

Desarrollos tecnológicos para el tratamiento y reúso eficiente de aguas residuales

Dr. Simón González Martínez

Coordinación de Ingeniería Ambiental
Instituto de Ingeniería
UNAM

Los procesos para tratamiento de aguas residuales deben cumplir con los requisitos de descarga impuestos por de las normas

Exigencias de las Normas

NOM-001-SEMARNAT-1996

(Descarga en cuerpos receptores)

NOM-003-SEMARNAT-1997

(Para reúso)

TIPOS DE REÚSO	PROMEDIO MENSUAL				
	Coliformes fecales (NMP/100 ml)	Huevos de helminto (h/l)	Grasas y aceites (m/l)	DBO (mg/l)	SST (mg/l)
SERVICIOS AL PUBLICO CON CONTACTO DIRECTO	240	≤ 1	15	20	20
SERVICIOS AL PUBLICO CON CONTACTO INDIRECTO U OCASIONAL	1,000	≤ 5	15	30	30

Breve historia

- **1897-1900. Filtros de “suelo”, bases de filtros rociadores (procesos intermitentes), fosas sépticas (patente de 1986), aeración intermitente de agua residual (antecedentes de lodos activados)**
- **1914. Arden y Locket publican su trabajo sobre “lodos activados”. La primera planta se construye en Inglaterra en 1923**
- **1936. En Alemania, Imhoff “inventa” los Tanques Imhoff al darle a un sedimentador estático la capacidad de almacenar sedimentos y capturar gases**
- **1957. También en Alemania, Pöppel y Hartmann desarrollan y patentan los biodiscos**
- **1961 en EUA Ludzac y Ettinger, y en Suiza, 1964 Wuhrmann definen las características de la nitrificación y desnitrificación**
- **1965. Levin y Shapiro desarrollan las bases del sistema PhoStrip**

Breve historia

- **1967. William Irvine y Lloyd Ketchum, de la Universidad de Notre Dame en EUA patentan los sistemas SBR (sequencing batch reactor)**
- **1973. En Sudáfrica, James Barnard patenta el proceso BarDenPho**
- **Después de 1970. Otros procesos se han desarrollado: A/O anaerobic-oxic y A2/O anaerobic-anoxic-oxic para remoción de nutrientes**
- **1980. Gatze Lettinga, Universidad de Wageningen, Holanda, publica su primer trabajo sobre reactores UASB (upflow anaerobic sludge blanket)**
- **1990-1992 en Francia, la compañía OTV desarrolla los filtros biológicos aerados y patenta Biostyr. Poco después otras compañías desarrollan variantes.**
- **1996 en Holanda, la compañía STOWA patenta el proceso SHARON (nitrificación controlada)**
- **2000. En Alemania se contruye la primera planta (SBR) con Anammox (oxidación “anaerobia” de amonio con nitratos)**

Cuatro procesos exitosos con versatilidad para el tratamiento de aguas residuales industriales complejas y municipales

Dependiendo de las características del agua tratada (valor indicado por las normas) el proceso puede ser más o menos complejo y/o costoso:

1. Reactores de lecho móvil. Continuos o discontinuos. Los discontinuos (SBR) son más versátiles.
2. Filtros biológicos aerados (BAF). Paradójicamente también los hay anaerobios y la combinación anaerobio/anóxico/aerobio
3. Sistemas de membranas acoplados a un proceso biológico
4. Reactores UASB. Anaerobios y se utilizan para muchos tipos de aguas residuales

