

Curso de Operario de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales

AGUASRESIDUALES.INFO

 **aeopas**

Asociación Española de Operadores
Públicos de Abastecimiento y Saneamiento

**Módulo 12: Depuradoras intensivas pequeñas
poblaciones**

**Módulo 13: Depuradoras extensivas pequeñas
poblaciones**

Juan José Salas Rodríguez

jjsr1955@gmail.com



Tarjeta de visita: Planta Experimental de Carrión de los Céspedes (Sevilla) (1990- 2021)



Inauguración: 1990

Extensión: 41.000 m²

**Unidades de tratamiento: >
40**

**Parcela ensayos reúso
agrícola: 6.000 m² + 12.000
m² (olivar)**

Laboratorios

Aulas de formación

**Estación meteorológica
(AEMET)**

Gestión: AMAYA (2023)

<https://www.youtube.com/watch?v=SqDTQ3vcAlc>

Tarjeta de visita: Transferencia Tecnológica



MINISTERIO
DE ASUNTOS EXTERIORES
Y DE COOPERACIÓN



aecid



Agencia Andaluza de
Cooperación Internacional para el Desarrollo
**CONSEJERÍA DE ADMINISTRACIÓN
LOCAL Y RELACIONES INSTITUCIONALES**



BID

Banco Interamericano de Desarrollo



¿Qué entendemos por pequeñas poblaciones?

Pequeñas poblaciones

De forma genérica, en España, denominamos pequeñas poblaciones a las que cuentan con menos de 2.000 habitantes equivalentes.



1 habitante equivalente (h.e.): la carga orgánica biodegradable, con una demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO_5), de 60 gramos de oxígeno por día.

$$\text{h.e.} = Q \text{ (m}^3/\text{d)} \times \text{DBO}_5 \text{ (mg O}_2/\text{l} = \text{g O}_2/\text{m}^3) / 60 \text{ g O}_2/\text{d}$$



La importancia de la pequeñas poblaciones en España

Municipios en España por tamaño (2019)



En España, de los 8.132 municipios existentes, 5.877 (72%) cuentan con una población menor de 2.000 habitantes.

La importancia de la pequeñas poblaciones en Uruguay

Tamaño de la población (habitantes)	Número de poblaciones	% de la población total
> 500.000	1	40 %
50.000 - 500.000	7	15 %
20.000 - 50.000	17	15 %
10.000 - 20.000	16	7 %
5.000 - 10.000	33	8 %
2.000 - 5.000	50	4,8 %
1.000 - 2.000	50	2,2 %
< 1.000	408	3 %
Rural		5 %
Población total (2024): 3.426.260 habitantes		

Características del tratamiento de las aguas residuales generadas en las pequeñas poblaciones

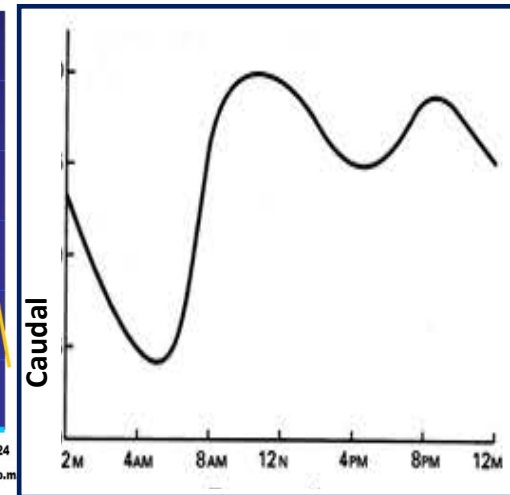
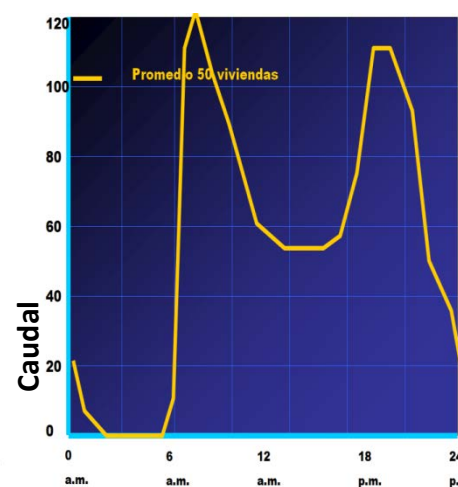
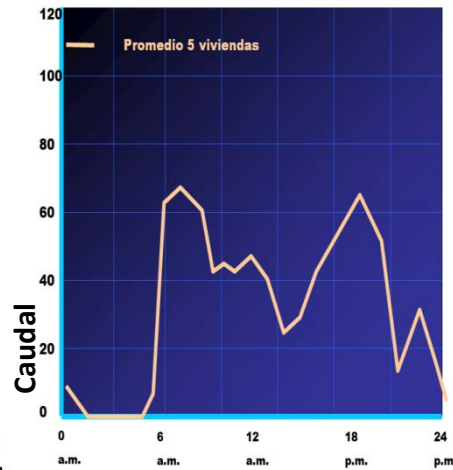
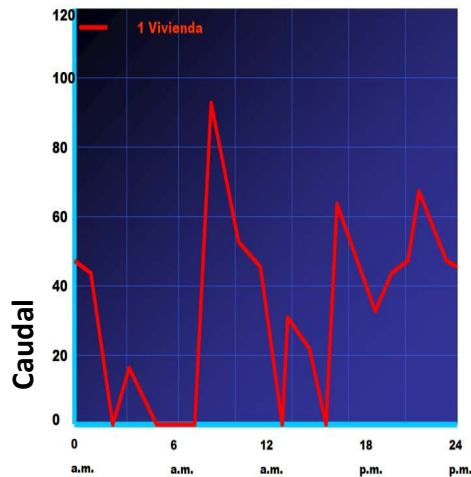
¿Por qué hablamos de la depuración en las pequeñas poblaciones?

Condicionantes de carácter:

- **Técnico**
- **Socioeconómico**

Condicionantes de carácter técnico

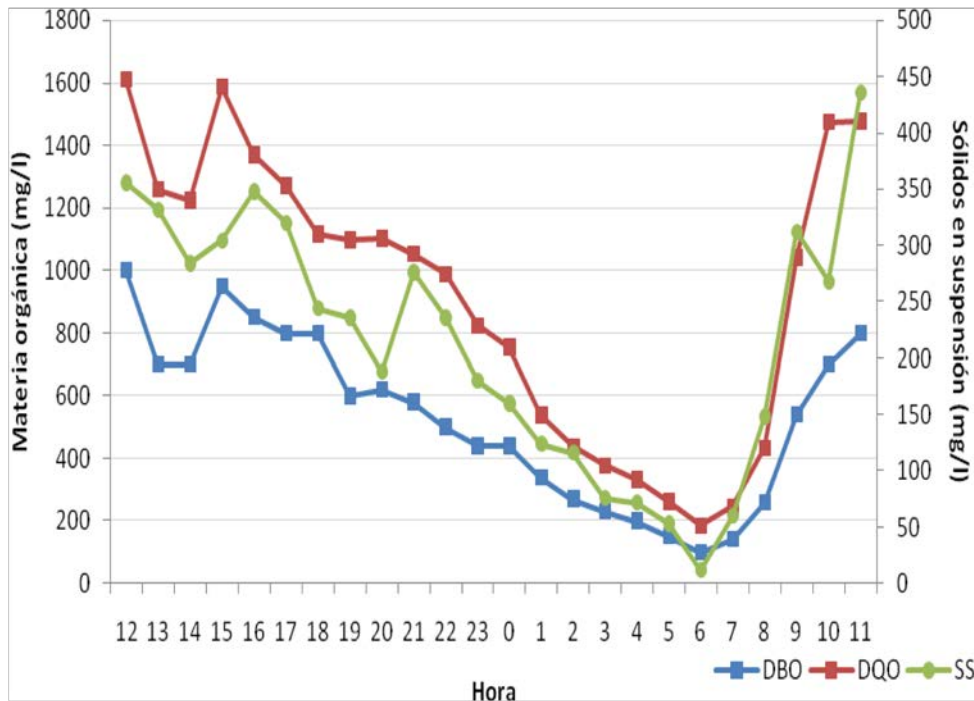
Fuertes oscilaciones diarias de los caudales de las aguas residuales a tratar



En las pequeñas poblaciones una medida puntual de caudal **NO ES REPRESENTATIVA.**

Condicionantes de carácter técnico

Fuertes oscilaciones diarias de las concentraciones de las aguas residuales a tratar



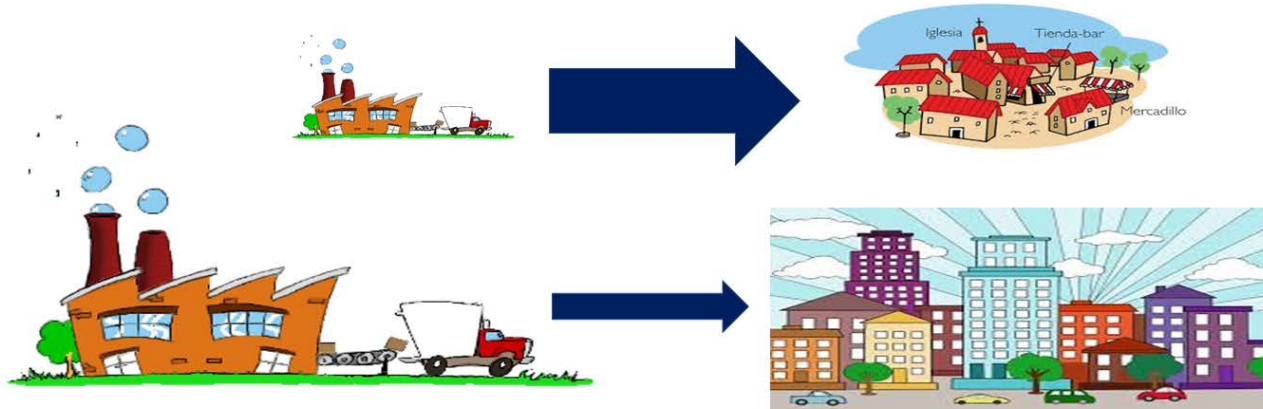
Variaciones diarias de las concentraciones de los contaminantes presentes en las aguas residuales de una población de 2.500 h.e.

