

JORNADA DE DEPURACIÓN PARA PEQUEÑOS NÚCLEOS URBANOS
Confederación Hidrográfica del Tajo - Cáceres
24 de enero de 2018



**Sistemas de depuración en
pequeñas poblaciones**

Ignacio del Río y Enrique Ortega
Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX

Contenidos

- Cuestiones básicas
- Selección de tecnologías
 - Caracterización del problema
 - Caracterización de tecnologías
 - Proceso de selección



Fracasos

- Instalaciones abandonadas o con malos rendimientos
- La peor inversión es la que no funciona
- Los fracasos han sido más comunes:
 - cuanto menor es el tamaño de la población
 - cuando se ejercen las competencias de forma individualizada
 - cuando el que construye no es el que explota

Fracasos

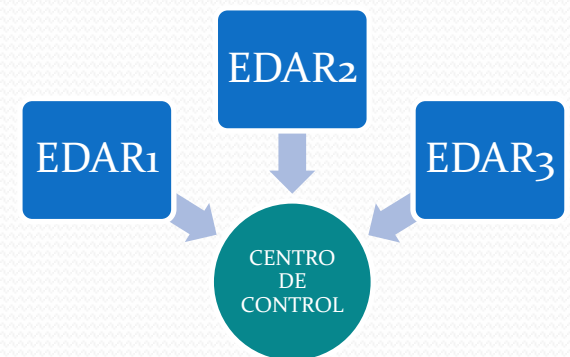
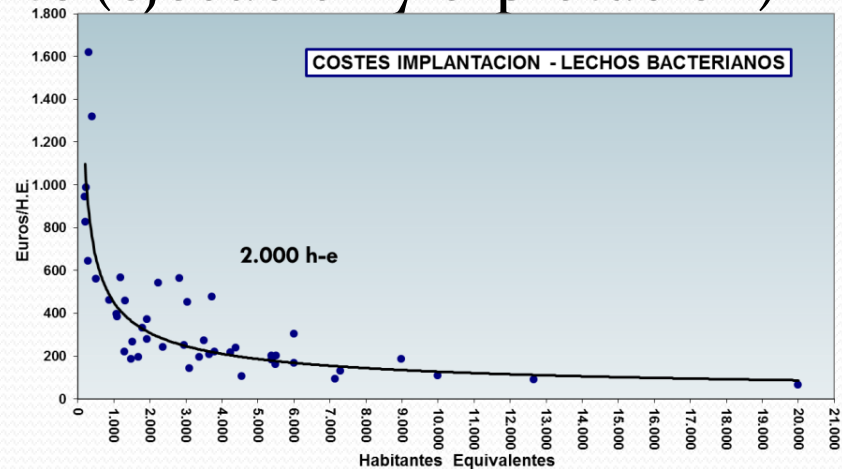
- Factores más comunes que han influido en estos fracasos:
 - Se construyen las infraestructuras pero no se presta el servicio necesario
 - Sistema de gestión ineficiente o inexistente
 - Falta de demanda
 - Población y autoridades locales no concienciadas
 - Falta de control de vertidos
 - **Tecnologías no adecuadas:**
 - Deficiente estudio de alternativas
 - Sistema insostenible económicamente o muy complejo
 - **Errores en diseño y/o construcción**

Objetivos

- Concebir sistemas de saneamiento y depuración cuyo funcionamiento sea sostenible a largo plazo
 - Tecnologías que posibiliten el cumplimiento de las normas de vertidos
 - Con el consumo energético más bajo posible
 - Con la menor complejidad posible
- Crear sistemas adecuados de gestión que aseguren la sostenibilidad del servicio

Gestión del servicio

- Economía de escala
 - Mayor coste por habitante (ejecución y explotación)
 - Menor capacitación
- Sistemas de gestión supramunicipal:
 - Mancomunidades
 - Consorcios
 - Entes autonómicos



Selección de tecnologías

Conocimiento del medio y de las circunstancias locales



ESTUDIOS PREVIOS

Conocimiento de las tecnologías



**CARACTERIZACIÓN
TECNOLOGÍAS**



**SELECCIÓN DE LA TECNOLOGIA
MÁS ADECUADA**

DISEÑO DEL PROCESO

Caracterización del problema

- Capacidad del operador
- Población
- Aguas residuales:
 - Caudales
 - Cargas contaminantes
 - Temperatura
- Terreno disponible para la EDAR

Población

Población entendida como posibles fuentes de aguas residuales, que son recolectadas y tratadas:

- Habitantes de la población
- Pequeño comercio, industria e instituciones asociados a una población.
- Elementos singulares de vertidos (dotacional, industrias...)
- Pluviales y aguas parásitas
- En el momento actual y en el horizonte de proyecto (15-30 años)

Población

- Población normativa:
 - La peor semana del año.
 - En h-e = $60 \text{ g DBO}_5 / (\text{habitante} \times \text{d})$
- Población de diseño:
 - ¿Crecimiento poblacional?
 - Analizar población flotante o temporal; población residente; población estacional; etc.
 - Planes de desarrollo

Caudales

- Caudal doméstico :
 - Población (habitantes). Estables y variables
 - Dotación de abastecimiento (litros/(habitante·día))
 - Coeficiente de Retorno: 0,60 – 0,80
- Otros caudales habituales en las poblaciones:
 - Dotacional – institucional
 - Industrial- pequeñas industrias asociadas a las poblaciones
 - Comercial

Caudales

- Caudales de lluvia
 - Redes unitarias-¿gestión de pluviales?
 - Pluviosidad
 - Superficie y características
 - Redes separativas-conexiones ilegales
- Caudales de vertidos singulares
 - Hoteles, hospitales, instalaciones educativas, etc.
 - Mataderos, queserías, etc.

Caudales

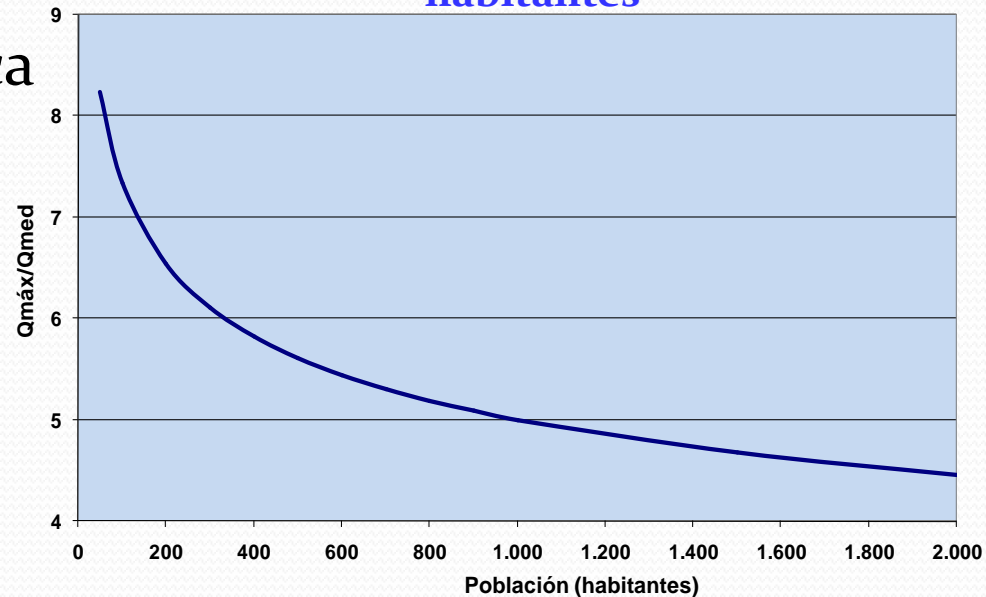
- Caudales de aguas parásitas
 - Infiltraciones
 - Estado de la red de saneamiento
 - Nivel freático y/o lluvias
 - Fuentes públicas, arroyos y acequias



Variación de Caudales

- Variaciones a lo largo del día
 - El caudal máximo determina la capacidad hidráulica de la planta
- Variaciones semanales
- Variaciones estacionales

Relación entre Q_{\max}/Q_{med} y nº de habitantes



Contaminantes

- Parámetros básicos:
 - Materia orgánica- DBO_5 y DQO
 - Sólidos en suspensión- SS
 - Nutrientes- N y P
 - Contaminación bacteriana: Coliformes (E. Coli)
- Es necesario determinar cargas y concentraciones
 - Cargas: generadas por las distintas fuentes
 - Concentraciones: depende de los caudales

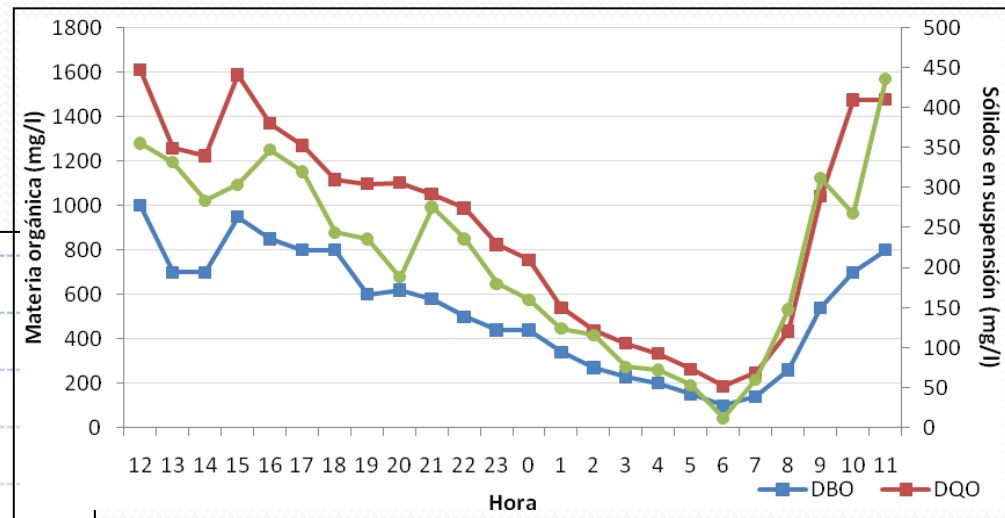
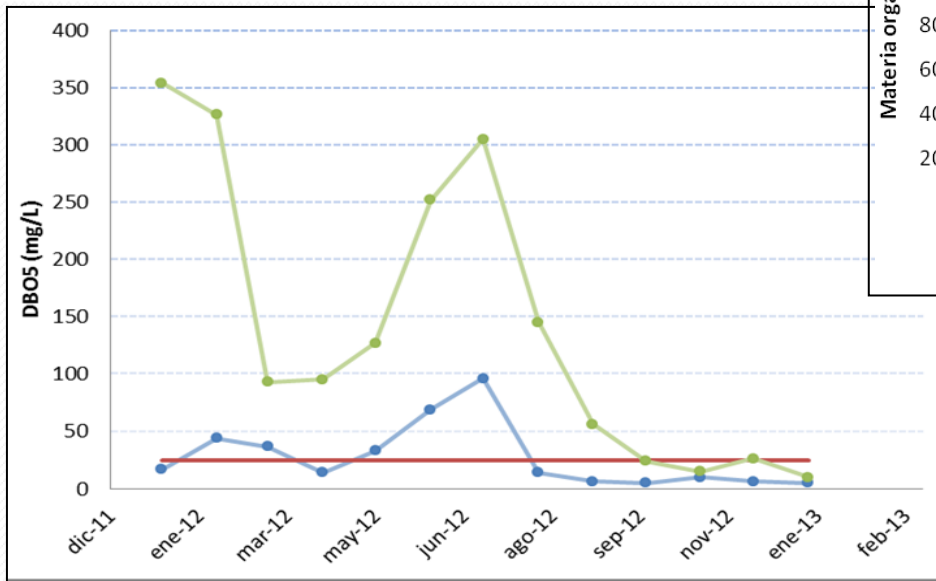
Cargas contaminantes