Reactor discontinuo o SBR

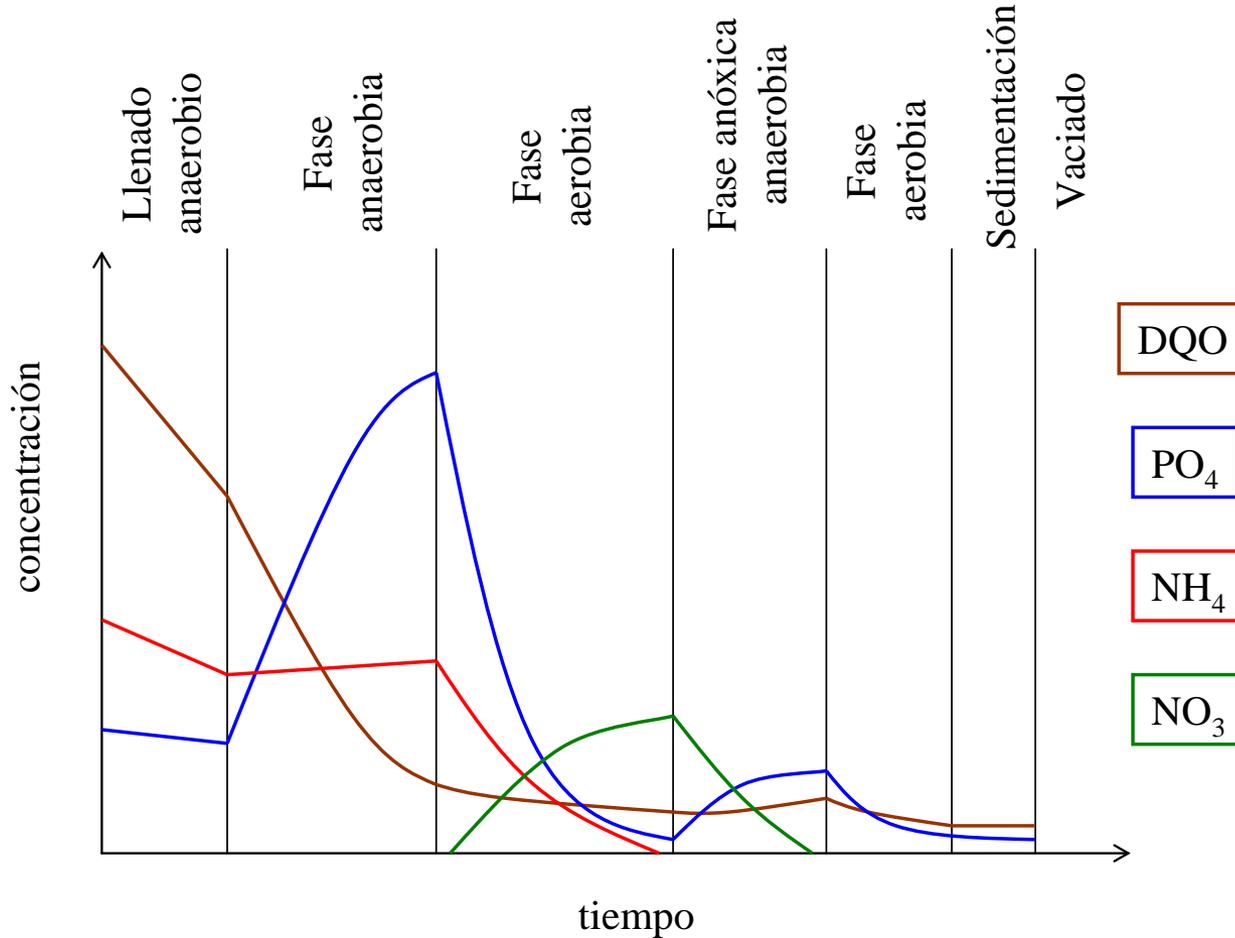
Años Setenta. Automatización como clave de su desarrollo
Robert Irvine, Lloyd Ketchum, Universidad de Notre Dame, EUA



SBR del Country Club en Querétaro, México

Posibilidades de un reactor discontinuo

Todas la reacciones bioquímicas se llevan a cabo en un mismo tanque



Reactores de lecho móvil

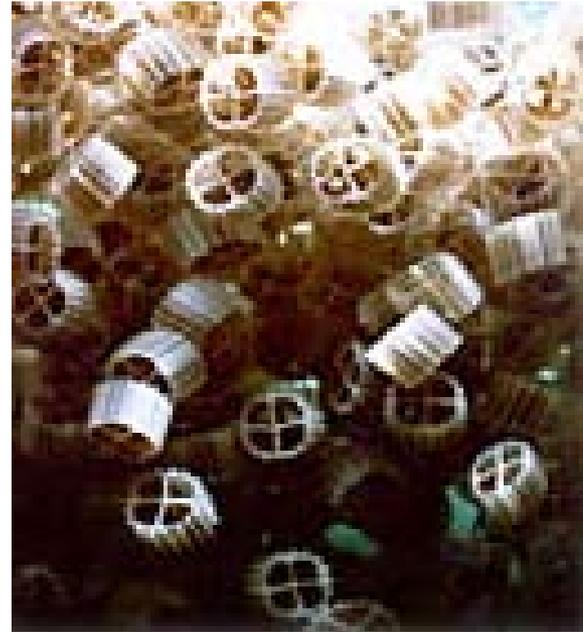
Principio de los Ochenta

Hallvard Ødegaard y Björn Rusten, Noruega

- Son sistemas de biopelícula en lodos activados
- Permiten elevados tiempos de retención celular
- Son estables ante cambios de concentración y caudal
- Su cinética depende del área expuesta y no del tiempo de contacto