En las pequeñas poblaciones una toma de muestra puntual **NO ES REPRESENTATIVA.**

Condicionantes de carácter técnico

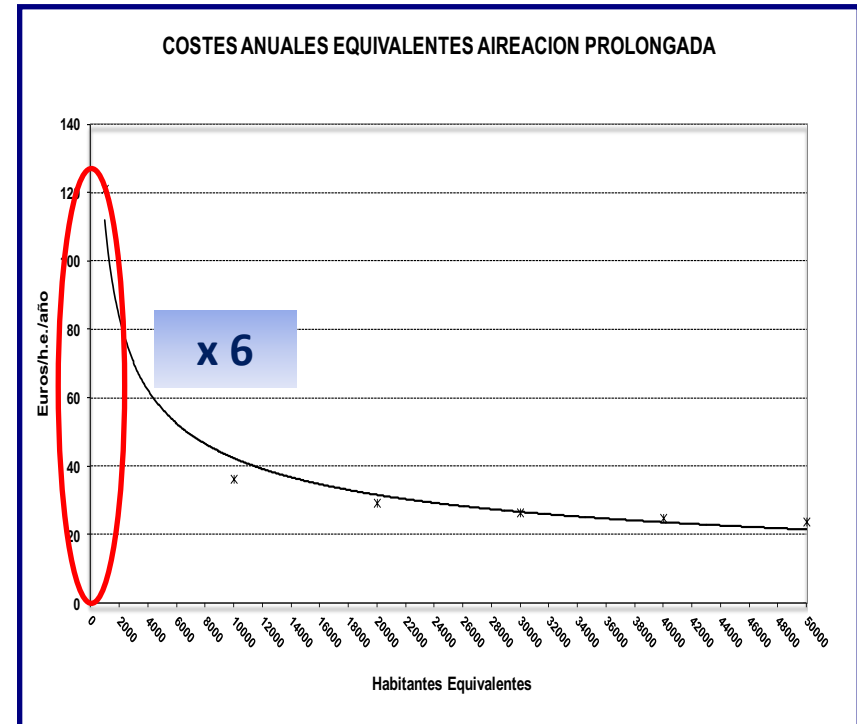
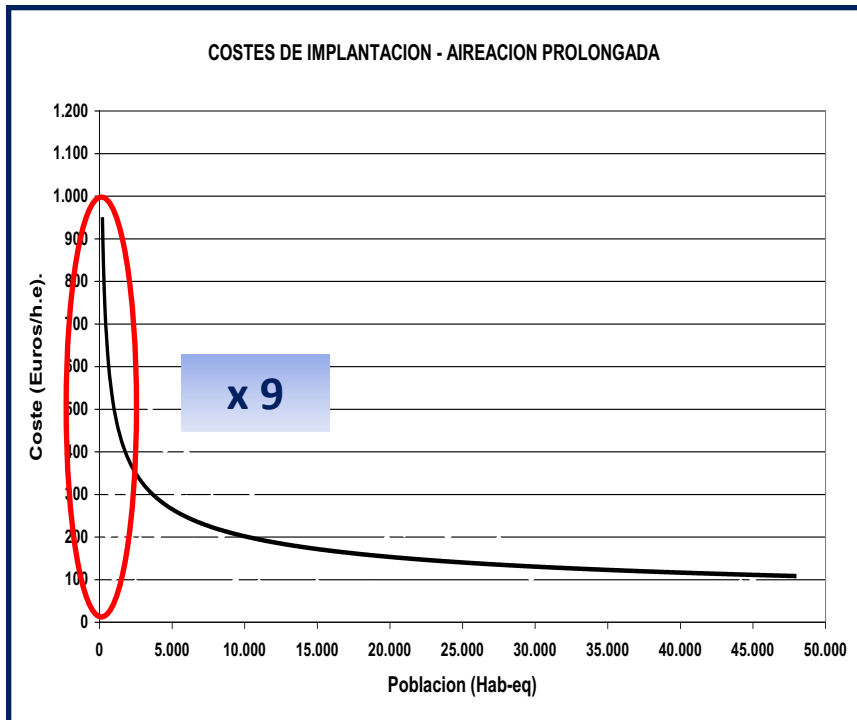
Dada la *escasa cuantía de los vertidos* generados en las pequeñas poblaciones (*escasa capacidad de amortiguación*), *sus caudales y concentraciones se ven muy afectados* por:

- Incrementos estacionales de la población a tratar
- Vertidos agroindustriales
- Intrusiones de aguas subterráneas en la redes de alcantarillado, por su estado deficiente



Condicionantes de carácter socioeconómico

- Las pequeñas poblaciones, en general, cuentan con escasos recursos económicos y técnicos para afrontar la operación y mantenimiento de sus EDAR/PTAR.
- Las pequeñas poblaciones no se benefician de la economía de escala.



Requisitos de las tecnologías de tratamiento de las aguas residuales en pequeñas poblaciones

En el tratamiento de las aguas residuales generadas en las pequeñas poblaciones, deben primarse las tecnologías que mejor se ajusten a los siguientes requisitos:

- ***Procesos que requieran un tiempo mínimo de operador***
- ***Equipos que requieran un mínimo de mantenimiento***
- ***Funcionamiento eficaz ante un amplio rango de caudal y carga***
- ***Gasto mínimo de energía***
- ***Instalaciones donde los posibles fallos de equipos y procesos causen el mínimo deterioro de calidad en el efluente***
- ***Máxima integración en el medio ambiente***

Fuente: EPA (1977)

Tecnologías de tratamiento de las aguas residuales en pequeñas poblaciones en España

Comunidad Autónoma	1 ^{era} tecnología (más abundante)	2 ^a tecnología	3 ^{era} tecnología	Otras tecnologías** (menos abundantes)
Andalucía	Tratamiento primario*	Aireación prolongada	Filtros de turba	CBR, Lagunaje, Humedal Artificial, Lechos bacterianos
Aragón	Aireación prolongada	Lechos bacterianos	Biodiscos	Tratamiento primario
Asturias	Tratamiento primario*	Aireación prolongada	Lagunaje	Biológico con eliminación de N y P
Cantabria	Aireación prolongada	Aireación prolongada y lagunaje	Tratamiento primario	
Castilla-La Mancha	Aireación prolongada y lagunaje	Aireación prolongada y lagunaje	Lechos bacterianos	CBR, tratamientos primarios y filtros verdes
Castilla y León	Tratamiento primario*	Aireación prolongada	Fosas sépticas + filtros biológicos	Lagunaje, lechos bacterianos, filtros de turba
Cataluña	Aireación prolongada	Biodiscos	Humedales artificiales, filtros verdes, lechos bacterianos	Lagunaje, tratamientos primarios
Extremadura	Aireación prolongada	Biodiscos	Lechos bacterianos	Lagunaje
Galicia	Aireación prolongada	Lecho bacteriano	Tratamiento primario	Tratamiento físico-químico
La Rioja	Aireación prolongada	Lechos bacterianos	Lagunaje	Biocilindros
Madrid	Aireación prolongada	Biodiscos	Lechos de turba	Filtros verdes
Navarra	Tratamiento primario (fosa séptica)	Lechos bacterianos	Biomasa fija sobre lecho móvil (MBBR)	Humedal y filtro de arena + lagunaje, aireación prolongada
Valencia	Aireación prolongada	Lechos de turba	Biodiscos/ biocilindros	Lechos bacterianos
País Vasco	Tratamiento primario*	Zanjas, lechos y pozos filtrantes, lagunaje, filtros de turba	Aireación Prolongada	

* Principalmente tanques Imhoff y fosas sépticas

** CBR = Contactores Biológicos Rotativos. SBR = Reactores Secuenciales

Fuente: CENTA (2008)

Tecnologías de tratamiento de las aguas residuales en pequeñas poblaciones en Uruguay

- Tratamientos primarios (fosas sépticas)
- Lagunas de estabilización
- Humedales



**SISTEMA PARA LA MEJORA
DE LA CALIDAD DE LOS
EFLUENTES DE MEVIR**



CTAGUA
CENTRO TECNOLÓGICO DEL AGUA

efice

Movimiento para la Erradicación de la Vivienda Insalubre Rural (MEVIR)

Tecnologías de tratamiento de las aguas residuales en pequeñas poblaciones en Uruguay

- Fosa séptica en cada vivienda.
- Sistemas de colectores de efluente decantado, diámetros y pendientes de red inferiores a los standard y por consiguiente menores costos.
- Tratamientos del efluente decantado: Lagunaje o Humedales subsuperficiales de flujo horizontal



Requisitos de los tratamiento de las aguas residuales en pequeñas poblaciones

ESPAÑA



**Directiva 91/271/CEE
Tratamiento adecuado**

**Nueva Directiva europea (~ 2027)
A partir de 1.000 h.e.: Tratamiento
Secundario**

Parámetro	mg/l
Sólidos en suspensión	35
DBO ₅	25
DQO	125



URUGUAY

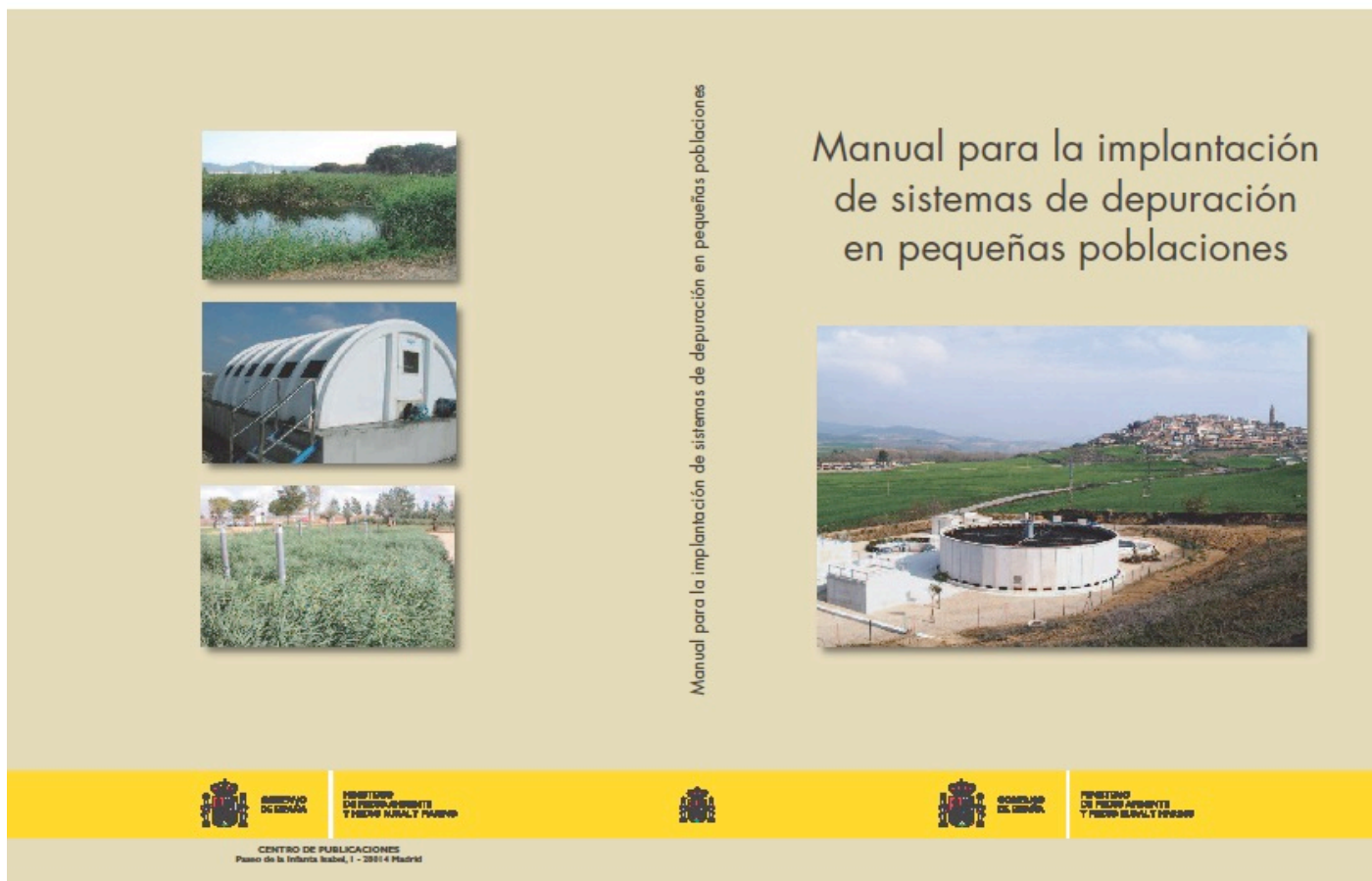
Decreto 253/79

Desagües directos a cursos de aguas

Parámetro	mg/l
Sólidos en suspensión	150
DBO ₅	60
Namoniaca (N)	5
P _{Total} (P)	5

