	Taiwan	Fish processing	100	UASB	900	1992
Tonen Chemical	Kawasaki	Japan	Maleic Acid prod.	100	UASB	1780	1992
Borculo Whey Products	Borculo	The Netherlands	Whey products	2 x 590	UASB	10000	1992
Bavaria II	Lieshout	The Netherlands	Brewery	2280	UASB	25000	1992
Pattancheru	Hyderabad	India	Combined effluents	2 x 1500	UASB	30000	1992
Bombay Dyeing	Patalganga	India	DMT products	1500	UASB	12000	1992
Sanjivani	Kopargaon	India	Sugar cane molasses	3 x 2260	UASB	71250	1992
Udaipur	Udaipur	India	Sugar cane molasses	1500	UASB	15000	1992
Tekel Canakkale	Canakkale	Turkey	Wine	190	UASB	2365	1992
Tanaka Seian	Chitose	Japan	Red bean processing	200	UASB	2320	1992
Kappa Roermond Papier II	Roermond	The Netherlands	Fluting, testliner	720	UASB	28000	1992



REFERENCE SYSTEMS WORLDWIDE

Internal Circulation & Upflow Anaerobic Sludge Bed

(total 479 per 03-2004)

Industry	City	Country	Wastewater from:	BIOPAQ® reactor net vol. (m³)	Type	COD load (avg. kg/d)	Year
Jugos del Valle	Tepotzotlan	Mexico	Fruit juice	380	UASB	4240	1992
Unipak I	Cuemavaca	Mexico	Fluting	190	UASB	1850	1992
PT Multi Bintang	Tangerang	Indonesia	Brewery	380	UASB	3500	1992
San Yuan	San Yuan	Taiwan	Landfill leachate	380	UASB	3600	1992
Europa Carton II	Hoya	Germany	Fluting, testliner	1200	UASB	24500	1992
Saica I	Zaragoza	Spain	Fluting, testliner	1900	UASB	31000	1992
El Aguila	Valencia	Spain	Brewery	2 x 750	UASB	20000	1992
Semae	Piracicaba	Brazil	Sewage	50	UASB	100	1992
Ron Santa Teresa*	El Concejo	Venezuela	Cane molasses	2 x 2510	UASB	81632	1992
Industrias Pampero*	San Felipe	Venezuela	Cane molasses	2 x 2300	UASB	85200	1992
Cia Souza Cruz*	Rio de Janeiro	Brazil	Cigarettes	100	UASB	600	1992
Cascades La Rochette**	La Rochette	France	Bleached TMP (RMP)	2 x 400	UASB	6300	1991
Brasserie Heineken	Mons en Baroeul	France	Brewery	2 x 570	UASB	12000	1991
Asahimatsu	Iida City	Japan	Soy bean processing	100	UASB	1540	1991
Drvenjaca	Fuzine	Yugoslavia	Bleached TMP	600	UASB	7570	1991
Industriewater II	Eerbeek	The Netherlands	FB, fluting, env.	2 x 1250	UASB	24960	1991
Kimberley Clark	Orizaba	Mexico	Bagasse drain, wash	1320	UASB	20150	1991
San Miguel	Manila	Philippines	Brewery	3 x 760	UASB	23940	1991
Delkeskamp	Nortrup	Germany	Fluting	300 + 200	UASB	5760	1991
Kadi I	Langenthal	Switzerland	Potato processing	190	UASB	2000	1991
Skol	Guanulhos	Brazil	Brewery	1900	UASB	13200	1991
Kaiser Jacarei II	Jacarei	Brazil	Brewery	945	UASB	9900	1991
Antarctica Niger II	Ribeiro Preto	Brazil	Brewery	720	UASB	7680	1991
Antarctica Jaguaruna I	Jaguaruna	Brazil	Brewery	2 x 1200	UASB	21120	1991
Meyer Frozen Foods	Kruiningen	The Netherlands	Potato processing	700	UASB	8500	1990
Triton	Nieuweschans	The Netherlands	Fluting, testliner	285	UASB	2400	1990
Otor Picardie I	Pierrepont	France	Fluting, testliner	300	UASB	5750	1990
Kragge II	Bergen Op Zoom	The Netherlands	Landfill leachate	285	UASB	3220	1990
Tempo Beer	Netanya	Israel	Brewery	750	UASB	7200	1990
ICI	Newcastle	Australia	Pharmaceutical industry	285	UASB	3500	1990
Mars Confectionery	Ballarat	Australia	Confectionery	285	UASB	2400	1990
Kirin Co.	Suwon	Korea	Bakery	200	UASB	1350	1990
W. Hamburger I	Pitten	Austria	Fluting, testliner	960	UASB	14000	1990
Yuan Chu Food Products	Tao Yan	Taiwan	Food production	12.5	UASB	100	1990
President Yang Mei	Yang Mei	Taiwan	Food production	400	UASB	4800	1990
Da Liao*	Da Liao	Taiwan	Landfill leachate	1140	UASB	9000	1990
Taiwan Fructose	Tao Yan	Taiwan	Fructose production	236	UASB	2400	1990
Tao Yuan*	Tao Yuan	Taiwan	Landfill leachate	570	UASB	4500	1990
Lindavia	Lindau	Germany	Fruit juice	590	UASB	6800	1990
SCA	Aschaffenburg	Germany	Papermill	1940	UASB	28500	1990
Zweifel Pomy Chips	Spreitenbach	Switzerland	Potato processing	95	UASB	1200	1990
Celcarta	Niedergösgen	Switzerland	Papermill	710 + 284	UASB	9600	1990
San Pellegrino	Ruspino	Italy	Soft drinks	300	UASB	2620	1990
Nordcarta*	Rosa	Italy	Fluting	200	UASB	2040	1990
Mahou	Madrid	Spain	Brewery	2 x 1350	UASB	36800	1990
Skol Brewery*	Rio de Janeiro	Brazil	Brewery	1250	UASB	9900	1990
Skol	Brasilia	Brazil	Brewery	1250	UASB	9900	1990