- Determinación a partir de campaña de muestreo:
 - Medida de caudales
 - Determinación analítica de concentraciones
 - Estimación de cargas por habitante
 - Estudio de vertidos singulares
- Idealmente: muestreo compuesto en semana de mayor carga y en época seca y húmeda.
- Estimación a partir de poblaciones similares (las cargas por habitante, pero no los caudales)

Variación de Contaminantes

- Variaciones a lo largo del día
- Variaciones semanales
- Variaciones estacionales

Evolución diaria de las concentraciones (DBO, DQO y SS)



Vertidos singulares

- Introducen variaciones y sobrecargas
- Estudiar su posible evolución.
 - Depende de su actividad.
 - No asimilar a crecimiento poblacional
- En pequeñas poblaciones pueden distorsionar los sistemas de depuración previstos.
- Donde existan estos vertidos, se recomienda realizar un estudio individualizado



Temperaturas

- La efectividad de los procesos biológicos depende de la temperatura
 - A menor temperatura => menor efectividad => mayores dimensiones
- La temperatura de diseño: la media del mes mas frío (salvo que la temporada alta sea en verano)



Terrenos para la EDAR

- El impacto del terreno en los costes y en la sostenibilidad del servicio puede ser muy importante.
- Un terreno adecuado va a ser necesario para poder implantar las tecnologías óptimas, evitar bombeos y problemas en la construcción y explotación.
- Debe haber un estudio de selección el terreno, analizando las consecuencias de la ubicación y su impacto en los costes de implantación y explotación

Condicionantes para la selección del terreno

- Posición con respecto a la población donde se originan las aguas
 - Distancia (impacto ambiental-coste)
 - Altura (entre la población y el punto de vertido)
 - Trazado del emisario
- Distancia a otras zonas sensibles (zonas pobladas, zonas protegidas)
- Distancia a posibles puntos de vertido.
 - Calidad exigida al vertido



Condicionantes para la selección del terreno

- Características del terreno
 - Topográficas
 - Geotécnicas
 - Profundidad del nivel freático y variaciones.
- Riesgo de inundación



Condiciones para la selección del terreno

- Superficie disponible
 - Permitir soluciones extensivas
- Coste del terreno
- Posibilidad de conexión a red eléctrica
- Accesibilidad del terreno





TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO

Tecnologías adecuadas

- **PRETRATAMIENTO**

Desbaste / Desarenado / Desengrasado

- **TRATAMIENTOS PRIMARIOS**

Fosa séptica / Tanque Imhoff / Decantación primaria

- **TRATAMIENTOS SECUNDARIOS EXTENSIVOS**

- Lagunaje
- Humedales artificiales
- Macrofitas flotantes
- Filtros intermitentes de arena

- **TRATAMIENTOS SECUNDARIOS INTENSIVOS**

- Tratamientos de biopelícula → Lechos bacterianos
→ Contactores (CBR)
- Fangos activos → Aireación prolongada
→ Reactores secuenciales (SBR)

- **COMBINACIONES DE TRATAMIENTOS**



Pretratamientos

PRETRATAMIENTOS

OBRA DE LLEGADA + DESBASTE + DESARENADO + **DESENGRASADO**

OBRA DE LLEGADA

- Vertedero y by-pass general

DESBASTE

- Gruesos (rejas 20-40 mm) y finos (reja 6-12 mm o tamiz 2-3 mm)
- Limpieza manual o automática



Obra de llegada



Reja manual



Reja automática



Tamiz rotativo

PRETRATAMIENTOS

DESARENADO - DESENGRASADO

- Desarenadores estáticos → Retirada manual de arenas
- Desengrasadores estáticos → Retirada manual de grasas
- Desarenadores-desengrasadores → Retirada mecanizada de arenas y grasas



Desarenador estático de canal



Desengrasador estático



Desarenador-desengrasador
aireado con puente móvil

PRETRATAMIENTOS

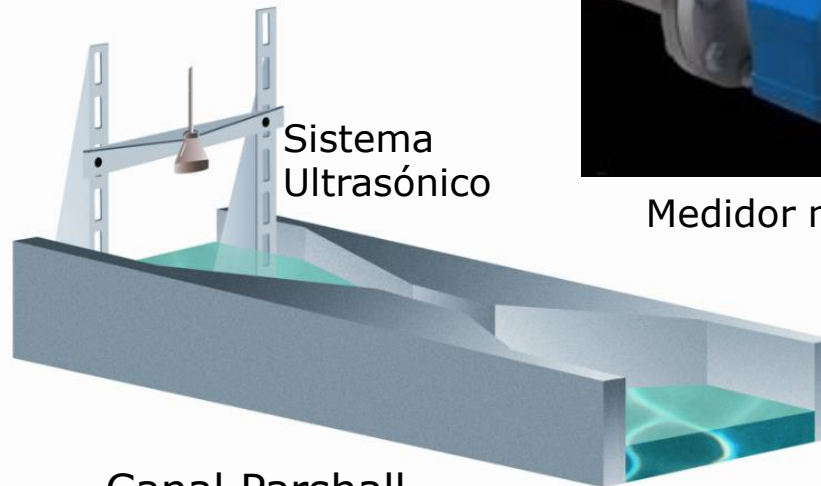
❑ Medida de caudal

- Vertedero rectangular o triangular
- Canal Parshall
- Medidor magnético en tubería

- ❑ Se recomienda medida en continuo con totalizador
- ❑ Orden Ministerial ARM/1312/2009
- ❑ Arquetas de toma de muestras



Vertedero triangular



Canal Parshall



Medidor magnético

EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

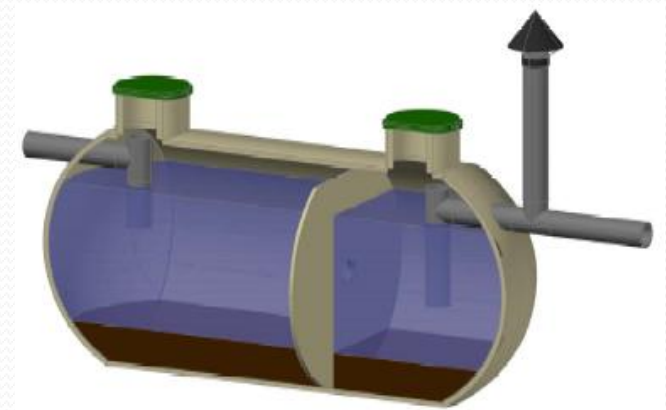
- Limpieza de rejillas o tamices. Recogida en contenedor para su traslado a vertedero
- Extracción de sólidos o arenas depositados en canales
- En desarenadores y desengrasadores estáticos: Retirada de arenas. Limpieza manual de grasas y flotantes. Recogida en contenedores, para su traslado a vertedero.
- En desarenadores-desengrasadores aireados.: revisión mecanismos de extracción de arenas y flotantes. Recogida en contenedores, para su traslado a vertedero.
- Comprobación funcionamiento y estanqueidad compuertas.
- Engrase y supervisión de equipos
- Frecuencia tareas: Sistemas manuales: 3 veces/semana