Metodología empleada en la clase

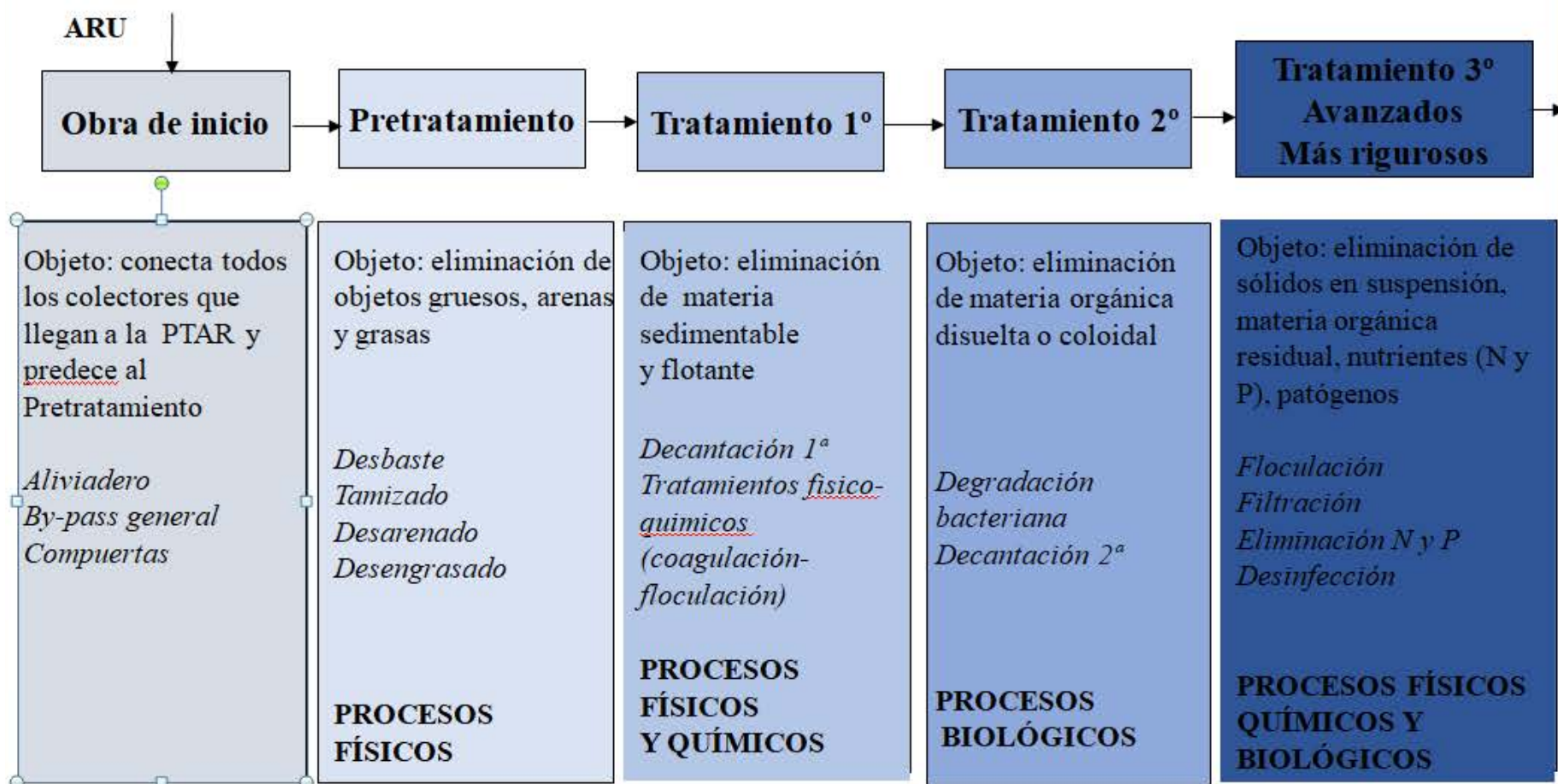
- 1.- Breve descripción de la tecnología de tratamiento**
- 2.- Labores de operación/mantenimiento y frecuencia de las mismas**
- 3.- Chequeo para el control visual**
- 4.- Casos reales**
- 5.- Anomalías, causas y soluciones**



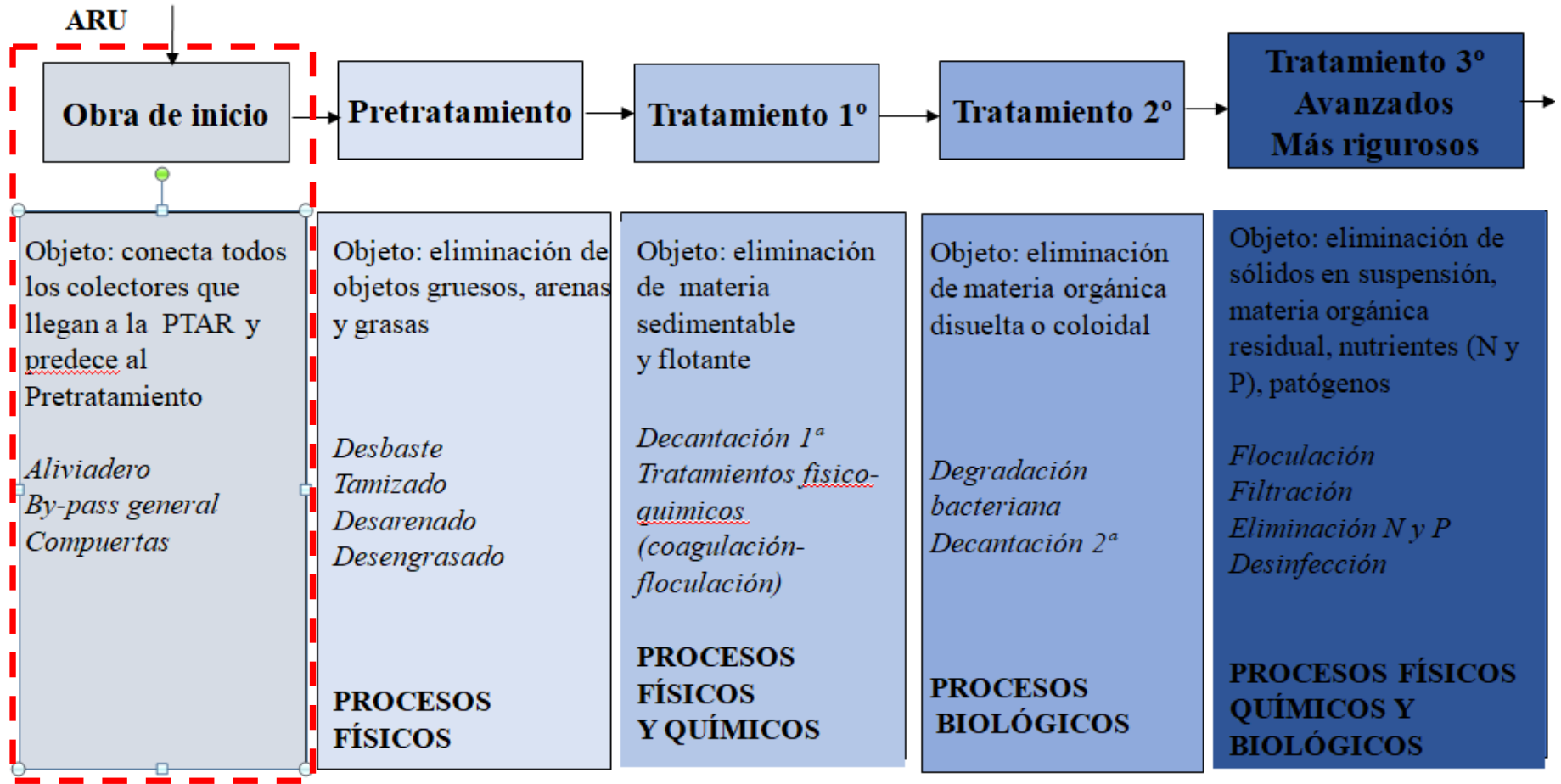
www.aragon.es/documents/20127/24009052/Manual+CEDEX2.pdf/32188fba-b20f-ecac-fb01-49a15e0e3cd9?t=1578648844927

Diagrama de básico de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

Diagrama básico de una PTAR

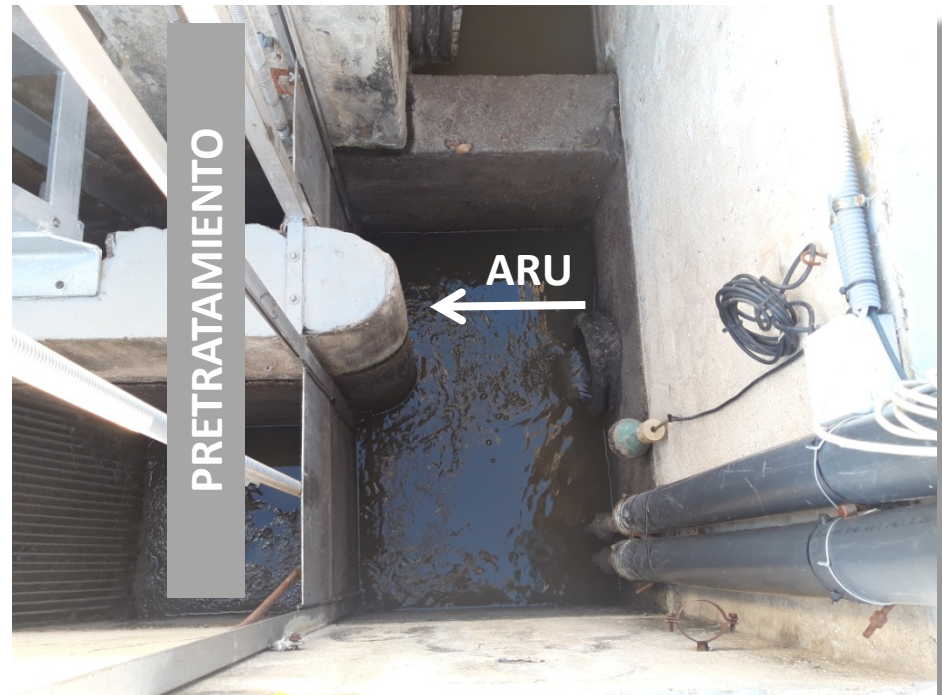


Obra de inicio



Obra de inicio

Las aguas a tratar en las PTAR deben ingresar previamente en una ***cámara de llegada (obra de inicio)***, a la que se conectan todos los colectores que transportan las aguas residuales generadas por la población a la que se le da servicio, para su tratamiento. Tras esta cámara se disponen las distintas etapas del ***pretratamiento***.



Obra de inicio: elementos

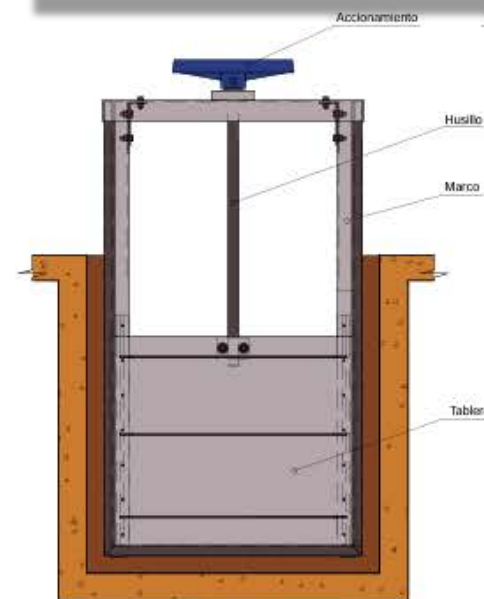
La obra de inicio debe contar con los siguientes elementos:

- **Aliviadero:** todo caudal de las aguas residuales que supere al de diseño deberá derivarse de la PTAR, evitando que entre en ella. El *aliviadero* es el dispositivo que facilita evacuar los excedentes de caudal y que también permite derivar todo el caudal afluente a la instalación de tratamiento, en aquellas situaciones en las que esta deba aislarse por problemas operativos, u otras circunstancias.
- **By-pass general:** para la evacuación de las aguas procedentes del aliviadero, a través de una tubería, o de un canal abierto, dirigiéndolas hacia la zona de salida de las aguas tratadas en la PTAR.
- **Compuertas:** permiten *aislar la PTAR en caso necesario*, evacuando las aguas que llegan a través del aliviadero y el by-pass.