REFERENCE SYSTEMS WORLDWIDE

Internal Circulation & Upflow Anaerobic Sludge Bed

(total 479 per 03-2004)

Industry	City	Country	Wastewater from:	BIOPAQ® reactor net vol. (m³)	Type	COD load (avg. kg/d)	Year
Cervejarias Kaiser I	Nova Iguacu	Brazil	Brewery	2500	UASB	17280	1990
Fleischmann Royal	Escada	Brazil	Yeast	1250	UASB	11520	1990
C.C.P.L.	Rio de Janeiro	Brazil	Dairy	300	UASB	2117	1990
Muller de Bebidas I	Pirassununga	Brazil	Sugar cane molasses	300	UASB	3000	1990
Lamb Weston I*	Eemshaven	The Netherlands	Potato processing	475	UASB	8000	1989
Golden Circle	Brisbane	Australia	Cannery	2 x 975	UASB	30600	1989
Kirin Food	Taegu	Korea	Bakery	253	UASB	2500	1989
Sir Shadial	Mansurpur	India	Sugar cane molasses	2400	UASB	23850	1989
Pampasar Distillery	Hospet	India	Cane molasses	2 x 1875	UASB	37500	1989
Associated distilleries	Hissar	India	Sugar cane molasses	2 x 1875	UASB	37500	1989
StoraEnso	Kotka	Finland	Bleach. TMP/CTMP	1500	UASB	18000	1989
Europa Carton I	Hoya	Germany	Fluting, testliner	1000	UASB	11670	1989
Sucocitrico Cutrale	Araraquara	Brazil	Soft drinks	2 x 2000	UASB	48000	1989
Cutrale	Guaruja	Brazil	Orange juice	10	UASB	37	1989
Farm Frites I	Oudenhooft	The Netherlands	Potato processing	780	UASB	8100	1988
Kuibo*	Raamsdonksveer	The Netherlands	Potato processing	395	UASB	4800	1988
Cerveceria Polar	Caracas	Venezuela	Brewery	1200 + 950	UASB	17690	1988
APPM	Nowra	Australia	Print. & writing paper	100	UASB	660	1988
Bazpur Sugar Factory	Bazpur	India	Sugar cane molasses	3 x 3000	UASB	90000	1988
Haryana Distillery I	Yamunanagar	India	Sugar cane molasses	2 x 1875	UASB	37500	1988
Quesnel River Pulp	Quesnel	Canada	CTMP/TMP	2 x 3370	UASB	60000	1988
Anaheim Citrus Products	Los Angeles	U.S.A.	Lemon & Orange peel	1900	UASB	28750	1988
Lake Utopia Paper	St. John	Canada	NSSC	2 x 1500	UASB	60000	1988
General Foods	Banbury	United Kingdom	Coffee production	880	UASB	8000	1988
SCA Italcarta	Lucca	Italy	Fluting, testliner	1900	UASB	22500	1988
Refrigerantes Ltda.	Montes Claros	Brazil	Soft drinks	250	UASB	675	1988
Nechar Alimentos	Rio das Pedras	Brazil	Confectionery	250	UASB	1800	1988
Fleischmann Royal	Jundiai	Brazil	Yeast	2500	UASB	15120	1988
Coca Cola	Vitoria	Brazil	Soft drinks	250	UASB	824	1988
Brahma	Passo Fundo	Brazil	Brewery	250	UASB	1650	1988