Tratamientos primarios

- ✓ Fosas sépticas
- ✓ Tanques Imhoff
- ✓ Decantadores primarios

TRATAMIENTOS PRIMARIOS

Fosas Sépticas

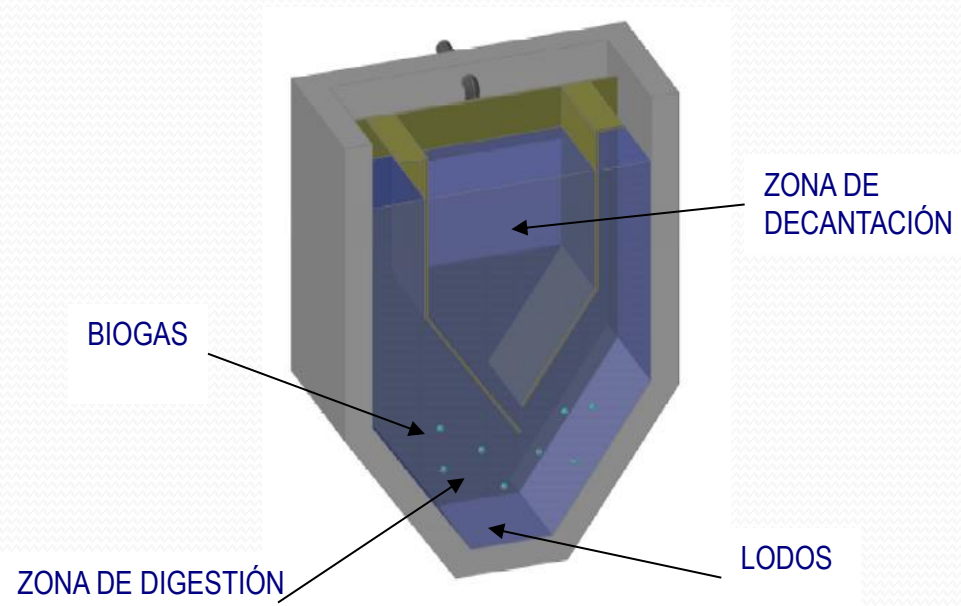


TRH fangos: 1-3 años

Tanques Imhoff

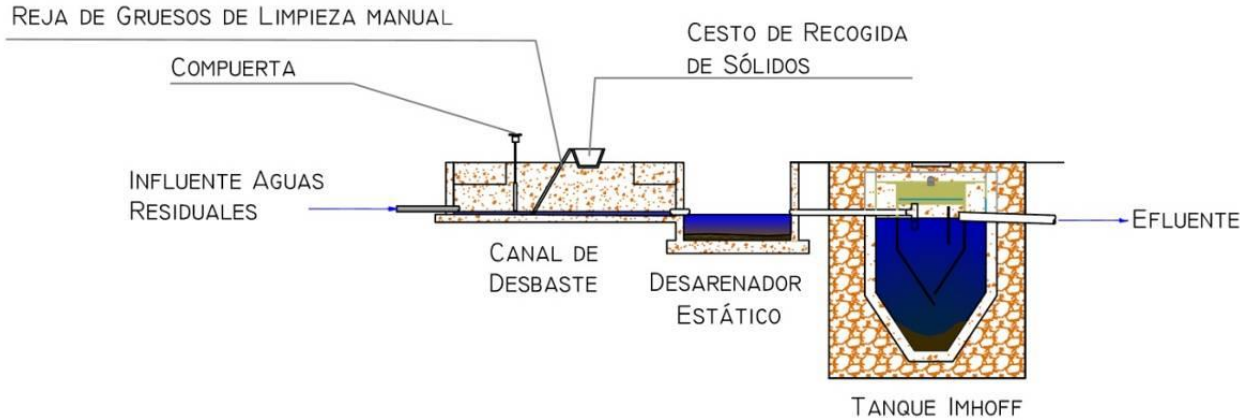


TRH fangos zona digestión. 6-24 meses



TRATAMIENTOS PRIMARIOS

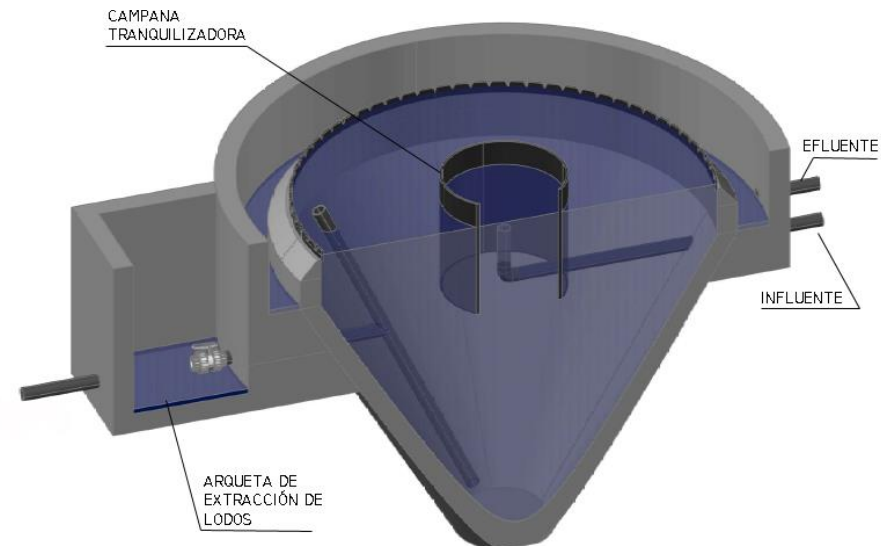
Esquema de pretratamiento + tanque Imhoff



Decantador primario

Rendimientos (%)

	Fosa séptica	Tanque Imhoff	Decantador secundario
DBO ₅	20-30	25-35	30-35
MES	50-60	55-65	69-65
DQO	20-30	25-35	25-30



EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

FOSA SÉPTICA

- Limpieza de la fosa e inspección: 1 vez al año

TANQUE IMHOFF

- Limpieza del tanque y extracción de lodos: 1 vez al año
- Medida de los espesores de la capa de flotantes y fangos en digestor: 2-3 veces al año
- Inspección del tanque: 1 vez al año

DECANTADOR PRIMARIO

- Extracción frecuente de fangos decantados. Comprobación de la frecuencia (diarios).
- Retirada de flotantes: 2-3 veces/semana
- Limpieza de la chapa deflectora: semanal

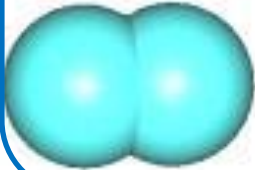


TECNOLOGÍAS INTENSIVAS vs EXTENSIVAS

TECNOLOGÍAS INTENSIVAS vs TECNOLOGÍAS EXTENSIVAS

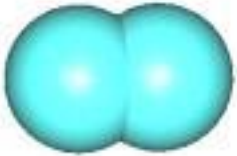
Procesos a velocidades aceleradas (introducción de aire) → > energía
→ < superficie

O₂

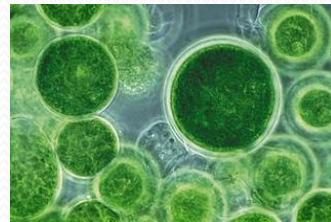


**TECNOLOGIAS
INTENSIVAS**

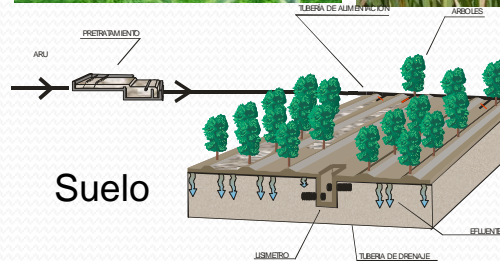
O₂



Fotosíntesis



Asimilación
plantas



**TECNOLOGIAS
EXTENSIVAS**

Procesos a velocidad natural (sin introducción aire) → < energía
→ > superficie



TECNOLOGÍAS EXTENSIVAS

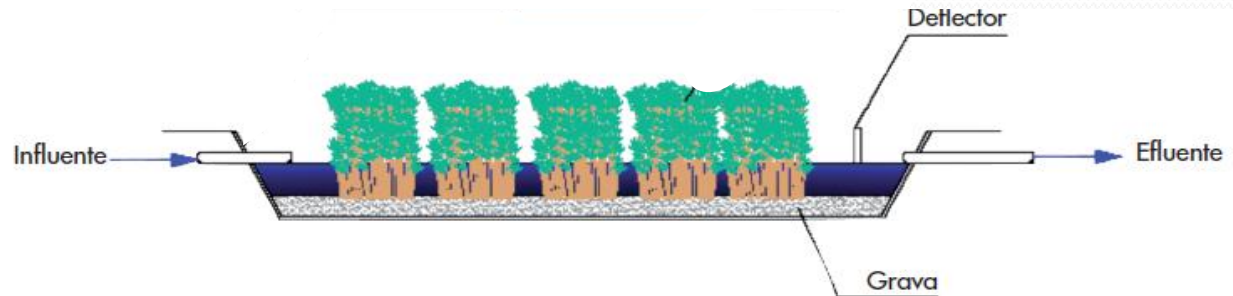
HUMEDALES ARTIFICIALES

- Reproducen, los procesos de eliminación de contaminantes que tienen lugar en las *zonas húmedas naturales*.
- Se dispone de un sustrato filtrante confinado e impermeabilizado, en el que se enraízan las plantas. El agua residual circula a través del sustrato filtrante y/o la vegetación. El sustrato sirve de soporte a la vegetación y permite la fijación de la población microbiana.
- Las plantas emergentes acuáticas (carrizo, juncos, eneas, etc.) proporcionan superficie para formar biopelícula, facilitan la filtración y la absorción, contribuyen a la oxigenación del sustrato y la eliminación de nutrientes.

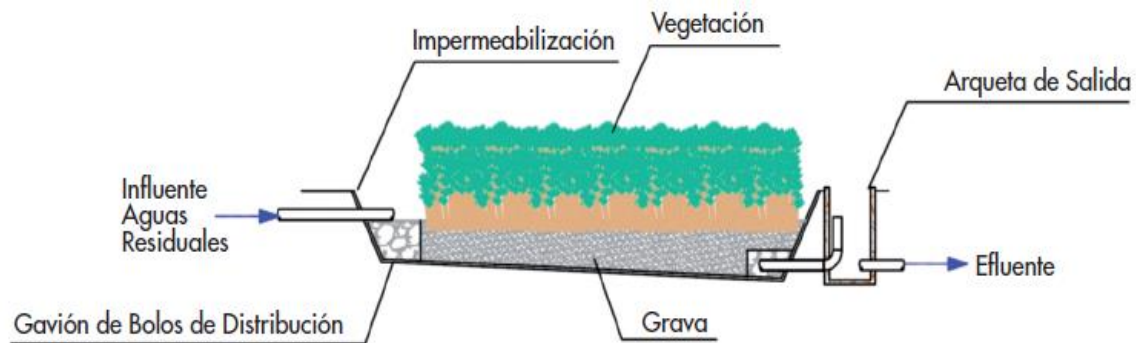


HUMEDAL ES ARTIFICIALES

- Es necesario un tratamiento primario
- De flujo superficial (8-11 m²/h-e)
- De flujo subsuperficial (5-7 m²/h-e)

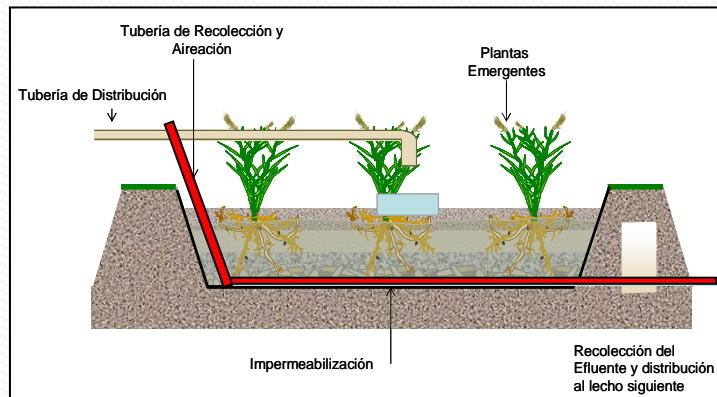


1) De flujo superficial horizontal



2) De flujo subsuperficial horizontal

3) De flujo subsuperficial vertical



¿Biofiltros plantados?

SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN EN HUMEDALES SUBSUPERFICIALES

HORIZONTALES

Tuberías alimentación apoyadas en zona de cabecera (arriba) / Empleo de verterero para reparto de agua (abajo)



VERTICALES

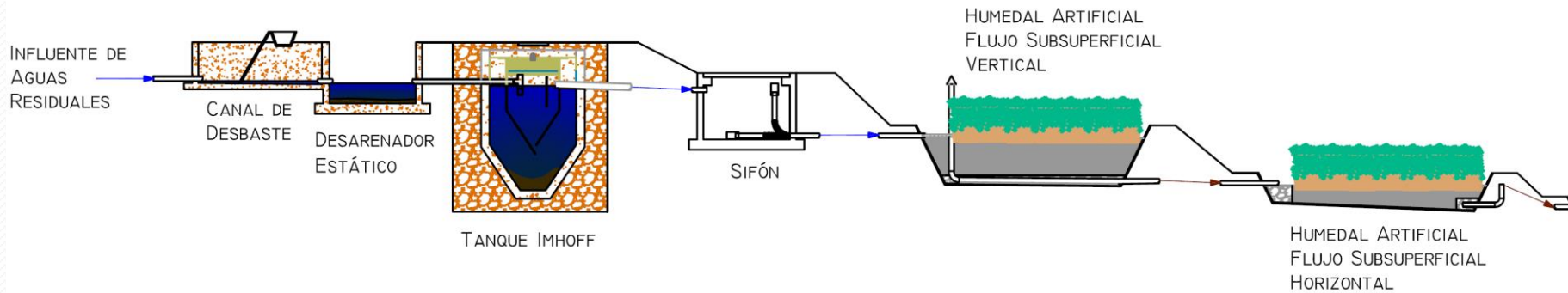
Tuberías de alimentación apoyadas en el lecho (arriba) / Tuberías apoyadas en pivotes (abajo)



HUMEDALES ARTIFICIALES

Parámetro	% Reducción	
	Verticales	Horizontales
Sólidos en suspensión (mg/l)	90 - 95	90 - 95
DBO ₅ (mg/l)	90 - 95	85 - 90
DQO (mg/l)	80 - 90	80 - 90
N-NH ₄ ⁺ (mg N/l)	60 - 70	20 - 25
N _{total} (mg N/l)	60 - 70	20 - 30
P _{total} (mg P/l)	20 - 30	20 - 30
Coliformes fecales (UFC/100 ml)	1 - 2 u log	1 - 2 u log

Combinación de humedales



Combinación de humedales subsuperficiales verticales y horizontales para la eliminación del nitrógeno (80%)

HUMEDALES ARTIFICIALES

VENTAJAS

- Sencillez operativa
- Consumo energético nulo en sistemas flujo horizontal. En sistemas verticales depende si la alimentación discontinua puede ser por gravedad (sifones).
- Buenos rendimientos de depuración / Bajo coste de explotación
- Posible aprovechamiento biomasa vegetal
- Mínima producción olores / Adaptación paisajista

INCONVENIENTES

- Necesitan mucha superficie
- Riesgos de colmatación (horizontales)
- Pocos factores de control regulables

HUMEDALES ARTIFICIALES

EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

- Comprobación sistema alimentación, distribución e impermeabilización
- En los filtros verticales, comprobación funcionamiento sistema alimentación intermitente
- Siega y evacuación biomasa (anual)
- Medición de la permeabilidad del sustrato filtrante (anual)
- Prevenir y controlar posibles plagas

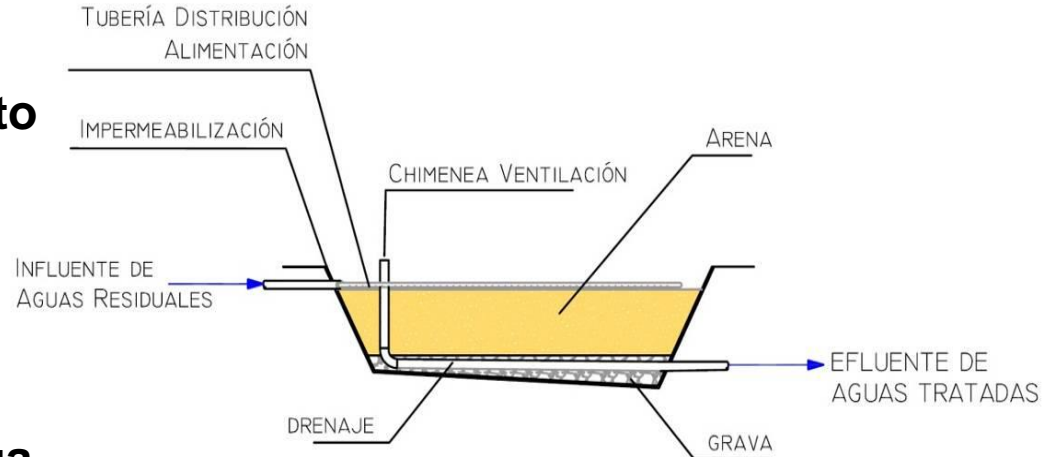


FILTROS INTERMITENTES DE ARENA

Las aguas residuales, atraviesan verticalmente el sustrato filtrante, sobre el que se desarrolla una película bacteriana, que se mantiene sin saturar, y en condiciones aerobias, gracias a que la alimentación a los filtros se efectúa de forma discontinua y a la ventilación del sistema de drenaje inferior.

Mecanismos básicos de depuración:

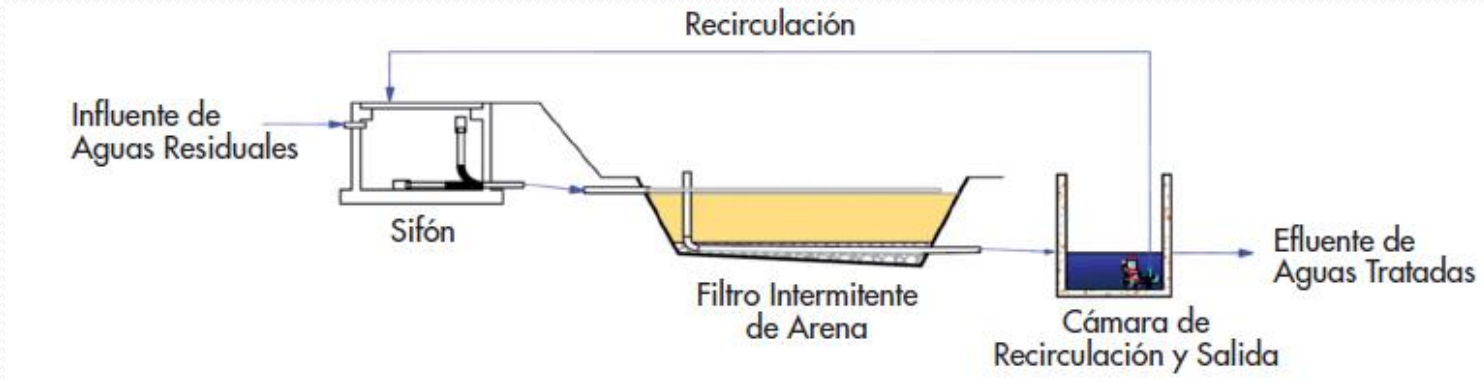
- Filtración
- Adsorción
- Oxidación biológica



Lechos de arena: espesor 0,6-1,1 m / sistema superficial de distribución del agua a tratar / drenaje para la recogida de los efluentes

FILTROS INTERMITENTES DE ARENA

- ✓ Filtros intermitentes
 - Sin recirculación → Similar a humedal flujo vertical
 - Con recirculación → Permite reducir la superficie (aumenta rto/m²)



Parámetro	% Reducción
Sólidos en suspensión	90 - 95
DBO ₅	90 - 95
DQO	80 - 90
N-NH ₄ ⁺	70 - 80
N	40 - 50
P	15 - 30
Coliformes fecales	2-3 u log

Superficie ocupada (m²/h-e)

- Sin Recirculación: 3-5
- Con Recirculación: 1-3

Consumo energético: Nulo o bombeo de elevación al sifón (sin recirculación)

FILTROS INTERMITENTES DE ARENA

VENTAJAS

- Sencillez operativa
- Consumo energético nulo, si se puede operar por gravedad y sin recirculación
- Bajo coste de explotación y mantenimiento
- Rápida puesta de operación

INCONVENIENTES

- Alta superficie de terreno
- Riesgos de colmatación y encharcamientos si no se elige la granulometría adecuada
- Pocos factores de control regulables

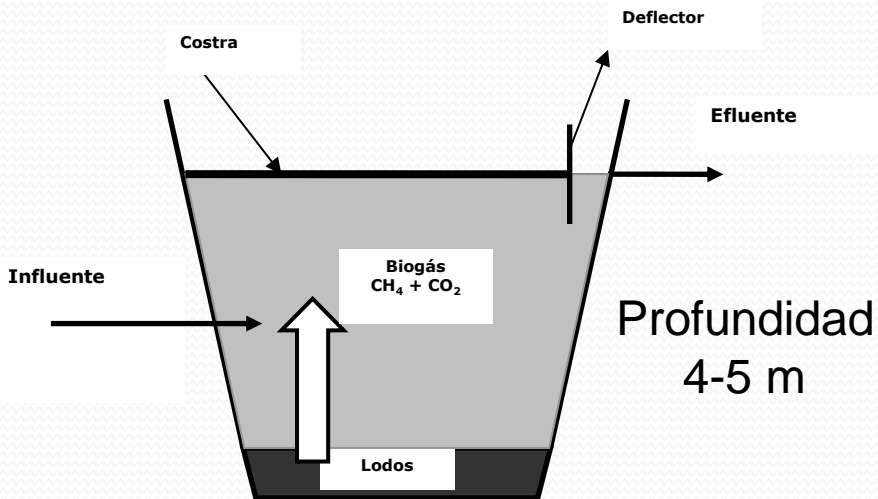
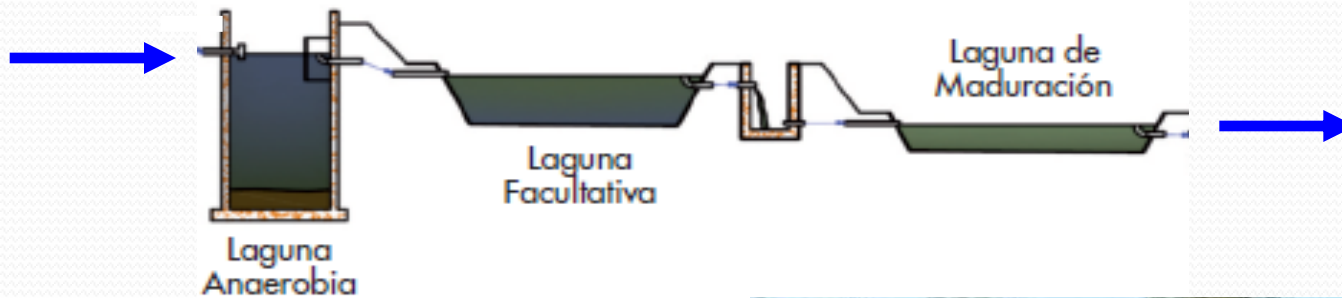
FILTROS INTERMITENTES DE ARENA

EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

- Comprobación funcionamiento sistema alimentación intermitente (sifones o bombeo)
- Comprobación de que no se formen charcos permanentes
- Comprobación funcionamiento sistema de distribución
- Limpieza de las tuberías de alimentación (mensual)
- Rastrillado de la superficie de los filtros (trimestral)