Obra de inicio: operación y mantenimiento

- Si se detectan **sedimentaciones** en la **Obra de inicio**, será necesario proceder a su limpieza, puesto que de no hacerse se producirán aliviados con caudales de aguas residuales inferiores a los adoptados para el diseño del aliviadero.
- Semanalmente, se comprobará el correcto funcionamiento de las **compuertas** ubicadas en esta zona y que permiten by-pasar el caudal excedente de la PTAR en caso de necesidad.
- Se comprobará semanalmente que la **línea de by-pass** no presenta obstrucciones que impidan evacuar los caudales de aguas residuales superiores a los de diseño, o by-pasar directamente las aguas residuales influentes sin pasar por la PTAR, en caso de necesidad.
- Mensualmente, se procederá al engrasado de los **vástagos de accionamiento de las compuertas** ubicadas en la obra de inicio.



Fuente: DAGA

Obra de inicio: control visual

	SI	NO
¿La PTAR cuenta con obra de inicio?		
¿Se observan sedimentos en el fondo de la obra de inicio?		
¿La obra de inicio cuenta con aliviadero?		
¿Existen compuertas para aislar la PTAR en caso de necesidad?		
Si existen, ¿las compuertas son fáciles de manejar?		
¿Permiten las compuertas cortar todo el flujo de agua?		
Si las compuertas son metálicas ¿presentan corrosión?		
¿Está limpia la tubería de by-pass?		
¿Las aguas residuales presentan un olor diferente al habitual?		
¿Las aguas residuales presentan un color diferente al habitual?		

Obra de inicio: control visual

	SI	NO
¿Las aguas residuales presentan gran cantidad de grasas?		
¿Las aguas residuales presentan otros flotantes?		
¿Las aguas residuales presentan un aspecto muy diluido?		
Si es así ¿hace poco que ha llovido en la zona?		

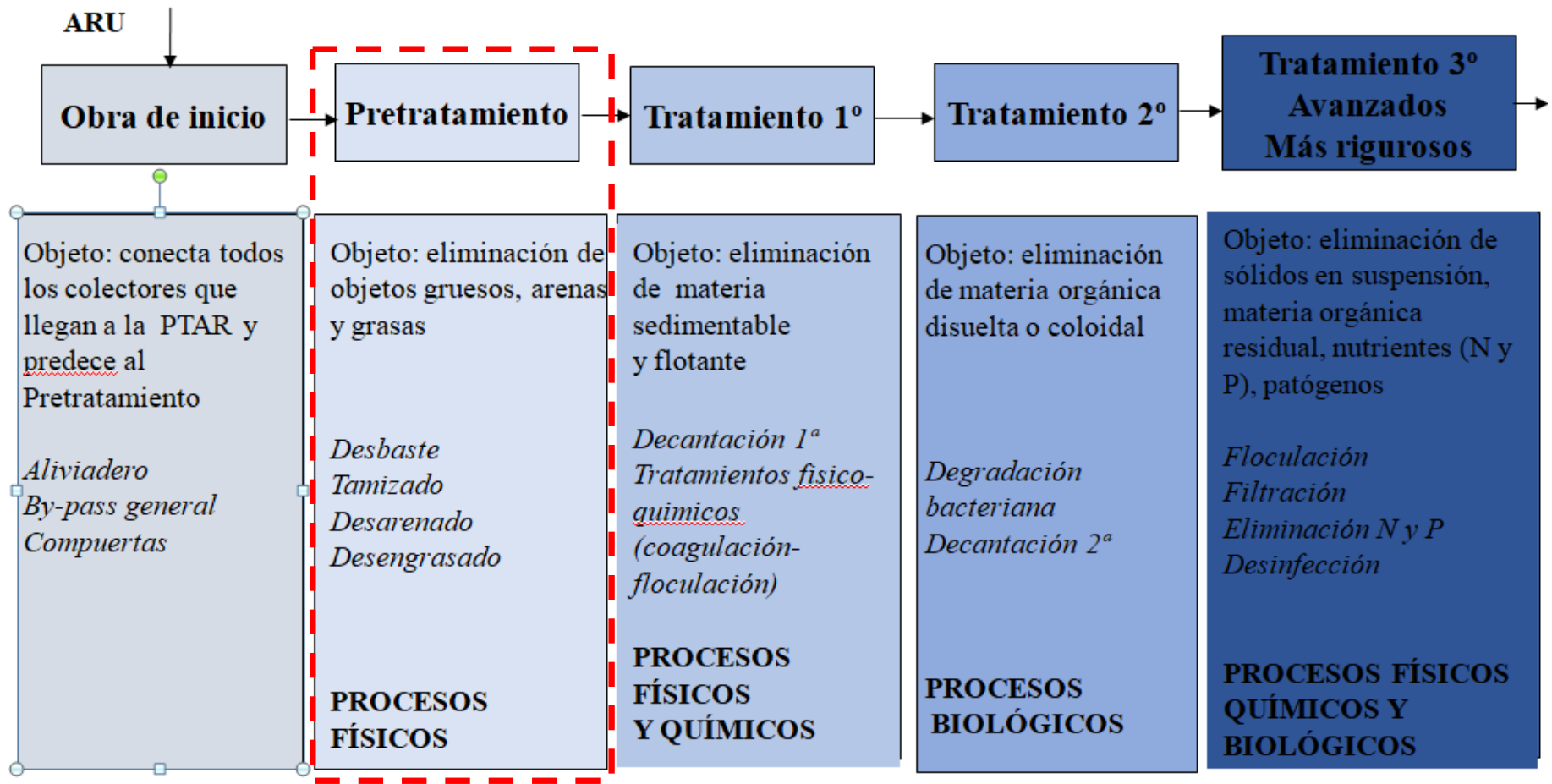
Obra de inicio: casos reales



Obra de inicio: casos reales



Pretratamiento



Pretratamiento

- Conjunto de operaciones físicas/mecánicas que tienen por ***objeto separar la mayor cantidad posible de materias (sólidos gruesos, arenas, grasas)*** que, por su naturaleza o tamaño, pueden dar lugar a problemas en las etapas posteriores del tratamiento.
- Su correcto diseño y explotación son de ***suma importancia*** para evitar: obstrucciones de tuberías, válvulas y bombas, desgaste de equipos, acumulación de arenas y sobrenadantes, pérdidas de rendimientos, etc.
- Etapas que lo conforman habitualmente:
 - **Desbaste**: eliminación de objetos gruesos
 - **Desarenado** (prescindible en redes separativas bien operadas)
 - **Desengrasado** (prescindible si el contenido es bajo y existe un tratamiento primario posterior).

Pretratamiento: DESBASTE

- **Objetivo:** *eliminación de sólidos* (piedras, ramas, plásticos, trapos, etc.), mediante su interceptación en ***rejas*** o ***tamices***.
- Las rejas consisten en ***barras paralelas*** que se anteponen al flujo, con separación uniforme entre ellas.
- Los tamices están constituidos por ***placas perforadas*** o ***mallas metálicas***.
- La luz de paso es ***mayor*** en las rejas que en los tamices.



Reja



Tamiz

Pretratamiento: DESBASTE, tipos de rejas

- Según el ***tamaño de paso entre barrotes***:
 - **Rejas de gruesos**: el paso libre entre los barrotes es de **20 a 60 mm** (valor normal entre 20 y 30 mm).
 - **Rejas de finos**: el paso libre entre los barrotes es de **6 a 12 mm** (valor normal 10 mm).
- En función de ***cómo se realice su limpieza***:
 - Rejas ***de limpieza manual***, con rastrillo y cestillo perforado para acumular los sólidos.
 - Rejas ***de limpieza mecanizada***, disponen de un peine rascador que, periódicamente y de manera automática, limpia la reja.

Pretratamiento: DESBASTE, tipos de rejillas



Reja de gruesos de
limpieza manual.
(Su longitud no debe exceder lo
que se pueda rastrillar
fácilmente a mano).



Reja recta de limpieza automática.
(canales profundos)



Reja curva de limpieza automática.
(canales poco profundos: 0,4 – 2,0 m)

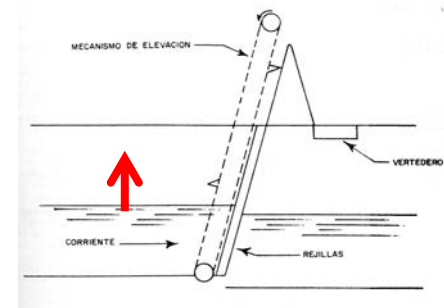
La tendencia se orienta al uso de rejillas de limpieza automática

Pretratamiento: **DESBASTE**, tipos de rejillas

Funcionamiento de las rejillas de limpieza automática

El funcionamiento del dispositivo de limpieza de las rejillas, puede automatizarse, mediante:

- **Temporización:** se establece la secuencia de trabajo *en función del tiempo de funcionamiento diario calculado*, mediante un temporizador horario.
- **Pérdida de carga:** la operación de limpieza se pone en marcha automáticamente *cuando la pérdida de carga entre la zona anterior y posterior de la reja, debido a la colmatación parcial de la misma, sobrepasa un valor establecido*.
- **Sistema combinado de temporización y pérdida de carga.**



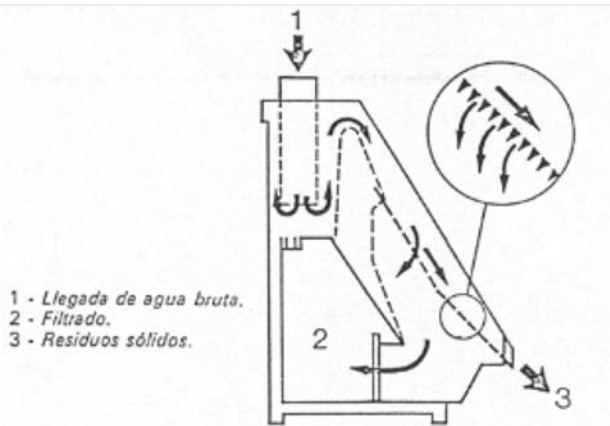
Las rejillas deben ir equipadas con un dispositivo **limitador de par**, para que **en caso de sobrecarga o de bloqueo** las pongan **fuera de servicio**, evitando el deterioro de las mismas.