Fabricante holandés

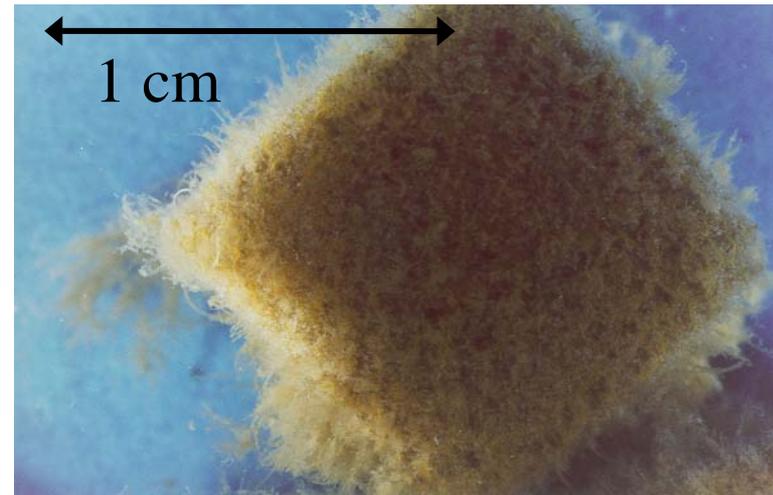
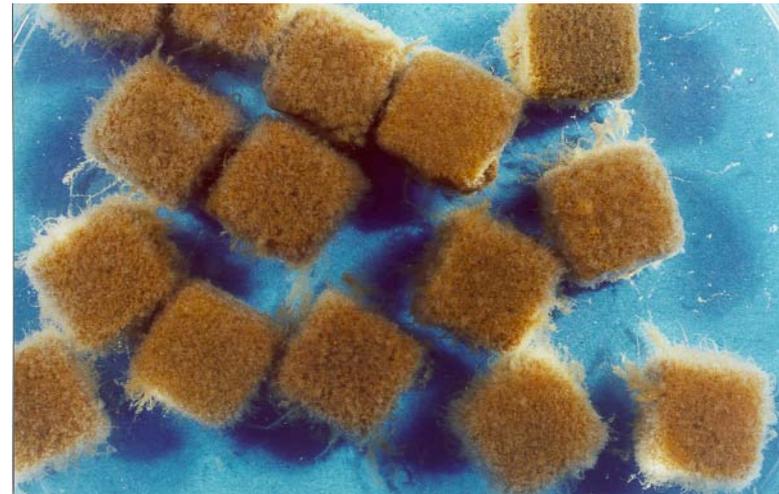


Kaldnes (noruego)

Reactores de lecho móvil



Linpor, Linde, Alemania



**Hule espuma de baja densidad
(México)**

Principio de los Ochenta Manfred Morper, compañía Linde, Alemania



Manfred Morper y acompañante en una planta Linpor en
Starnberger See, Baviera, Alemania

Starnberger See, Baviera, Alemania

Proceso Linpor



Fue convertida de lodos activados a Linpor

Starnberger See, Baviera, Alemania

Proceso Linpor



Starnberger See, Baviera, Alemania

Proceso Linpor



Starnberger See, Baviera, Alemania

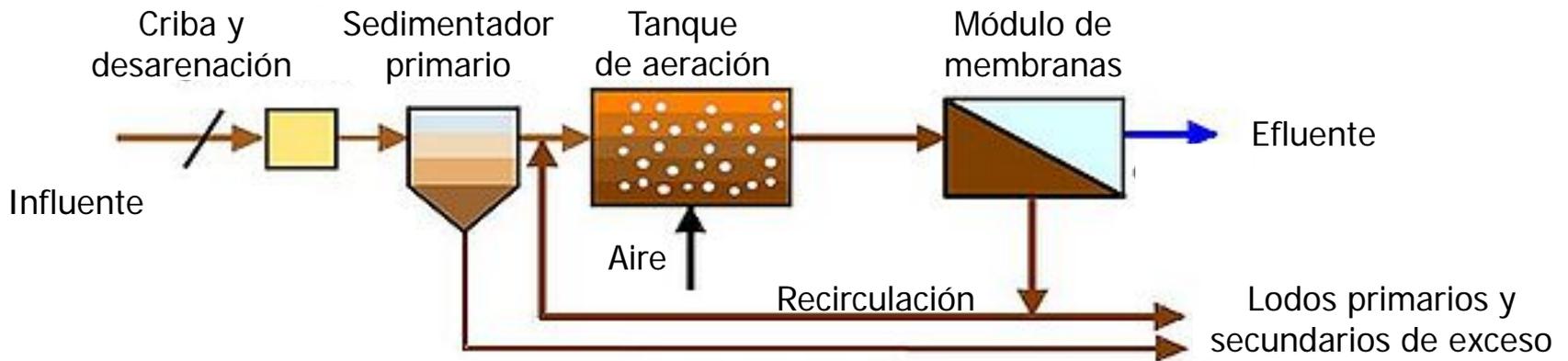
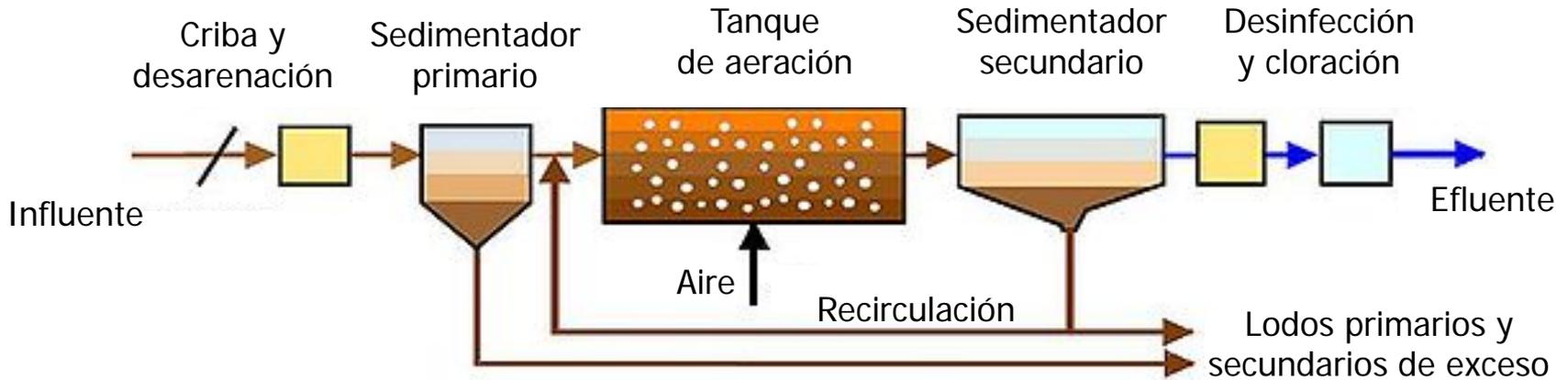
Proceso Linpor