LAGUNAJE

LAGUNAJE



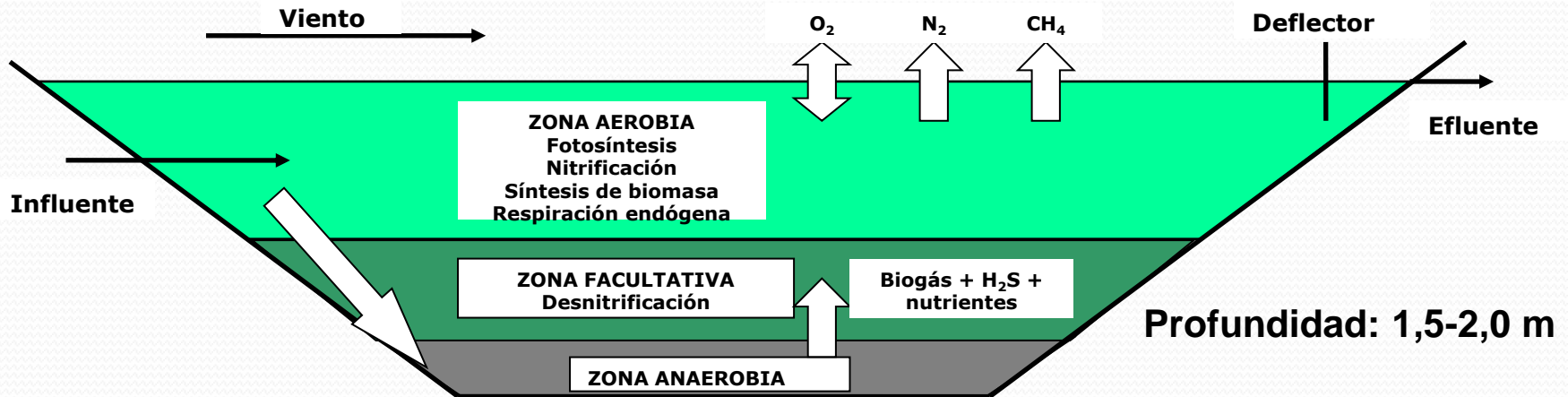
Laguna anaerobia



El lagunaje reproduce los fenómenos de autodepuración que se dan de forma natural en los cursos de las aguas

LAGUNAJE

Laguna facultativa



**Superficie
ocupada**

7-12 m²/h-e

**Energía
consumida**

Nula

Parámetro	% de reducción			
	L. Anaerobia	L. Facultativa	L. Maduración	Rendimientos globales
MES	50 – 60	0 – 70	35 – 40	40 – 80
DBO ₅	40 – 50	60 – 80	25 – 40	75 – 85
DQO	40 – 50	55 – 75	20 – 35	70 – 80
N-NH ₄ ⁺	-	20 – 60	15 – 25	30 – 70
N	5 – 10	30 – 60	15 – 50	40 – 80
P	0 – 5	0 – 30	30 – 45	30 – 60
Coliformes fecales	0,2 – 0,5 u log	1-2 u log	2-3 u log	3 - 4 u log

LAGUNAJE

VENTAJAS

- Sencillez operativa
- Consumo energético nulo, si se puede operar por gravedad
- Mantenimiento sencillo: eliminar flotantes y vegetación perimetral
- Gran inercia por sus elevados volúmenes. Escasa producción de fangos
- Alta eliminación de patógenos / Buena integración paisajística

INCONVENIENTES

- Elevados requisitos de terreno
- Desaconsejada en zonas frías o de baja radiación solar
- Generación de olores en lagunas anaerobias
- Elevadas concentraciones de SS en el efluente (50-150 mg/l)
- Riesgo contaminación acuíferos por infiltraciones
- Pocos factores de control regulables

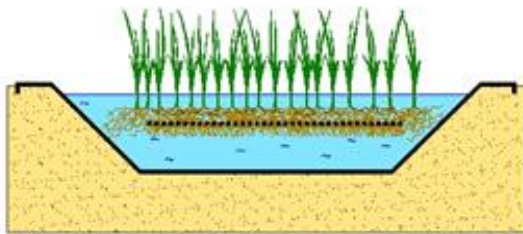
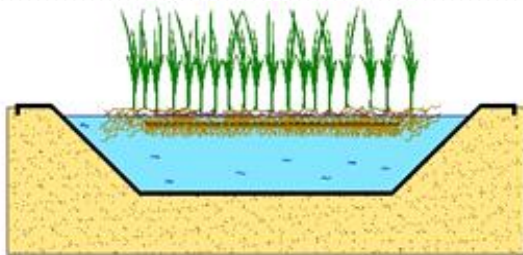
FILTROS INTERMITENTES DE ARENA

EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

- Observación visual de las lagunas para conocer su estado operativo
- Retirada de flotantes y de vegetación perimetral (2 veces/semana)
- Retirada de fangos de las lagunas, preferentemente por vía húmeda (máximo cada 5 años)

MACROFITAS EN FLOTACIÓN

- Las plantas emergentes (eneas, carrizo, etc.) toleran bien las condiciones de falta de oxígeno que se producen en suelos encharcados, al contar canales internos que facilitan el paso de oxígeno desde las partes aéreas hasta la zona radicular
- Los raíces y zonas radiculares y rizomas se entrelazan, formando un manto por el que circula el agua residual. Los microorganismos aerobios, que coloniza las raíces, es responsables de la depuración.
- Precisa de un tratamiento primario.



Sistemas FMF (Filtros Macrofitas en Flotación) y FHS (Filtros de Halofitas Sumergido)



Sistema FMF con soportes plásticos especiales para mantener en flotación los plantones

Macrófitas en flotación

Parámetro	Sistema FMF	Sistema FHS
Superficie ocupada (m ² /h-e)	1- 3	1,5 – 2,5
Profundidad (m)	0,5 – 5,0	< 5
Plantas	Macrófitas emergentes	Eneas y esparganios
Eliminación DBO ₅ (%)	90	90
Eliminación SS (%)	90	90

Energía Consumida:

Nula



EDAR de Fabara (Zaragoza) Sistema FHS y EDAR Los Cortijos (Ciudad Real) Sistema FMF

MACROFITAS EN FLOTACIÓN



Macrofitas en flotación en tratamientos primarios (tanques Imhoff, decantadores–digestores, etc.) → Mejora rendimientos y protección contra los olores (EDAR Langa de Duero)

MACROFITAS EN FLOTACIÓN

VENTAJAS

- Sencillez operativa
- Consumo energético nulo, si se puede operar por gravedad
- No se producen colmataciones
- Buenos rendimientos de depuración / Bajo coste de explotación
- Posible aprovechamiento biomasa vegetal
- Mínima producción olores / Adaptación paisajista

INCONVENIENTES

- Necesitan mucha superficie
- Pocos factores de control regulables

MACROFITAS EN FLOTACIÓN

EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

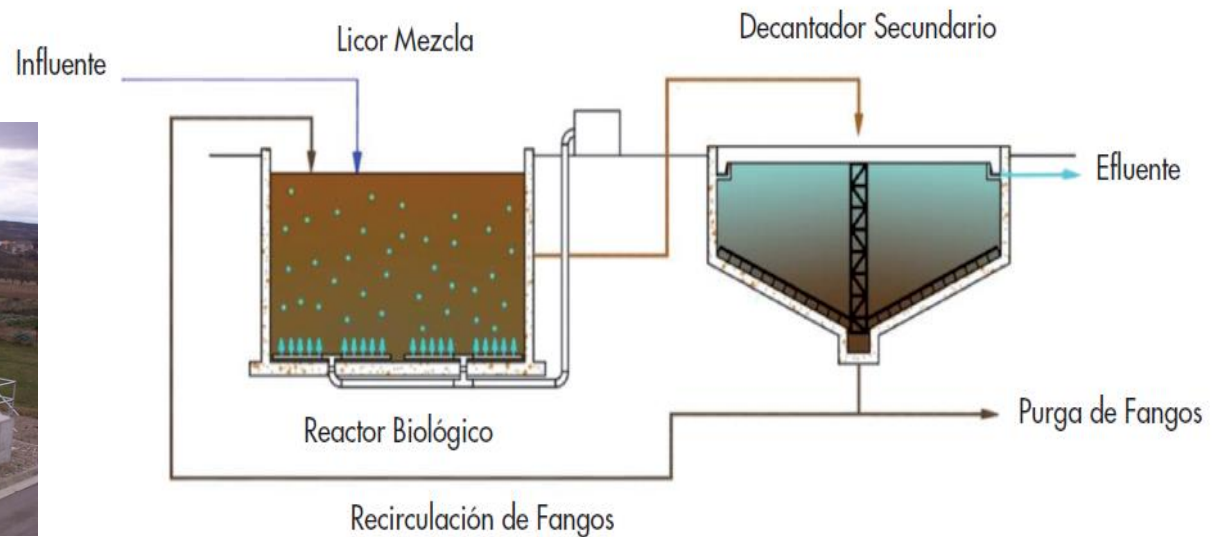
- Comprobación funcionamiento sistema alimentación e impermeabilización
- Siega y evacuación biomasa (anual)
- Prevenir y controlar posibles plagas



TECNOLOGÍAS INTENSIVAS

AIREACIÓN PROLONGADA

- Es una variante del proceso de fangos activos para el tratamiento biológico de las aguas residuales, en la que los fangos salen estabilizados.
- Consta de un reactor biológico, donde se mantiene un cultivo bacteriano en suspensión en condiciones aerobias mediante aireadores mecánicos o difusores y una decantación secundaria, donde se separan los flóculos del agua
- No necesita decantación primaria
- Se adapta bien a la eliminación de nitrógeno.