Pretratamiento: DESBASTE, tamices

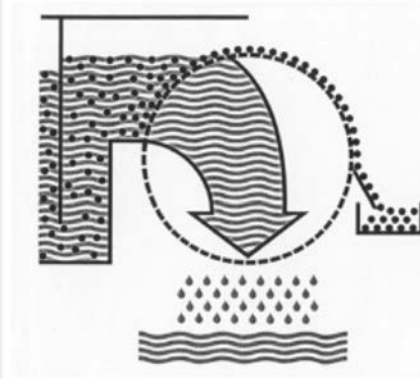
- El tamizado consiste en una ***filtración sobre un soporte delgado perforado***.
- Para el Pretratamiento de las aguas residuales se utilizan ***pasos entre 0,5 y 3,0 mm***.
- En la actualidad su uso está generalizado ***sustituyendo a las rejillas de finos***, e incluso en pequeñas instalaciones sustituyendo a la operación de desarenado y al tratamiento primario.
- En función de la luz de paso se pueden obtener los siguientes ***rendimientos***:
 - Retención de DBO_5 : 10 - 15%
 - Retención de S.S.: 15 - 25%
 - Retención de arenas: 10 - 80%

Pretratamiento: *DESBASTE*, tipos de tamices

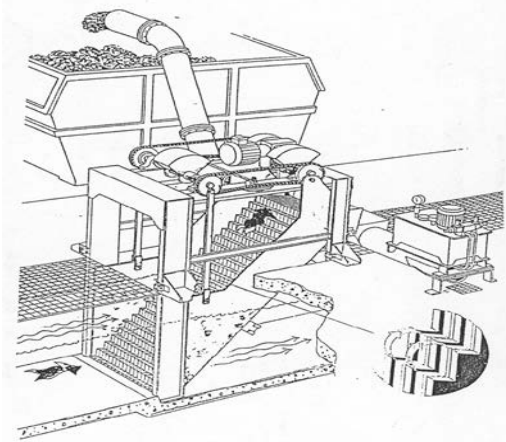
Tamiz estático autolimpiante



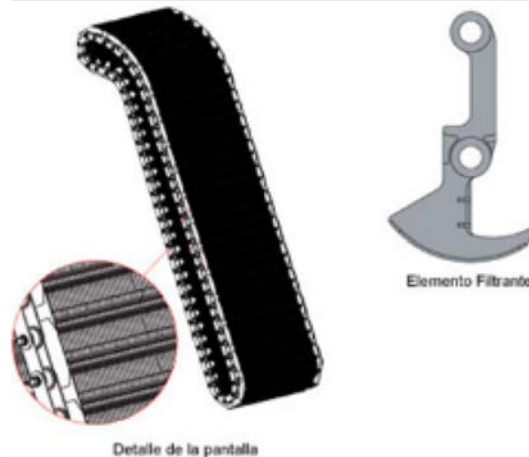
Tamiz rotativo o de tambor



Tamiz de escalera



Tamiz de deslizante



Rejas de desbaste: operación y mantenimiento

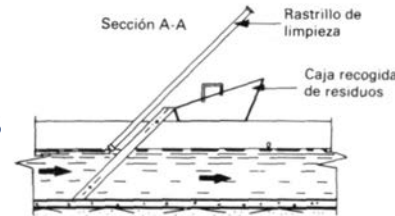
De forma genérica

- En aquellos casos en que el desbaste se ubique en distintos canales en paralelo, **quincenalmente** se procederá a comprobar el **funcionamiento y estanqueidad de las compuertas**, que permiten enviar las aguas hacia el canal que en cada momento se encuentre operativo. Si dichas compuertas tienen vástagos de accionamiento, **mensualmente** se efectuará el **engrase** de los mismos.
- Cuando se **detecten sedimentaciones en el fondo de los canales** en los que se ubican las rejas de desbaste, se procederá a su extracción manual para su envío a relleno sanitario.



Rejas de desbaste de limpieza manual

- La limpieza de las rejas manuales se efectuará por **rastrillado**, depositándose los residuos que se extraigan en los **cestillos perforados** dispuestos al efecto, con objeto de conseguir su escurrido antes de su recogida en un contenedor, para su posterior envío a relleno sanitario.
- La periodicidad de la limpieza de las rejas de desbaste será, **al menos, la misma que la de las visitas a la estación de tratamiento**, para evitar la aparición de olores desagradables. La **frecuencia mínima**, para las PTAR de menor tamaño, será **semanal**.
- Especial atención se debe prestar a la limpieza de las rejas manuales de desbaste **en períodos de lluvias**, incrementando entonces la frecuencia de limpieza, dado que en esos momentos es mucho mayor el volumen y la heterogeneidad de los sólidos que se retienen en las mismas.



Rejas de desbaste: operación y mantenimiento

Rejas de desbaste de limpieza mecanizada

- Los **tiempos de accionamiento** de los peines rascadores se ajustarán en consonancia con las observaciones que se efectúen sobre su funcionamiento, **acortándose en época de lluvias**.
- Los **residuos que no sean extraídos por los peines** se eliminarán de **forma manual mediante rastrillado**, previa desconexión del equipo.
- De acuerdo con el programa de las casas fabricantes de los equipos, se procederá regularmente al **engrase** (empleando para ello el lubricante que se especifique) y **supervisión de los elementos electromecánicos**.



Tamices: operación y mantenimiento

De forma genérica

- Cuando se detecten **sedimentaciones en el fondo de los canales** en los que se ubican los tamices, se procederá a su extracción manual para su envío a relleno sanitario.
- En aquellos casos en que el tamizado se ubique en distintos canales en paralelo, quincenalmente se procederá a comprobar el **funcionamiento y estanqueidad de las compuertas** que permiten enviar las aguas hacia el canal que en cada momento se encuentre operativo. Si dichas compuertas tienen vástagos de accionamiento, **mensualmente se efectuará el engrase** de los mismos.

Tamices estáticos

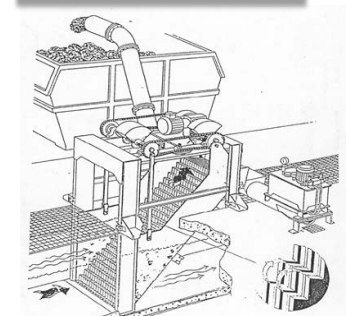
- Una/dos veces por semana (en función el tamaño de la planta de tratamiento), se procederá al **cepillado de la superficie filtrante** en la dirección de las ranuras.
- Una vez al mes se procederá a la **limpieza de la superficie filtrante con la ayuda de un cepillo de cerda rígida y empleando algún producto detergente**, para la eliminación de las grasas acumuladas.
- Especial atención se debe prestar a la limpieza en **períodos de lluvias** en sistemas de alcantarillado combinados, incrementando entonces la frecuencia de limpieza, dado que en esos momentos es mucho mayor el volumen y la heterogeneidad de los sólidos que se retienen en los tamices.



Tamices: operación y mantenimiento

Tamices dinámicos (rotativos, deslizantes, de escalera móvil)

- De acuerdo con el programa de las casas fabricantes de los equipos, se procederá regularmente al ***engrase*** (empleando para ello el lubricante que se especifique) y ***supervisión de los elementos electromecánicos.***



Gestión de los residuos del desbaste

- El ***volumen de residuos retenidos en el desbaste*** (rejas y tamices), ***varía de forma significativa de una PTAR a otra***, al estar fuertemente condicionado por las ***características propias de cada comunidad generadora de las aguas residuales***, por lo que se trata de una partida difícil de evaluar, si no se poseen datos reales de operación. Puede estimarse la producción de residuos en la etapa de desbaste en ***2 l/hab.año***.
- En lo referente a la composición de los residuos generados en la etapa de desbaste, esta es muy variable, si bien, ***predominan los de origen orgánico***, siendo también normal la presencia de toallitas higiénicas, colillas, trapos, objetos plásticos, etc.
- Los residuos generados en la etapa de desbaste suelen ***depositarse en contenedores de basura***, dispuestos contiguos a las rejas y tamices, como ***paso previo a su evacuación a rellenos sanitarios***.

Gestión de los residuos del desbaste



En rejas de limpieza manual los residuos se recogen en una **cesta perforada**, para su escurrido, antes de depositarlos en un contenedor de basuras.

Gestión de los residuos del desbaste



En rejas de limpieza automática, cabe la posibilidad de que los residuos extraídos caiga en una ***cinta o tornillo transportador*** (con posibilidad de contar con compactación), como paso previo a su envío a un contenedor de basuras.

Desbaste: control visual

	SI	NO
¿La PTAR cuenta con rejas de desbaste?		
¿Las rejas son de limpieza manual?		
¿Las rejas son sólo de gruesos (20-30 mm)?		
¿Las rejas son sólo de finos (6-12 mm)?		
¿Las rejas son de gruesos y finos, dispuestas una detrás de la otra?		
¿Existen rastrillos adecuados para la limpieza manual de las rejas?		
¿Con qué frecuencia se limpian las rejas?:		
▪Diariamente		
▪Semanalmente		
▪Quincenalmente		
▪¿Se observan sedimentos en el fondo del canal de desbaste?		

Desbaste: control visual

	SI	NO
¿Las rejas de limpieza manual cuentan con un cesto perforado para depositar la basura extraída?		
¿El cesto perforado puede moverse con facilidad para llevar la basura a un contenedor?		
¿Los residuos extraídos de las rejas no se recogen y se dejan en las cercanías de las rejas?		
¿La PTAR cuenta con un contenedor para depositar los residuos del desbaste?		
¿El contenido del contenedor es retirado frecuentemente por el servicio local de recogida de basuras?		
¿Los residuos retirados de las rejas se entierran en la propia PTAR?		

Desbaste: casos reales



Desbaste: casos reales



Desbaste: casos reales



Desbaste: casos reales



Desbaste: casos reales

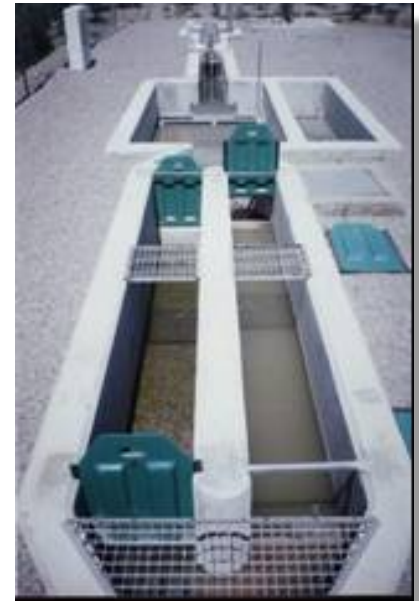
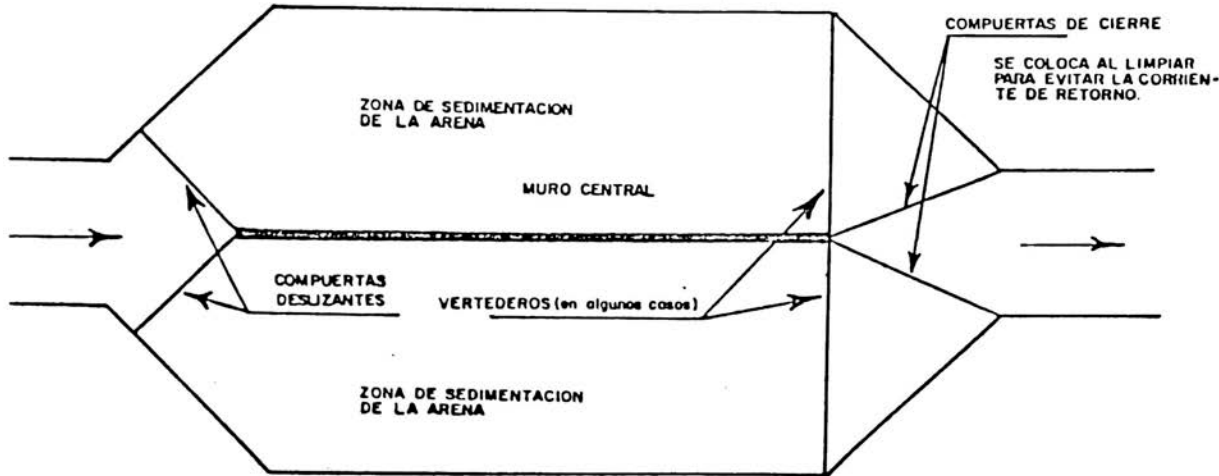


Pretratamiento: DESARENADO

- **Objetivo:** la *eliminación de la materia más densa presente en las aguas residuales*, con un diámetro superior a 0,2 mm y una densidad mayor de 2,5 g/cm³, *para evitar su sedimentación en canales, conducciones y unidades de tratamiento, y para proteger a las bombas de la abrasión.*
- Se elimina tanto *materia inorgánica* (arenas, gravas), como *materia orgánica* (granos de café, cáscaras de frutas, huesos, cáscaras de huevo, etc.).
- Generalmente se dispone *después del desbaste y antes del desengrasado.*
- Cuando la llegada de los colectores a la PTAR es *muy profunda*, el *bombeo precede al desarenado.*

Pretratamiento: **DESARENADO**, tipos

- **Desarenadores estáticos de flujo horizontal:**
 - **Canales desarenadores de flujo variable**, con extracción manual de las arenas acumuladas en la zona inferior de un canal.