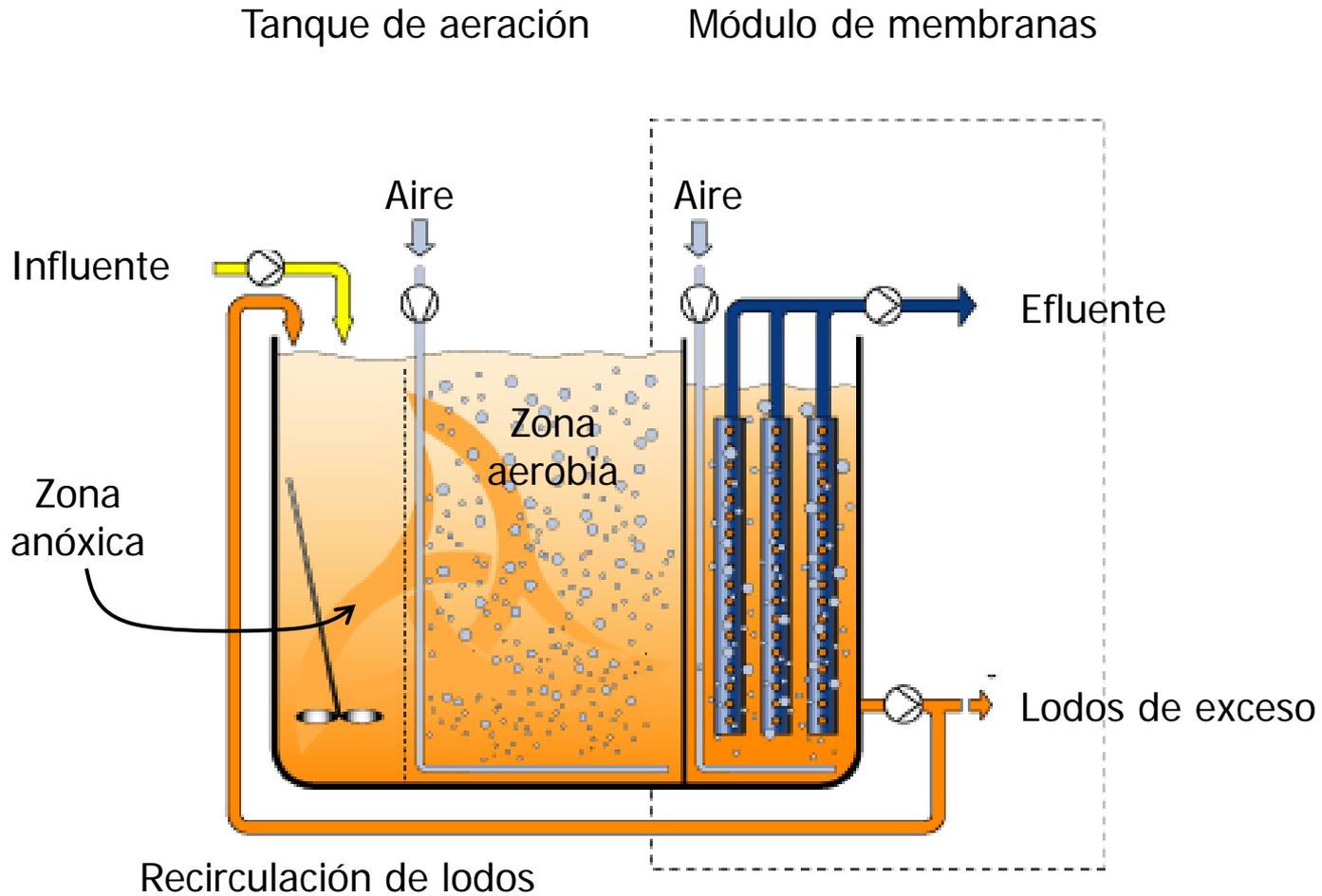


Planta de aguas residuales de la ciudad de Vilsbiburg, Alemania,
Proceso Linpor

Comparación entre un sistema de lodos activados convencional con uno con membranas