AIREACIÓN PROLONGADA

VENTAJAS

- Elevada calidad efluente
- Fangos estabilizados / Bajo nivel de olores
- Flexibilidad sobrecargas
- Posibilidad de eliminar N_T con adecuaciones

INCONVENIENTES

- Alto consumo energético / Altos costes de explotación
- Personal cualificado
- Necesidad de utilizar sistemas de control de oxígeno
- Decantación sensible a sobrecargas hidráulicas
- Extracción fangos frecuente

Parámetro	% Reducción
Sólidos en suspensión	85 – 95
DBO ₅	85 – 95
DQO	80 – 90
N-NH ₄ ⁺	90 – 95
N	30 – 40
P	20 – 30

Superficie ocupada:

0,2-0,4 m²/h-e

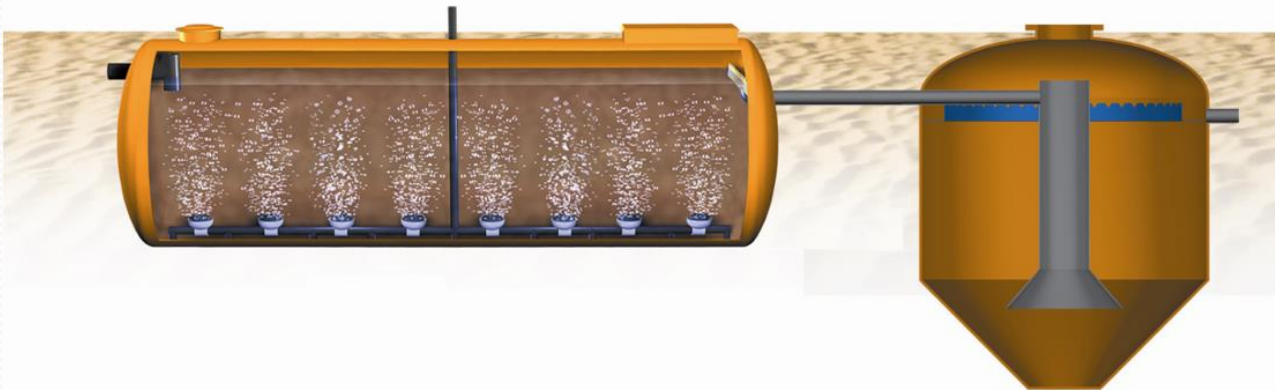
Energía consumida:

2,0-2,5 kwh/kgDBO₅
eliminada

AIREACIÓN PROLONGADA



Por debajo de 250 h.e. son habituales las plantas prefabricadas y compactas



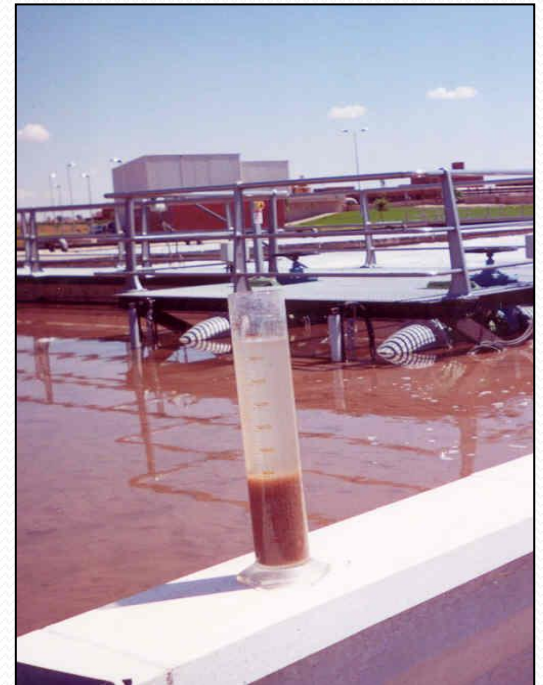
Por debajo de 50 h.e. se exige el **Marcado CE** (**UNE-EN 12566-3**)

Plantas prefabricadas enterradas con decantador integrado y separado (Fuente: REMOSA).

AIREACIÓN PROLONGADA

EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

- Eliminación de espumas y flotantes del reactor
- Comprobación equipos suministro de aire / Comprobación y adecuación sistema de control de oxígeno
- Mantenimiento del medidor de oxígeno
- Comprobación de la concentración MLSS y de la carga másica o edad del fango
- Comprobación decantabilidad del fango
- Eliminación flotantes decantador
- Regulación recirculación de fangos
- Control de los fangos en exceso
- Frecuencia tareas: 3 veces semana

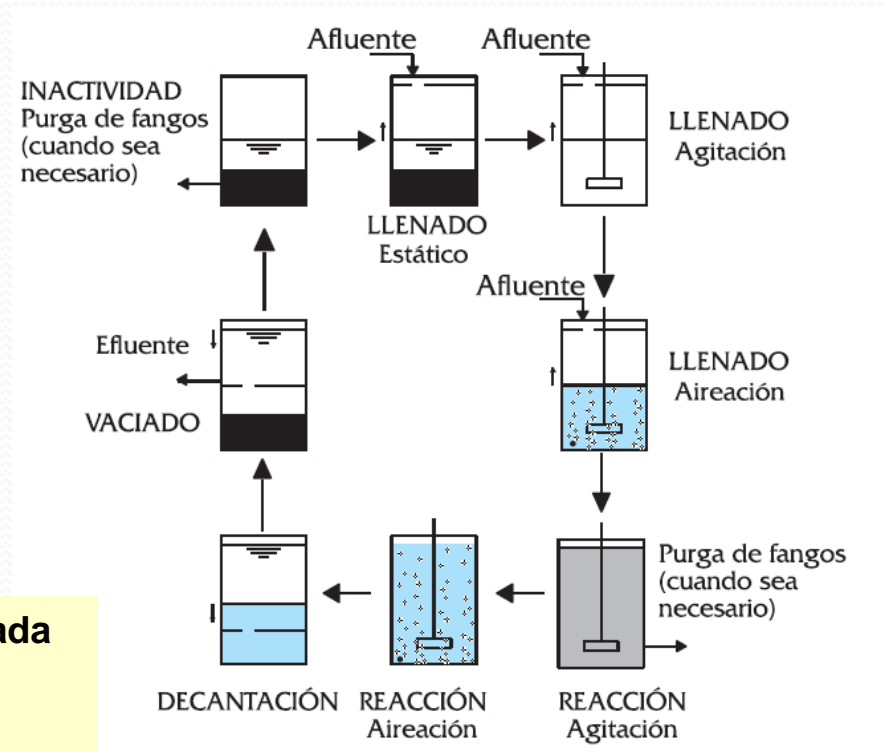


REACTORES SECUENCIALES DISCONTINUOS (SBR)

- Es una variante de los fangos activos convencionales.
- Las reacciones biológicas y la decantación, ocurren en un mismo reactor.
- Los SBR se operan por ciclos, con las siguientes fases. a) llenado; b) reacción; c) Sedimentación; d) Vaciado; e) fase inactiva.
- Se adapta bien a la eliminación de nitrógeno y fósforo.



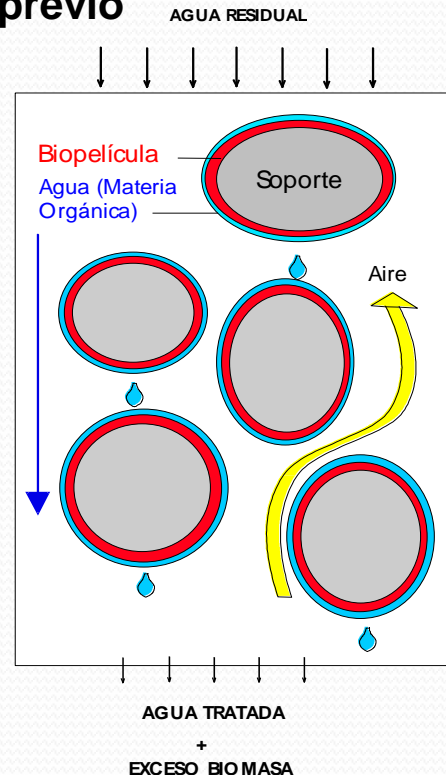
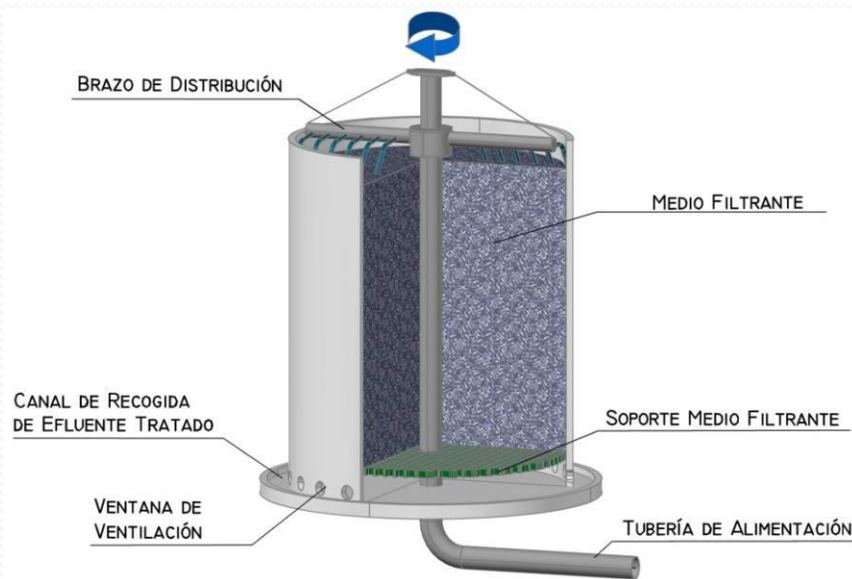
EDAR de Alp (Gerona)



- **RENDIMIENTOS:** Igual aireación prolongada
- **SUPERFICIE:** 0,15-0,30 m²/h-e
- **ENERGÍA:** similar aireación prolongada

LECHOS BACTERIANOS

- Es un proceso aerobio de biopelícula . El agua percola por gravedad a través de relleno (plástico o piedra), que constituye el material soporte sobre el que se desarrollan los microorganismos. La aireación se produce por tiro natural debido a la diferencia de temperatura entre el aire y el agua. Posteriormente el agua pasa a un decantador secundario que separa la biopelícula desprendida del efluente depurado.
- La distribución del agua puede ser mediante sistema fijo o sistema móvil.
- Precisa de un tratamiento primario previo



LECHOS BACTERIANOS

Parámetro	% Reducción
Sólidos en suspensión	85 - 95
DBO ₅	85 - 95
DQO	80 - 90
N-NH ₄ ⁺	60 - 80
N	20 - 35
P	10 - 35

Superficie requerida:

0,35 -0.80 m²/h-e

Energía consumida:

0,6 y 0,9 kwh/ kg
DBO₅ eliminada

VENTAJAS

- Fácil de operar y mantener (equipos robustos)
- Resistente a puntas y sobrecargas
- Consumo energético medio / Costes de explotación medios

INCONVENIENTES

- Bajos ratios de eliminación de NT
- Bajos rendimientos con concentrac. altas de DBO5
- Mala integración paisajística

LECHOS BACTERIANOS

EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

- Verificación sistema de distribución (mojado homogéneo) y generación de fuerza de lavado.
- Comprobación de que no existen atascos.
- Funcionamiento bombes y caudales bombeados
- En caso de alimentación discontinua, vigilancia periodos de aplicación
- Eliminación flotantes en decantador
- Limpieza chapa deflectora y vertederos del decantador, mediante cepillado
- Comprobación decantabilidad del fango.
- Comprobación bombeo y volumen de fangos en exceso
- Frecuencia tareas. 2-3 veces por semana