Pretratamiento: DESARENADO, tipos

- ***Desarenadores estáticos de flujo horizontal:***

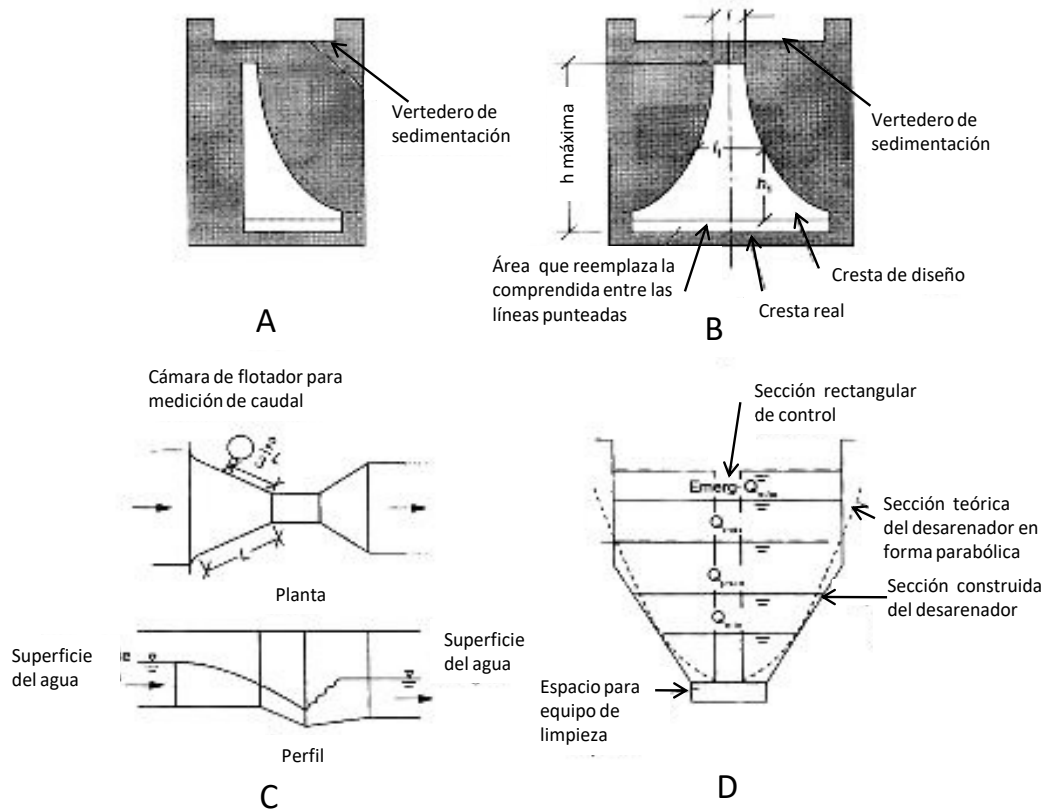
- **Canales desarenadores de flujo constante:** se mantiene la ***velocidad de paso fija (0,3 m/s)***, para lograr la sedimentación de partículas inorgánicas y de la menor parte posible de orgánicas (inferior al 5%).

Las variaciones de caudal se traducen en variaciones de altura, manteniéndose constante la velocidad de paso. Esto se consigue:

- ***mediante una sección adecuada*** (perfil parabólico o trapezoidal del canal desarenador)
- ***colocando vertederos de salida de ecuación lineal*** (canal Parshall, vertedero Sutro).

Pretratamiento: **DESARENADO**, tipos

Sistemas para el control de la velocidad en canales desarenadores



Desarenadores: operación y mantenimiento

- Las arenas depositadas en el fondo de los canales, ***se retirarán manualmente al menos una vez por semana***, para evitar su compactación y para minimizar la generación de olores desagradables. Para ello se ***dejará fuera de servicio el canal a limpiar*** (poniendo en funcionamiento otro canal paralelo), y ***se retirarán las arenas con el auxilio de una pala*** (o herramienta similar), un ***recipiente para el depósito provisional*** de las arenas ***antes de su envío a contenedor***. Para ello se hará uso ***vestimenta adecuada*** (guantes, botas, gafas, etc.).



Desarenadores: operación y mantenimiento

- Quincenalmente se comprobará el ***correcto funcionamiento y estanqueidad de las compuertas ubicadas en los canales desarenadores***, que permiten derivar el caudal de aguas residuales hacia el canal que se encuentre en operación.
- En los desarenadores de velocidad variable, antes de proceder a la retirada de las arenas depositadas, es aconsejable ***“cepillarlas”*** en los momentos en que circulen caudales suficientes de agua, al objeto de resuspender la materia orgánica retenida en las arenas, que será arrastrada por las aguas.
- En ocasiones, las arenas extraídas se depositan en ***lechos de secado***, similares a los que se emplean para la deshidratación de los lodos.
- La cantidad de arenas que se extraen de los desarenadores es muy variable, pues ***depende del tipo de alcantarillado (combinado/separativo)***, del propio ***estado de la red de alcantarillado*** (juntas deterioradas), de las ***condiciones climáticas*** (las lluvias fuertes provocan importantes arrastres de arenas), etc.
- Se pueden estimar en:
 - ***Alcantarillados combinados: 50 l/m³ agua residual***
 - ***Alcantarillados separativos: 5 l/m³ agua residual***

Desarenadores: control visual

	SI	NO
¿La PTAR cuenta con desarenado?		
Si la PTAR cuenta con varios canales de desarenado ¿se dispone de las correspondientes compuertas para aislar los canales cuando se precise extraer las arenas depositadas en su fondo?		
Si existen, ¿las compuertas son fáciles de manejar?		
¿Permiten las compuertas cortar todo el flujo de agua?		
Si las compuertas son metálicas ¿presentan corrosión?		
¿Se puede retirar el agua antes de proceder a la extracción de las arenas?		
¿Se cuenta con las herramientas adecuadas para la extracción de las arenas?		

Desarenadores: control visual

	SI	NO
¿Con qué frecuencia se retiran las arenas?:		
▪Semanalmente		
▪Quincenalmente		
▪Mensualmente		
▪Con una frecuencia superior a mensual		
¿Las arenas extraídas presentan color negruzco y huelen mal?		
En el caso de que el desarenador sea de flujo variable ¿se “cepillan” las arenas antes de su extracción?		

Desarenado: caso real



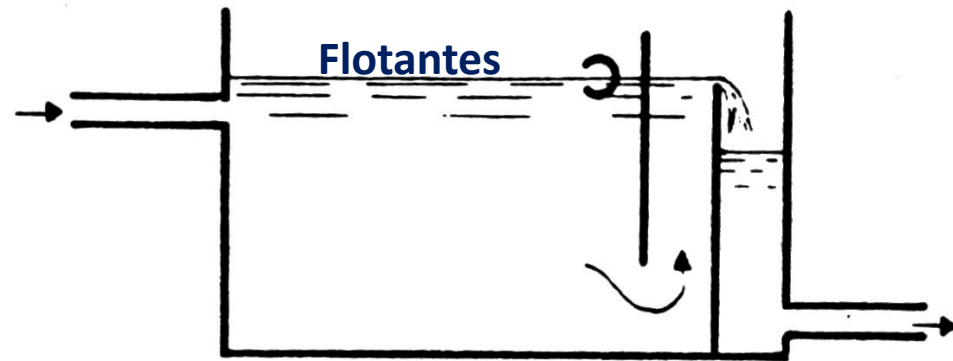
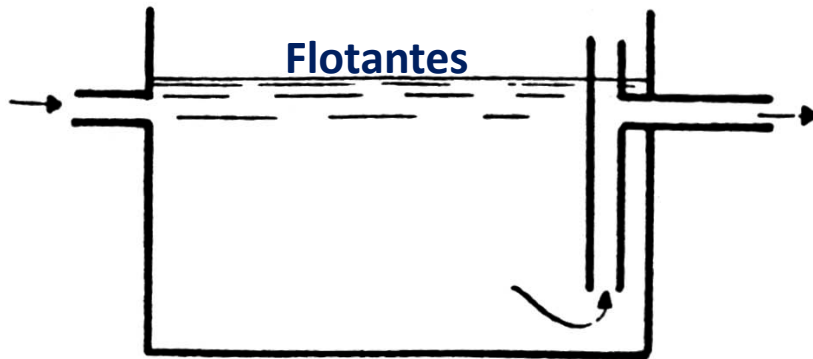
Pretratamiento: DESENGRASADO

- **Objetivo:** la *eliminación de las grasas, aceites, espumas y demás materias flotantes más ligeras que el agua*, que de otra forma podrían *distorsionar los procesos* de tratamiento posteriores.
- En las aguas residuales urbanas de origen doméstico el desengrasado ***es indispensable, cuando no existe tratamiento primario***, pudiendo efectuarse en combinación con el desarenado, o de forma separada.

Pretratamiento: DESENGRASADO, tipos

- ***Desengrasadores estáticos:***

Depósitos dotados de un ***tabique deflector***, que obliga a las aguas a salir por la parte inferior del mismo, ***reteniendo en superficie los componentes de menor densidad.***



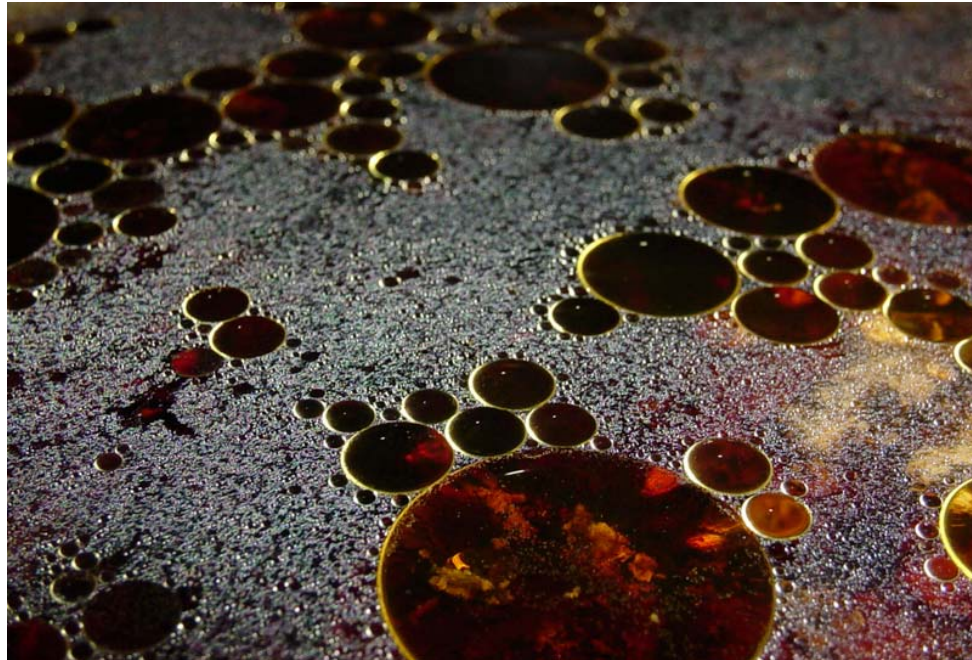
Desengrasadores: operación y mantenimiento

- Las grasas y flotantes que se acumulen en la superficie de los desengrasadores estáticos ***se retirarán cuando se observe la formación de una capa consistente en su superficie***, al objeto de minimizar la extracción de agua. Para la extracción de las grasas y flotantes se hará uso de un ***recoge hojas de piscina***.
- Cuando se observe un ***excesivo burbujeo en la superficie de los desengrasadores estáticos***, será necesario proceder a la ***extracción de los lodos acumulados en su fondo***. Estos lodos se enviarán a la etapa de tratamiento primario, cuando la PTAR cuente con ella, o, en su caso, se mezclarán con los lodos purgados en la etapa de decantación secundaria.
- En las ***paredes de los desengrasadores, y a la altura de lámina de agua, se irán formando con el tiempo costras de grasa***, que ocuyen otros materiales flotantes. Estas costras se eliminarán ***mensualmente con la ayuda de una espátula***, enviándose los residuos extraídos a los contenedores que acumulan los residuos de la etapa de desbaste.