Membranas acopladas a lodos activados



Sistema de membranas
sumergido tipo rotatorio

Acoplado a un tanque de
aeración con biomasa
suspendida

Planta para tratamiento de
aguas residuales de
Ciudad Universitaria, UNAM



Membranas externas acopladas a lodos activados

Tratamiento de aguas residuales municipales. Venecia, Italia



Sistema de membranas
“de fibra hueca” acoplado
a un tanque de
aeración con biomasa
suspendida



Filtros biológicos aerados

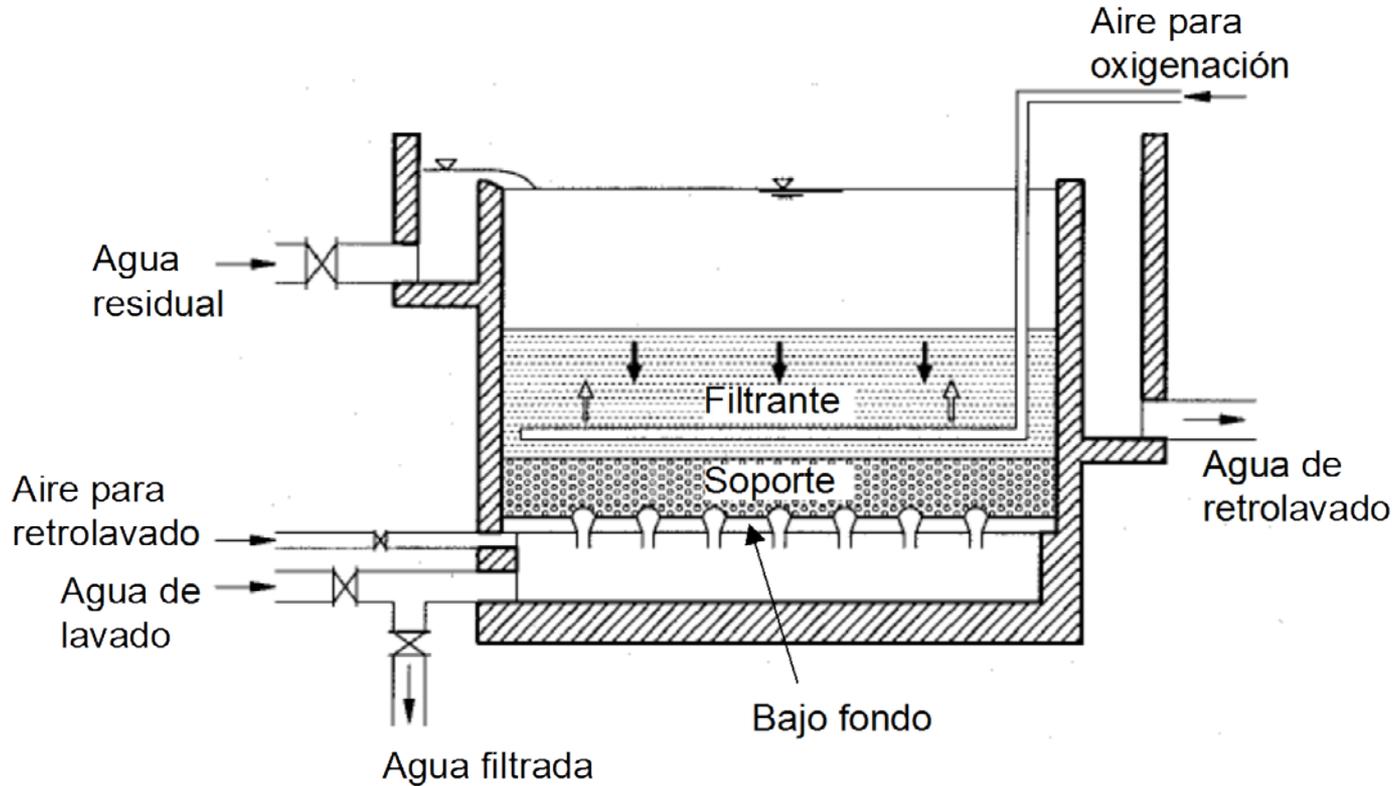
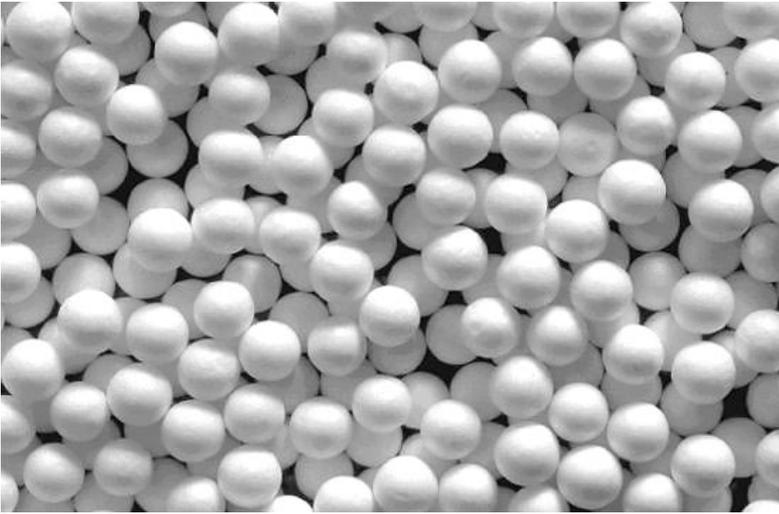