CONTACTORES BIOLÓGICOS ROTATIVOS

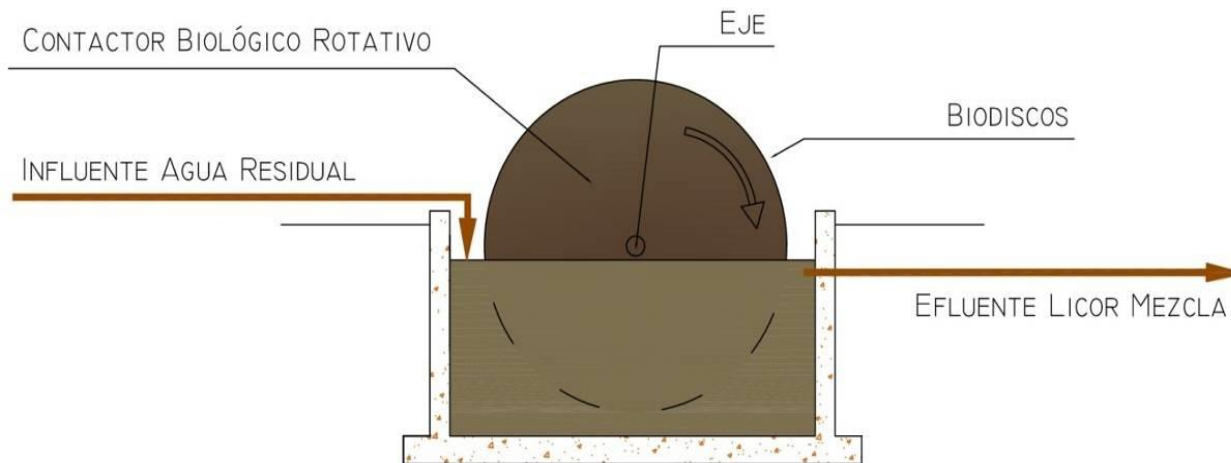
Los microorganismos se hallan adheridos a un material soporte (discos) que queda semisumergido (40%) en el agua residual.

Al girar lentamente el soporte expone su superficie alternativamente al agua y al aire.

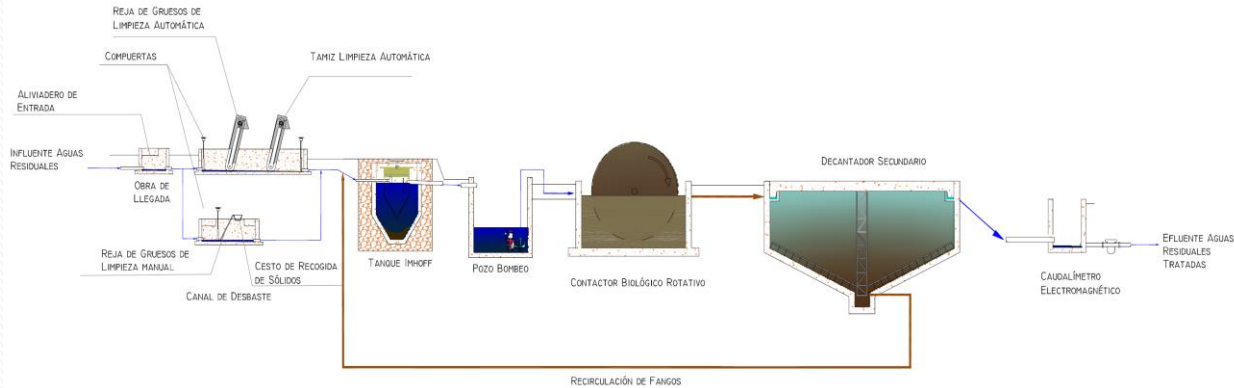
La película de biomasa bacteriana toma el oxígeno necesario del aire atmosférico.

La biomasa desprendida se trata después en un decantador secundario para separar la biopelícula.

Precisa de un tratamiento primario previo



CONTACTORES BIOLÓGICOS ROTATIVOS



Parámetro	% Reducción
Sólidos en suspensión	85 - 95
DBO ₅	85 - 95
DQO	80 - 90
N-NH ₄ ⁺ (sin nitrificación)	20 - 30
N	20 - 35
P	10 - 35

Superficie requerida

0.4-0,7 m²/h-e

Energía consumida

0.3-0,7 kwh/kg DBO₅ eliminado

CONTACTORES BIOLÓGICOS ROTATIVOS

VENTAJAS

- Bajos requisitos de superficie
- Bajo consumo energético
- Explotación relativamente simple
- Bajo nivel de ruidos y olores / integración paisajista
- Resistencia al frío

INCONVENIENTES

- Costes de implantación elevados
- Instalación mecánica relativamente compleja
- Dependencia de los fabricantes por ser sistemas patentados

CONTACTORES BIOLÓGICOS ROTATIVOS

EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

- Comprobación velocidad giro de los contactores
- Comprobación espesor biopelícula y su distribución homogénea
- Inspección visual biopelícula
- Eliminación flotantes en decantador
- Limpieza chapa deflectora y vertederos del decantador, mediante cepillado
- Comprobación decantabilidad del fango.
- Comprobación bombeo y volumen de fangos en exceso
- Frecuencia tareas. 2-3 veces por semana

Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO

INDICE

1. Aspectos generales
2. Información básica para redacción de proyectos
3. Tecnologías de depuración aplicables a pequeñas poblaciones
4. Obra de llegada, pretratamiento y medida de caudal
5. Tratamientos primario
6. Tratamientos secundarios extensivos
7. Tratamientos secundarios intensivos
8. Combinación de tecnologías
9. La gestión del fango en pequeñas poblaciones
- 10 Criterios de selección de tecnologías de tratamiento

Selección de tecnologías

Conocimiento del medio y de las circunstancias locales



ESTUDIOS PREVIOS

Conocimiento de las tecnologías



**CARACTERIZACIÓN
TECNOLOGÍAS**



**SELECCIÓN DE LA TECNOLOGIA
MÁS ADECUADA**

DISEÑO DEL PROCESO

Selección de tecnologías

- Proceso de selección = Ordenar y reflejar el razonamiento.
- Se trata de identificar el tratamiento que mejor encaja con las circunstancias locales.
- Lo importante es tener en consideración todos los aspectos e identificar aquellos que puedan ser limitantes.
- Puede haber varias alternativas válidas, no tiene por qué ser una solución única.

Criterios de selección

CASO DE ESTUDIO	TECNOLOGÍAS
Calidad necesaria en el efluente	Rendimientos
Características del agua residual <ul style="list-style-type: none"> - Contaminantes presentes - Variaciones de caudales y cargas Temperaturas	Adaptación del tratamiento a las características del agua a tratar y a las condiciones ambientales
Disposición de lodos	Producción y características de los lodos
Superficie disponible	Superficie requerida
Características del terreno	Costes de implantación y/o explotación
Capacidad de inversión	Costes de implantación
Capacidad de explotación	Costes de explotación Complejidad de explotación
Sensibilidad del entorno	Impactos generados Integración paisajística, ruidos, olores
Experiencias previas	Aceptación por la población o el operador

Proceso de selección

- I. Análisis de criterios
 1. Identificación de los criterios a considerar
 2. Criterios limitantes => excluyen alternativas
 3. Criterios valorables: ponderación en función de su importancia local
- II. Propuesta de alternativas (las no excluidas)
 1. Prediseño
 2. Estimación de costes de implantación y superficies
- III. Valoración de cada alternativa respecto a cada criterio
- IV. Evaluación y selección de la alternativa o alternativas más adecuadas

Aspectos limitantes

- Calidad a obtener – rendimientos de las tecnologías

Tecnología	Nivel de tratamiento	SS (%)	DBO ₅ (%)	DQO (%)	N-NH ₄ ⁺ (%)	N _T (%)	P _T (%)
Lagunaje	Secundario (a excepción de los SS)	40-80	75-85	70-80	30-70	40-80	30-60
Humedal horizontal	Secundario	90-95	85-90	80-90	20-25	20-30	20-30
Humedal vertical	Secundario con nitrificación	90-95	90-95	80-90	60-70	60-70	20-30
Filtros arena	Secundario con nitrificación	90-95	90-95	80-90	70-80	40-50	15-30
Filtros arena con recirculación	Secundario con nitrificación	90-95	90-95	80-90	70-80	40-50	15-30
Macrófitas flotantes	Secundario o Secundario con nitrificación	85-90	85-90	-	-	-	-
Lechos Bacterianos	Secundario o Secundario con nitrificación	85-95	85-95	80-90	60-80	20-35	10-35
Aireación Prolongada o SBR	Secundario con nitrificación o Secundario con eliminación de N _T ²	85-95	85-95	80-90	90-95	80-85	20-30
Contactores Biológicos Rotativos	Secundario con nitrificación o Secundario con eliminación de N _T ²	> 90	> 90	80-90	90-95	80-85	55-65

Aspectos limitantes

- Superficie del terreno

Requerimiento de superficie	Tecnologías
Muy Bajo ($< 1 \text{ m}^2/\text{h-e}$)	<ul style="list-style-type: none">• SBR ($0,15-0,30 \text{ m}^2/\text{h-e}$)• Aireación Prolongada ($0,2-0,4 \text{ m}^2/\text{h-e}$)• Lechos Bacterianos ($0,35-0,8 \text{ m}^2/\text{h-e}$)• Biodiscos ($0,4-0,7 \text{ m}^2$)
Bajo ($1 - 3 \text{ m}^2/\text{h-e}$)	<ul style="list-style-type: none">• Filtros Intermitentes de Arena (con R)• Macrofitas en flotación
Medio ($3 - 5 \text{ m}^2/\text{h-e}$)	<ul style="list-style-type: none">• Filtros Intermitentes de Arena (sin R)• Humedales verticales
Muy Alto ($> 7 \text{ m}^2/\text{h-e}$)	<ul style="list-style-type: none">• Humedales horizontales• Lagunaje

Aspectos limitantes

- Características del terreno



Aspectos limitantes

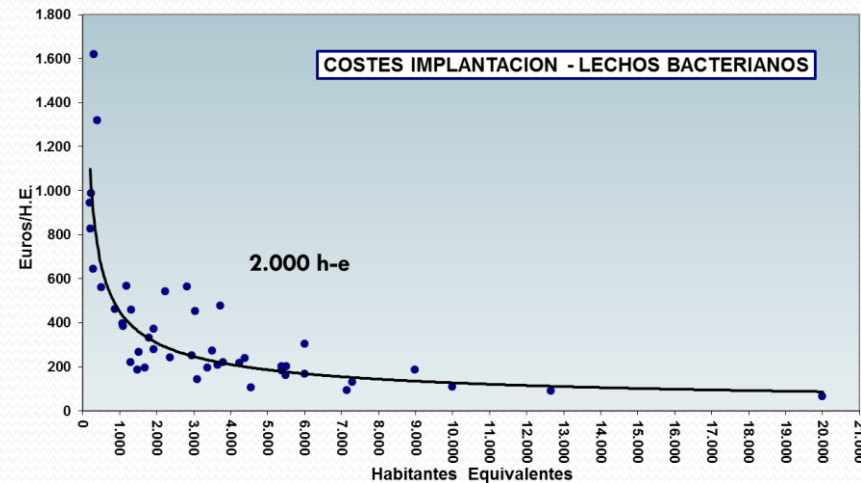
- Suministro eléctrico
- Impactos ambientales



- Disponibilidad presupuestaria
- Capacidad del explotador

Costes de implantación

- Aunque existan estimaciones tipo pueden variar mucho
- Factores a tener en cuenta
 - Características del terreno
 - Nivel freático: alto, variable
 - Tipo de suelo
 - Inundabilidad
 - Coste de algunos materiales o equipos
 - Lejanía de la población
 - Disponibilidad de materiales y personal.