Desengrasadores: operación y mantenimiento

Dada su ***variabilidad, como consecuencia de la posible presencia de vertidos industriales, junto a los netamente urbanos, no se dispone de datos para la cuantificación de los volúmenes de grasas*** que se retiran en la operación de desengrasado.



<https://aquaresmat.com/>

Desengrasado: control visual

	SI	NO
¿La PTAR cuenta con desengrasado?		
De existir desengrasador ¿este se sitúa tras el desarenador?		
¿Se observan burbujas en el desengrasador?		
¿Se disponen de las herramientas adecuadas para la extracción de las grasas acumuladas en la superficie del desengrasador?		
¿Con qué frecuencia se retiran las grasas?:		
▪Semanalmente		
▪Quincenalmente		
▪Mensualmente		
¿Los residuos extraídos del desengrasado se sacan fuera de la PTAR?		
¿Los residuos extraídos del desengrasado se entierran en la propia PTAR?		

Gestión de los residuos del PRETRATAMIENTO

- Los residuos generados en el Pretratamiento deben ser retirados de la PTAR con ***frecuencia semanal en las estaciones de menor tamaño***, y al menos dos veces por semana, para las depuradoras mayores, al objeto de evitar la ***generación de olores molestos***. Siempre que sea posible, de la retirada de estos residuos debería encargarse el ***servicio municipal de recogida de basuras***.
- Si el ***volumen de grasas*** que se retiran de las aguas residuales es ***pequeño, se puede mezclar este subproducto con los residuos del desbaste y desarenado***. En aquellas situaciones en que el ***volumen retirado de grasas sea importante***, se debe contar con ***un contenedor específico para su recogida, que deberá ser retirado por gestores autorizados***.

PRETRATAMIENTO: anomalías, causas y soluciones

Anomalía	Causa	Soluciones
Elevados % de materia orgánica en las arenas retiradas de los desarenadores estáticos de flujo constante.	Velocidades de paso el agua en el canal inferiores a 0,3 m/s.	Es un problema habitual cuando se trabaja con pequeños caudales, y de difícil solución si no es empleando desarenadores aireados
Burbujeo en la superficie de los desengrasadores estáticos.	Excesiva acumulación de fangos el fondo del desengrasador.	Extracción periódica de los fangos acumulados en el fondo.
Generación acentuada de malos olores.	Limpieza de las rejillas de desbaste, desarenadores y desengrasadores manuales, con frecuencias inferiores a las recomendadas.	Aumentar la frecuencia de limpieza de las etapas del Pretratamiento.
	Retirada de los residuos extraídos en las operaciones de pretratamiento con una frecuencia inferior a la recomendada.	Retirar más frecuentemente los residuos extraídos del Pretratamiento. Incluir un compactador para los residuos extraídos de las rejillas.
	Acumulación de fangos en el fondo de los desengrasadores estáticos.	Extraer periódicamente los fangos que se van acumulando en el fondo del desengrasador.
	Vertidos industriales a la red de alcantarillado.	Implantación y el cumplimiento riguroso de una Ordenanza Municipal de Vertidos .

NO OLVIDAR

**SI EL PRETRATAMIENTO NO
OPERA CORRECTAMENTE, LA
PTAR NO PUEDE OPERAR
CORRECTAMENTE**

Medición de caudal

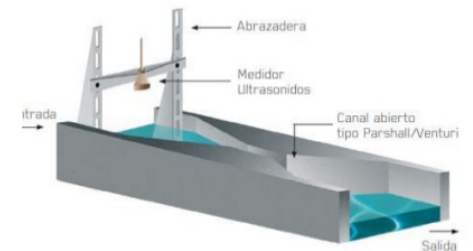
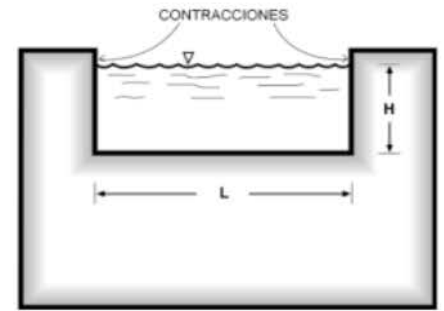
La medición de caudal es un ***requisito básico*** para poder llevar a cabo una ***eficaz operación de las PTAR*** y para poder ***evaluar los costos del tratamiento por unidad de volumen de agua tratada.***

Medición de caudal

La medida del caudal se realiza en canales abiertos o en tuberías en carga.

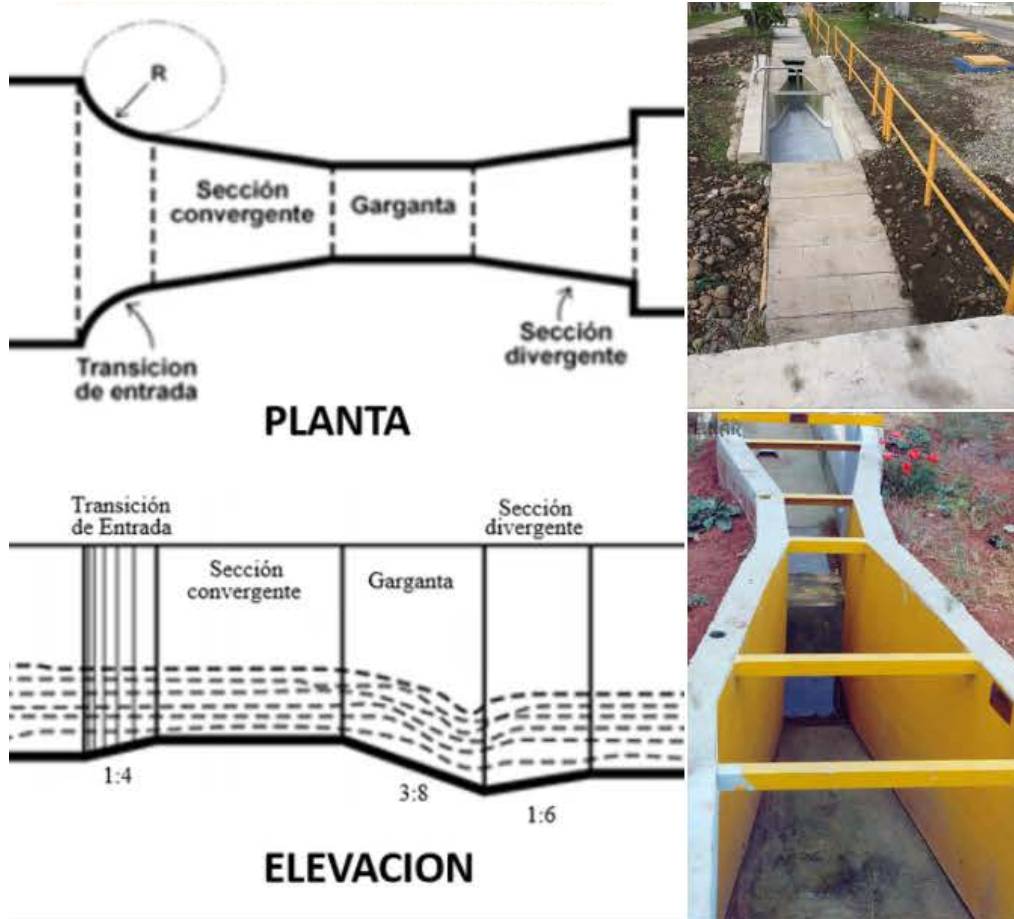
- En canales abiertos:

- **Vertederos** (rectangulares o triangulares) y *Canales Parshall*.
- Suelen contar con una **reglilla para la medición del nivel del agua** (caudal instantáneo).
- En los Canales Parshall también se mide el nivel del agua mediante un flotador, que se dispone en el mismo canal, o en una pileta al lado del canal y comunicada con su parte inferior.
- También se puede medir el nivel del agua mediante **sistemas ultrasónicos**.



Medición de caudal

Canal Parshall

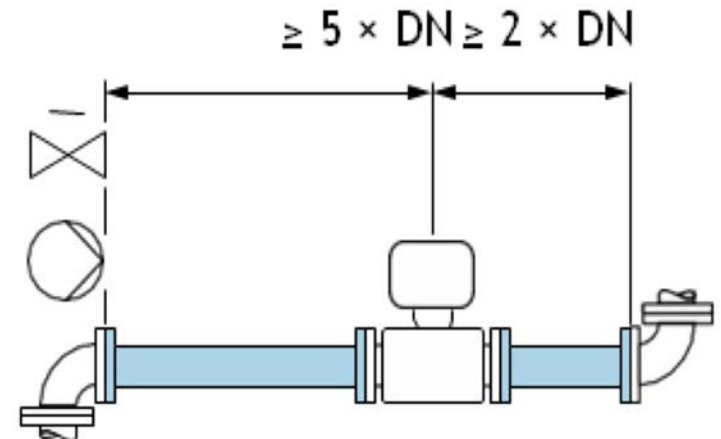
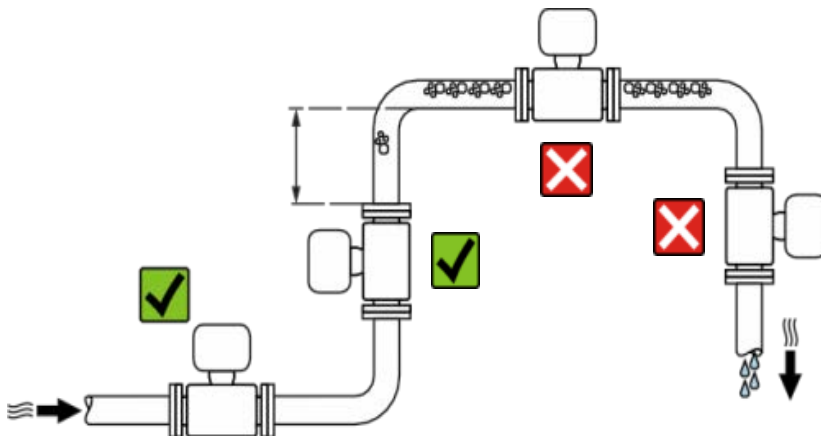


Medición de caudal

- En conducciones en carga:

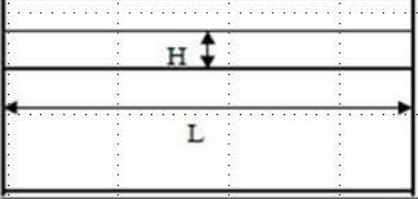
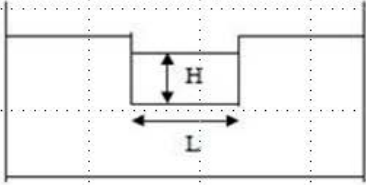
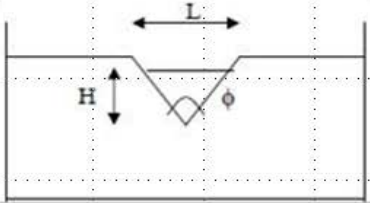
Caudalímetros electromagnéticos: constan de un carrete con una bobina especial alrededor de dicho carrete. La señal que transmite se genera por inducción y es proporcional a la velocidad del agua que pasa por la tubería.

- No se generan obstrucciones en su interior.
- Se obtienen medidas de gran precisión.