Brahma*	Rio de Janeiro	Brazil	Brewery	2000	UASB	21600	1988
Taystee Baking*	North Kansas	U.S.A.	Bakery	2 x 50	UASB	945	1988
Latenstein**	Nijmegen	The Netherlands	Wheat starch	450	UASB	4800	1987
Mayr-Melnhof I	Frohnleiten	Austria	Folding boxboard	2 x 750	UASB	15000	1987
Tillmann Zulpich I	Sinzenich	Germany	Recycled paper	150	UASB	2250	1987
Emin Leydier I	St. Vallier	France	Fluting, testliner	1000	UASB	9000	1987
Grolsch	Groenlo	The Netherlands	Brewery	300	UASB	2020	1987
Reunidas Skol*	Rio Claro	Brazil	Brewery	900	UASB	6970	1987
Kaiser Jacarei I	Jacarei	Brazil	Brewery	2000	UASB	19850	1987
Fleischmann e Royal	Petropolis	Brazil	Yeast	2000	UASB	22145	1987
Antarctica Polar	Estrela	Brazil	Brewery	900	UASB	6144	1987
Douwe Egberts I	Joure	The Netherlands	Processed coffee	435	UASB	2500	1986
BPB Paperboard I	Aberdeen	Scotland	Linerboard	1710	UASB	12000	1986
Destilleria Sao Joao	Sao Joao da Boa Vista	Brazil	Sugar cane molasses	1500	UASB	22500	1986
Antarctica Niger I	Ribeiro Preto	Brazil	Brewery	800	UASB	6400	1986
Antarctica do Nordeste	Olinda	Brazil	Brewery	1200	UASB	9580	1986
Industriewater I	Eerbeek	The Netherlands	FB, fluting, env.	2200	UASB	19600	1985



REFERENCE SYSTEMS WORLDWIDE

Internal Circulation & Upflow Anaerobic Sludge Bed

(total 479 per 03-2004)

Industry	City	Country	Wastewater from:	BIOPAQ® reactor net vol. (m³)	Type	COD load (avg. kg/d)	Year
Venco	Naarden	The Netherlands	Liquorice	50	UASB	400	1984
Ruiten Troef*	Roelofarendsveen	The Netherlands	Cannery	375	UASB	3000	1984
Bavaria I	Lieshout	The Netherlands	Brewery, malting, soft dr.	1400	UASB	9600	1984
Georgia Pacific	Cuyck	The Netherlands	Sanitary paper	700	UASB	4200	1984
Usina Sao Luiz*	Pirassununga	Brazil	Cane juice	120	UASB	1800	1984
Kappa Roermond Papier I	Roermond	The Netherlands	Fluting, testliner	740	UASB	20400	1983
Wheat Industries*	Cork	Ireland	Wheat starch	2200	UASB	17000	1983
Fri d'Or	Bergen op Zoom	The Netherlands	Potato processing	1300	UASB	5200	1983
Slaughterhouse*	The Hague	The Netherlands	Slaughterhouse	650	UASB	4000	1983
Kuibo*	Waspik	The Netherlands	Potato processing	330	UASB	1900	1981

IC = Internal Circulation Reactor (Anaerobic)

UASB = Upflow Anaerobic Sludge Blanket (Anaerobic)

C = Circox Reactor (Aerobic)

* = Factory closed down

** = Anaerobic treatment no longer in use