Diagrama general del proceso de filtración con partículas más pesadas que el agua (p.e. tezontle, Liapor)

Materiales de soporte para filtración biológica



Biostyr (Unicel).
Más ligero que el agua

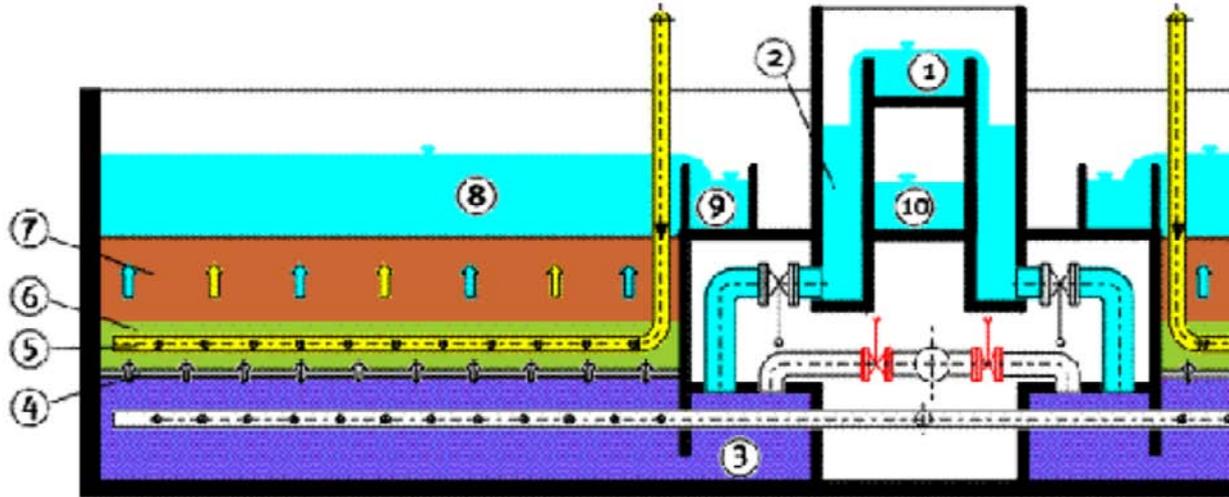


Liapor. Cerámica (arcillas)
Más pesado que el agua



Tezontle. Piedra volcánica
Más pesado que el agua

Filtros biológicos aerados



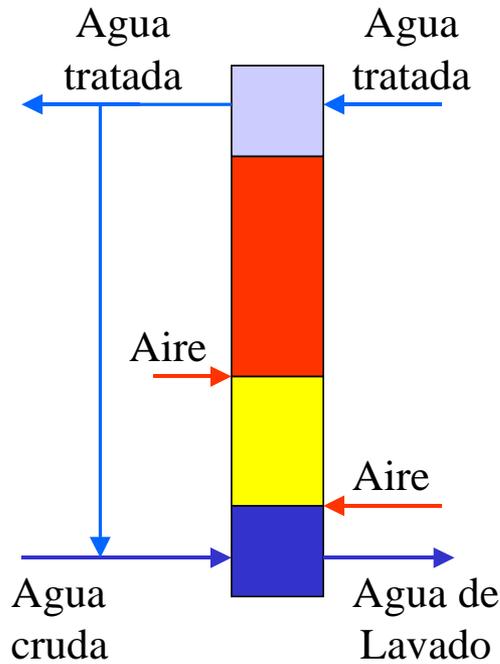
Operación de filtrado

- | | | | |
|---|------------------------|----|-----------------------|
| 1 | Canal de agua cruda | 6 | Grava |
| 2 | Pozo de entrada | 7 | Material filtrante |
| 3 | Cámara de distribución | 8 | Agua tratada |
| 4 | Falso fondo | 9 | Canal de salida |
| 5 | Aire comprimido | 10 | Canal de agua tratada |