Costes de implantación para una EDAR de 1.000 h-e

Costes de implantación €/h-e*	Tecnologías
140-180	<ul style="list-style-type: none">• Macrofitas flotantes
200-240	<ul style="list-style-type: none">• Filtros intermitentes de arena• Aireación prolongada• Lechos bacterianos
200-280	<ul style="list-style-type: none">• Lagunaje• Humedales Artificiales Subsuperficiales
320-260	<ul style="list-style-type: none">• Contactores Biológicos Rotativos

* Costes en 2010

Operación y mantenimiento

- Todo se debe mantener. Todo cuesta
- Limitaciones para la explotación
 - Recursos económicos disponibles
 - Capacidad de operar sistemas complejos
- No se debe construir algo que no se va a poder mantener
- Se debe asegurar que la entidad de gestión tiene las capacidades y recursos necesarios



Consumo energético

Consumo energético	Tecnologías
Nulo o Muy Bajo	<ul style="list-style-type: none">• Macrofitas en flotación• Lagunaje• Humedales Subsuperficiales• Filtros intermitentes de Arena
Medio 0,3-0,7 kWh /kg DBO ₅ eliminado	<ul style="list-style-type: none">• Biodiscos
Medio 0,6-0,9 kWh/kg DBO ₅ eliminado	<ul style="list-style-type: none">• Lechos bacterianos
Muy Alto 2-2,5 kWh/kg DBO ₅ eliminado	<ul style="list-style-type: none">• Aireación Prolongada.• SBR

Costes de explotación para una EDAR de 1.000 h-e

Costes de explotación €/h-e. año*	Tecnologías
6-10	<ul style="list-style-type: none">• Lagunaje
10-15	<ul style="list-style-type: none">• Macrofitas flotantes• Filtros intermitentes de arena
16-20	<ul style="list-style-type: none">• Humedales Artificiales Subsuperficiales• Lechos Bacterianos• Contactores Biológicos Rotativos
22-26	<ul style="list-style-type: none">• Aireación Prolongada• SBR

* Costes en 2010

Complejidad en la explotación y mantenimiento

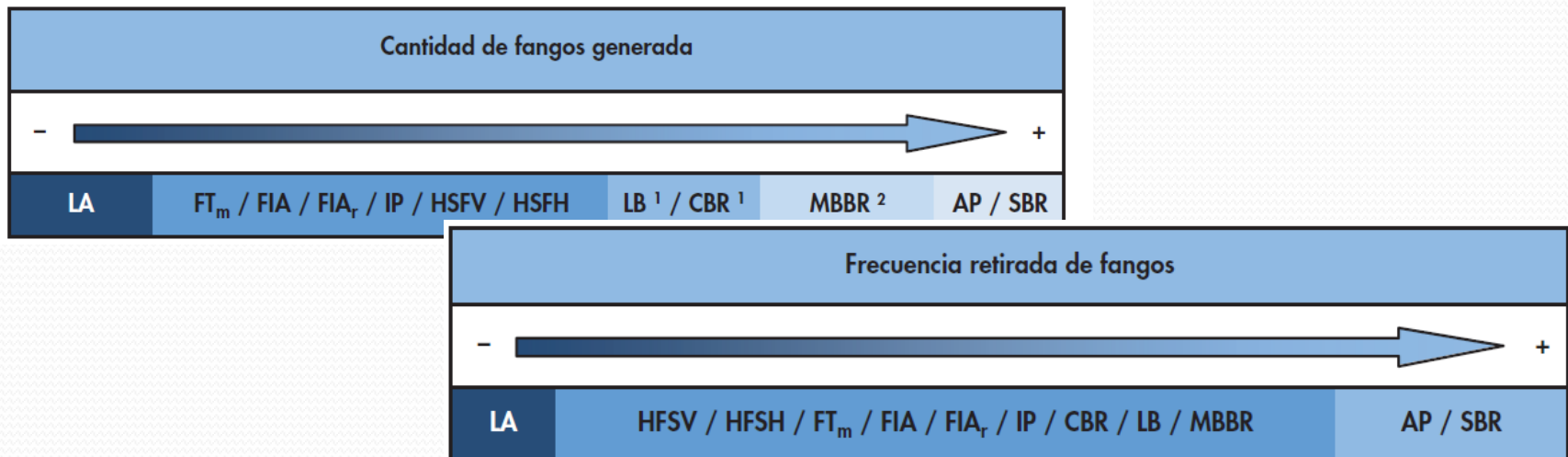
Grado de complejidad	Tecnologías
Muy bajo	<ul style="list-style-type: none">• Lagunaje
Medio bajo	<ul style="list-style-type: none">• Macrofitas flotantes• Filtros intermitentes de arena• Humedales Subsuperficiales
Medio alto	<ul style="list-style-type: none">• Lechos Bacterianos• Contactores Biológicos Rotativos
Alto	<ul style="list-style-type: none">• Aireación Prolongada• SBR

Otros criterios de selección

- Adaptación a las características del agua

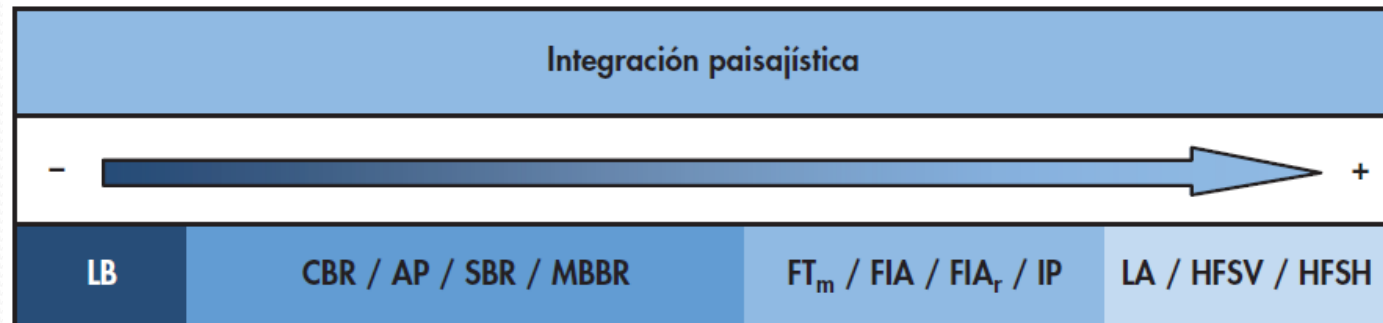
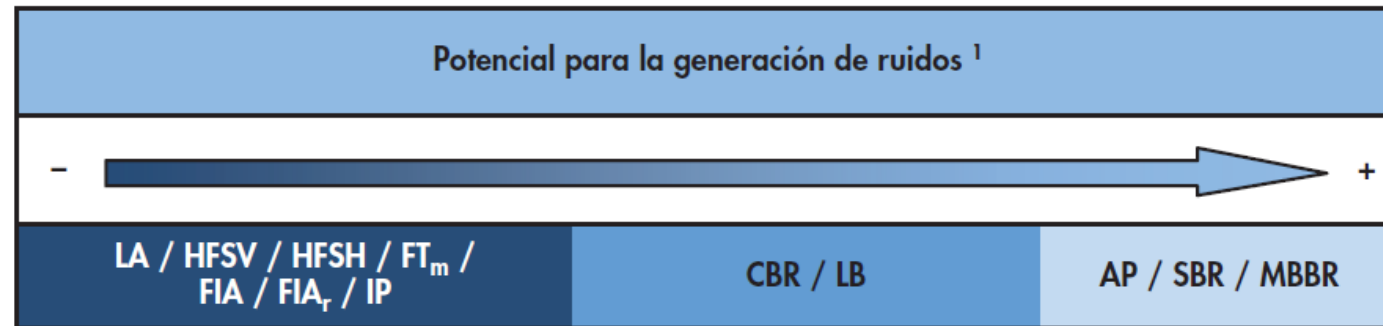
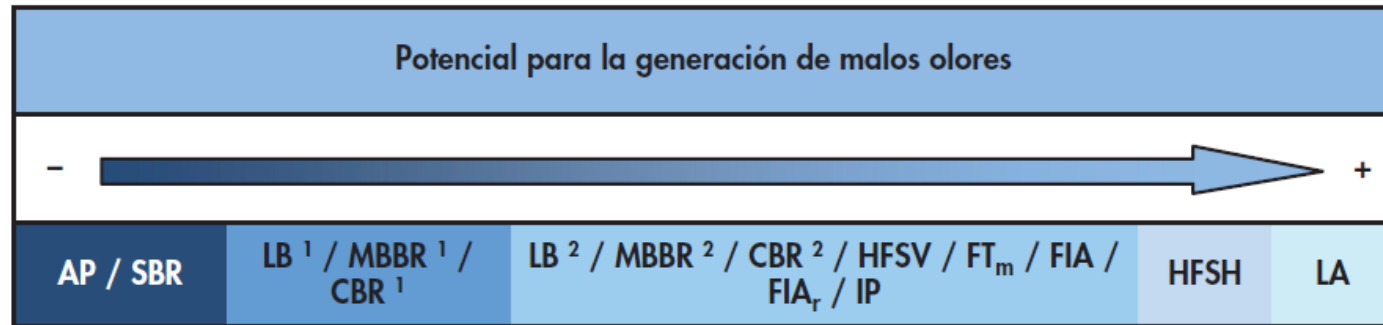


- Producción y características de los fangos



Otros criterios de selección

- Impactos





Gracias por su atención

ignacio.rio@cedex.es