Operación de filtros biológicos aerados

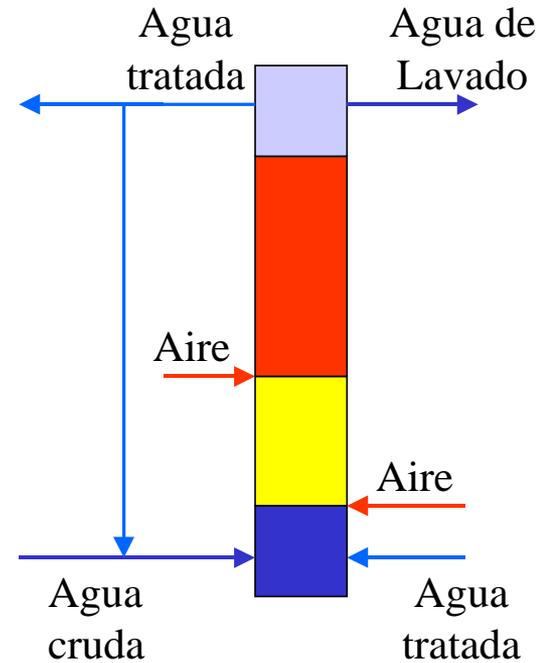
Zona anóxica   Zona aerobia

Operación normal Retrolavado



Biostyr
(Material ligero)

Operación normal Retrolavado



Biofor
(Material pesado)



Planta de tratamiento de aguas residuales de Dresden, Alemania.
Versatilidad del proceso en condiciones adversas



Modelo de construcción de un filtro biológico aerado en una zona urbana en Japón

Vista aérea de los
filtros biológicos
aerados de la ciudad
de Neuchatel, Suiza



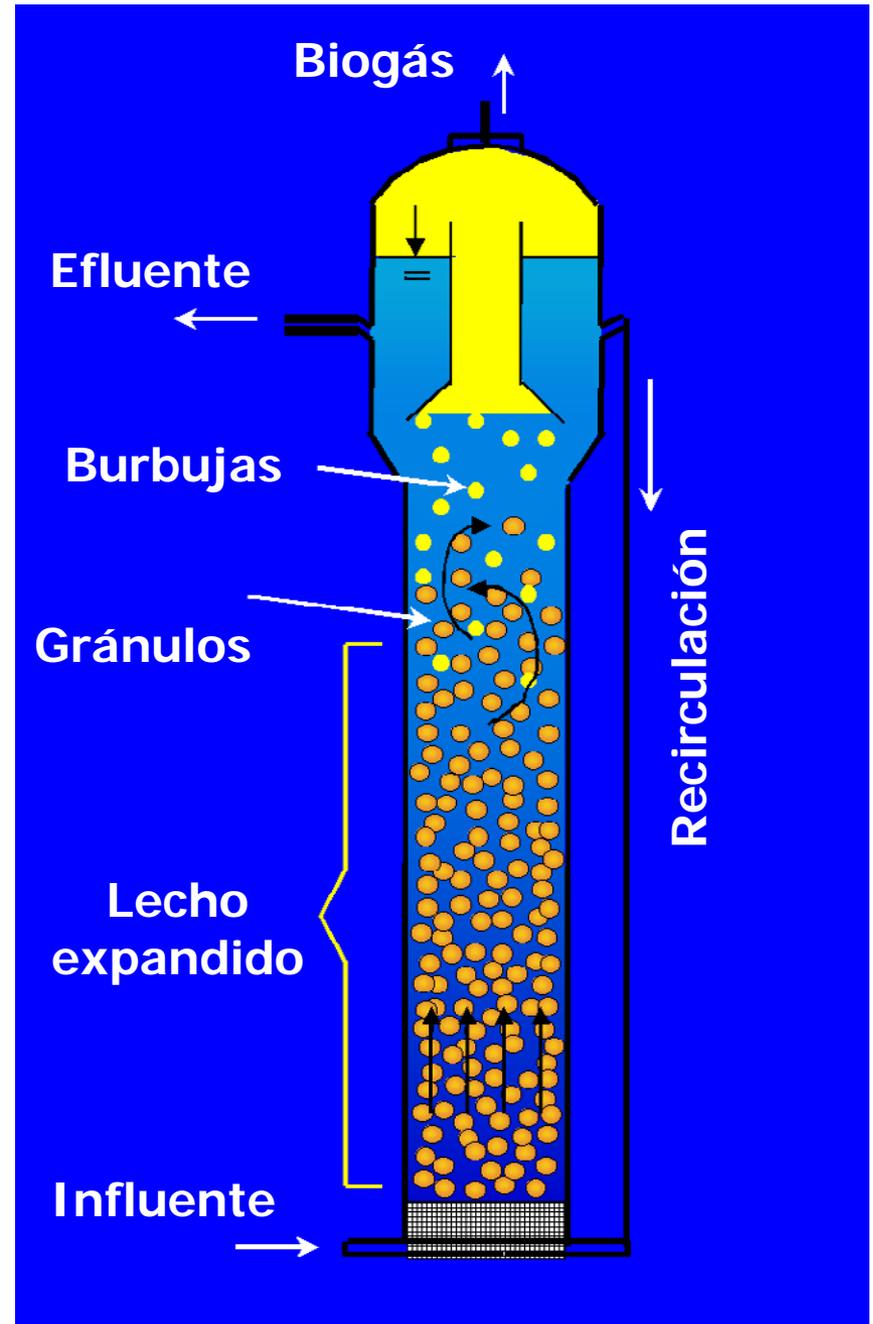
Reactor UASB

Upflow anaerobic
sludge blanket



Gatzke Lettinga

Por mucho es el sistema
anaerobio más exitoso en la
historia de las aguas residuales

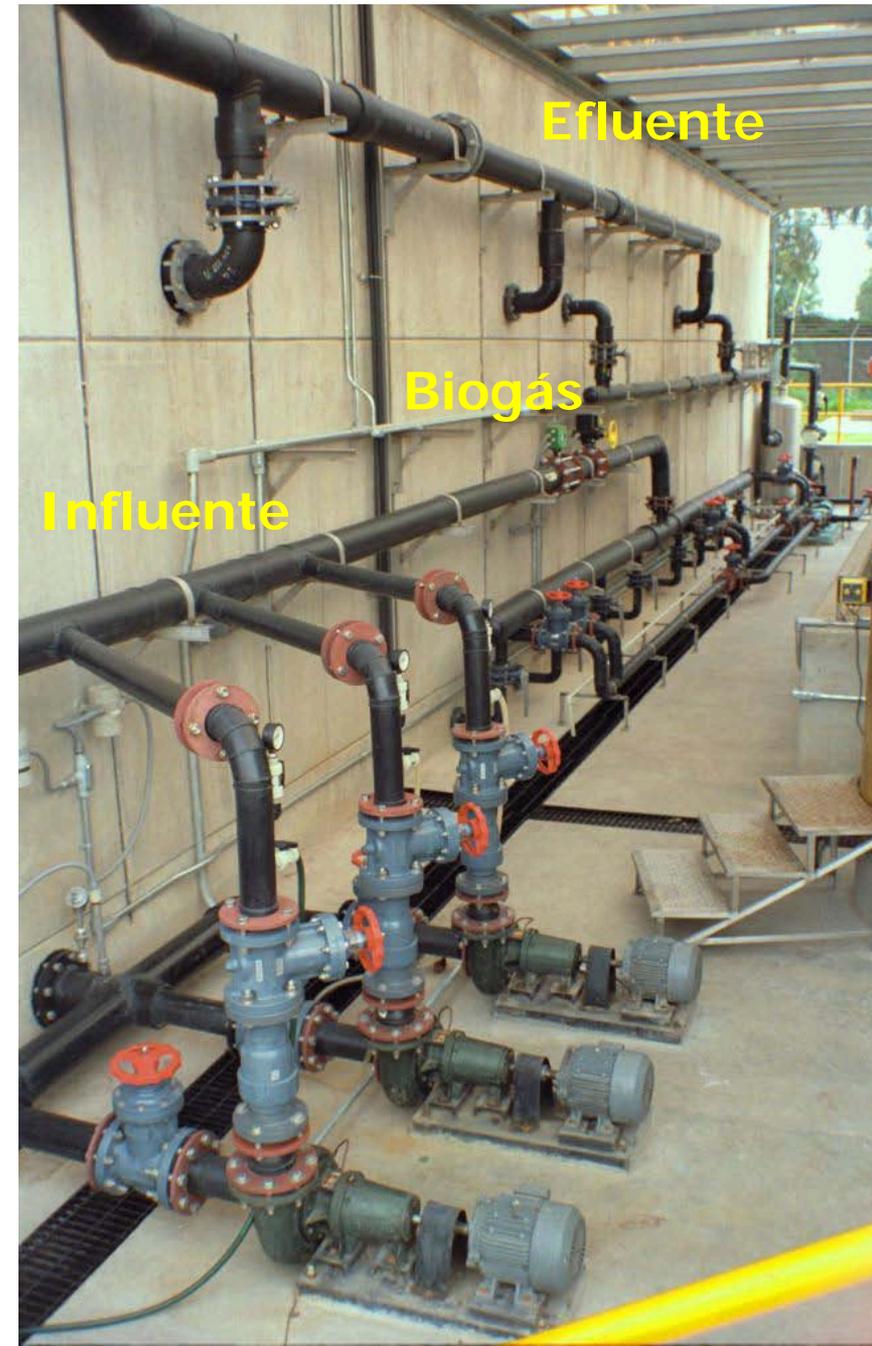


Reactores UASB en Brasil Para tratamiento de agua residual municipal



Reactor UASB en México

Tratamiento de aguas residuales
industriales de la industria
de los alimentos



Módulos sedimentadores y recolectores de biogás antes de ser instalados



CONCLUSIONES

1. Independientemente del proceso seleccionado, un diseño exitoso solo se puede lograr con base en una caracterización de aguas residuales bien hecha.
2. El reúso de aguas residuales tratadas depende principalmente del caso específico y de la selección del proceso.
3. Los procesos antes descritos o su combinación tienen la capacidad de producir agua tratada con la calidad requerida para reúso.
4. Los sistemas con membranas producen la mejor calidad ya que filtran cualquier sólido en suspensión.
5. Permiten alcanzar los valores de las normas más estrictas
6. Se tienen en México varias innovaciones tecnológicas realizadas por universitarios con éxito comercial.

¡ Muchas gracias !