Medición de caudal: operación

Los operadores de las PTAR *deben disponer de tablas*, que *traducen las medidas de nivel efectuadas a caudales instantáneos de las aguas residuales* circulantes, en función del tipo de elemento de medida seleccionado.

TIPO DE VERTEDERO	DIAGRAMA	ECUACIÓN
Rectangular sin contracciones laterales		$Q = 1.84 LH^{1.5}$ Q: Caudal [m³/s]. L: Longitud del canal [m]. H: Carga hidráulica en la cresta de la estructura [m].
Rectangular con contracciones laterales		$Q = 1.84(L - 0.1nH)H^{1.5}$ Q: Caudal [m³/s]. L: Longitud de la escotadura [m]. n: número de contracciones laterales (1 o 2). H: Carga hidráulica en la cresta de la estructura [m].
Triangular		$\varphi = 90^\circ$ $Q = 1.402 H^{2.50}$ $\varphi = 60^\circ$ $Q = 0.809 H^{2.50}$ Q: Caudal [m³/s] H: Carga hidráulica en la cresta de la estructura [m].

Medición de caudal: operación

Caudales en función del ancho de garganta en canales Parshall

Ancho de garganta		Caudal (l/s)	
Pulgadas	Centímetros	Mínimo	Máximo
2	5,1	0,53	14,1
3	7,6	0,85	53,8
6	15,2	1,52	110,4
9	22,9	2,55	251,9
12	30,5	3,11	455,6
18	45,7	4,25	696,2

Medición de caudal: operación y mantenimiento

- En el caso de que la medición de los caudales de aguas residuales que ingresan en la PTAR ***no se realice en continuo***, deben elaborarse las ***curvas de evolución diaria de este caudal, tanto en tiempo seco, como en tiempo de lluvias, tomando medidas de los caudales instantáneos influentes al menos cada dos horas. Estas curvas deben contrastarse, al menos, dos veces al año.***
- En el caso de los ***vertederos triangulares y rectangulares*** dispuestos en un canal, ***semanalmente se procederá a la extracción de los materiales sedimentados***, pues de no hacerlo las mediciones de caudal se verán seriamente afectadas.
- En el caso de los medidores de caudal que empleen ***sistemas ultrasónicos*** para la determinación de la lámina de agua, y en el caso de los ***medidores electromagnéticos***, ***anualmente debe procederse a su calibrado por empresas especializadas.***
- En aquellos caudalímetros que cuenten con ***displays*** para la lectura de las mediciones, para evitar que estos se vean afectados y se degraden por la luz solar, es ***aconsejable que se cubran con una lámina de un material opaco.***

Medición de caudal: control visual

	SI	NO
¿La PTAR cuenta con medidor de caudal?		
Si existe medidor ¿este se coloca tras el pretratamiento?		
El medidor consiste en:		
▪Un vertedero triangular		
▪Un vertedero rectangular		
▪Un canal Parshall		
¿Con qué frecuencia se miden los caudales de las aguas que llegan a la PTAR?:		
▪Una vez al día		
▪De dos a cuatro veces al día		
▪Más de cuatro veces al día		
▪¿Se dispone de tablas que conviertan los niveles medidos en caudales instantáneos de las aguas residuales?		

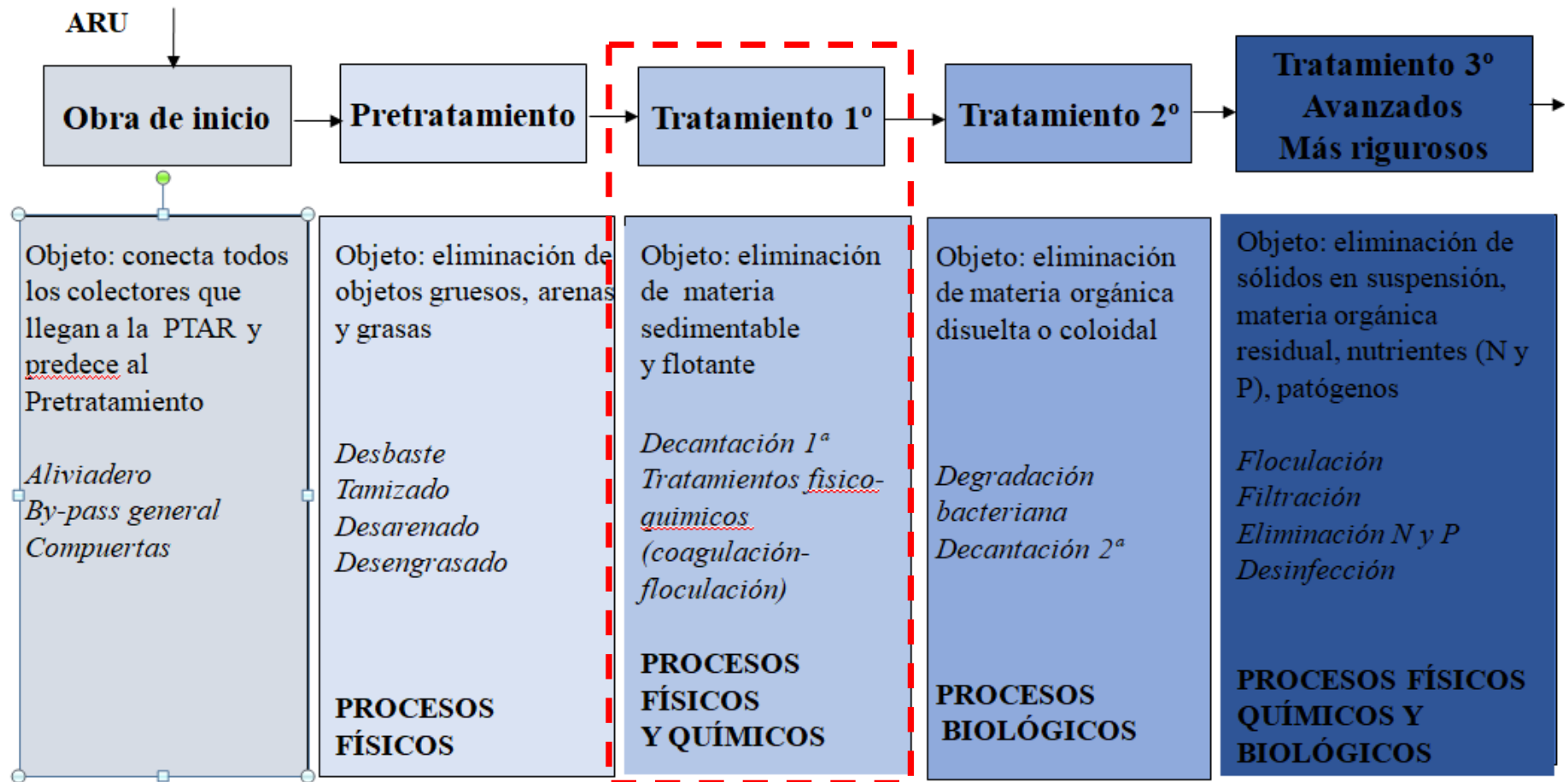
Medición de caudal: casos reales



NO OLVIDAR

**SI NO SE MIDEN
ADECUADAMENTE LOS
CAUDALES DE AGUAS
RESIDUALES QUE ENTRAN EN
UNA PTAR, NO SE PUEDE OPERAR
LA PTAR CORRECTAMENTE**

Tratamiento primario



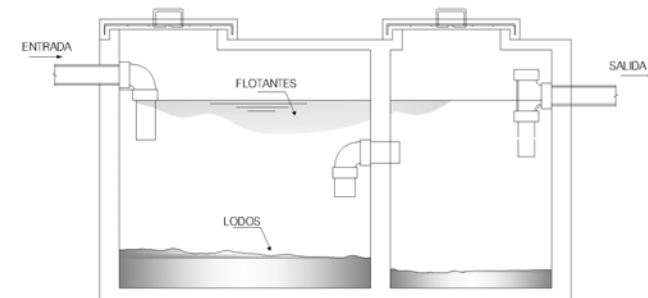
Tratamiento primario

- **Objetivo: *eliminación de sólidos en suspensión (flotantes y sedimentables)***, consiguiéndose, además, una cierta reducción de la contaminación biodegradable ***(20-30% de la DBO₅)***, dado que una parte de los sólidos que se eliminan está constituida por materia orgánica.
- Dentro de estos tratamientos se engloban: los ***Tanques sépticos*** y los ***Tanques Imhoff***.

Tratamiento primario: TANQUES SÉPTICOS

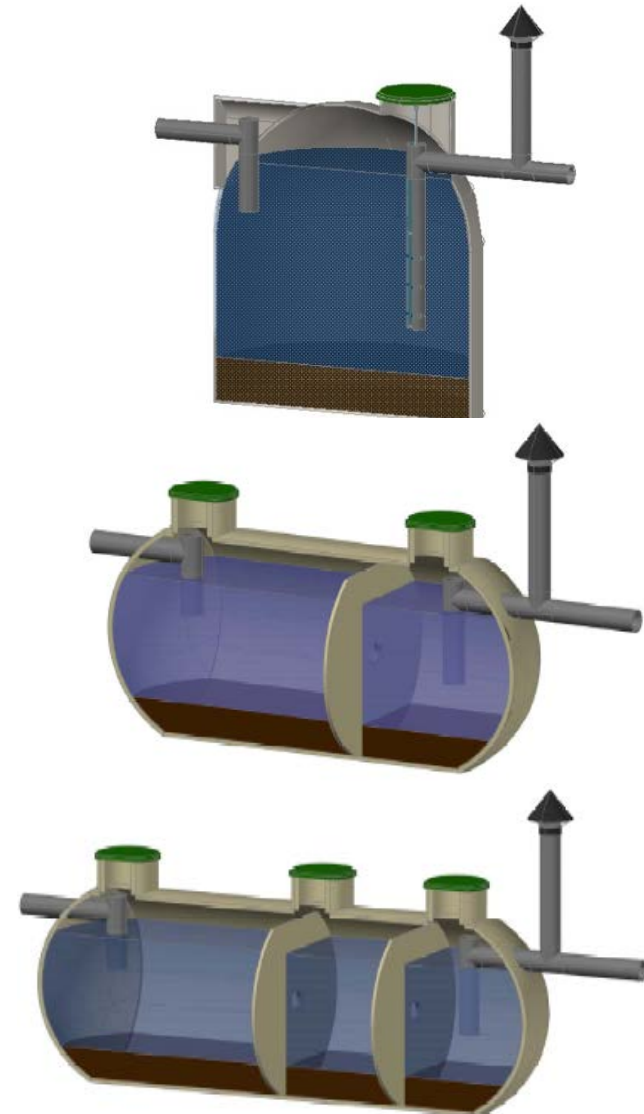
- Dispositivos, que generalmente se *disponen enterrados*, y que permiten un **Tratamiento Primario** de las aguas residuales, *disminuyendo su contenido en sólidos en suspensión (sedimentables y flotantes)*.
- En ellos se dan dos tipos de procesos:
 - **Físicos:** bajo la acción de la *gravedad se separan los sólidos sedimentables presentes en las aguas residuales* (que se van acumulando en el fondo de los tanques), *de los flotantes*, incluyendo aceites y grasas (que van formando una capa sobre la superficie líquida). La capa intermedia entre fangos y flotantes constituye el agua tratada.
 - **Biológicos:** la fracción orgánica de los sólidos que se acumulan en el fondo es *degradada anaeróbicamente*, licuándose, reduciendo su volumen (*hasta en un 40%*) y desprendiendo *biogás*, mezcla de metano y dióxido de carbono, principalmente. *La reducción de volumen permite espaciar en el tiempo la purga periódica de los fangos acumulados. (DECANTACIÓN-DIGESTIÓN).*

Jean Mouras (1860)



Tratamiento primario: TANQUES SÉPTICOS, tipos

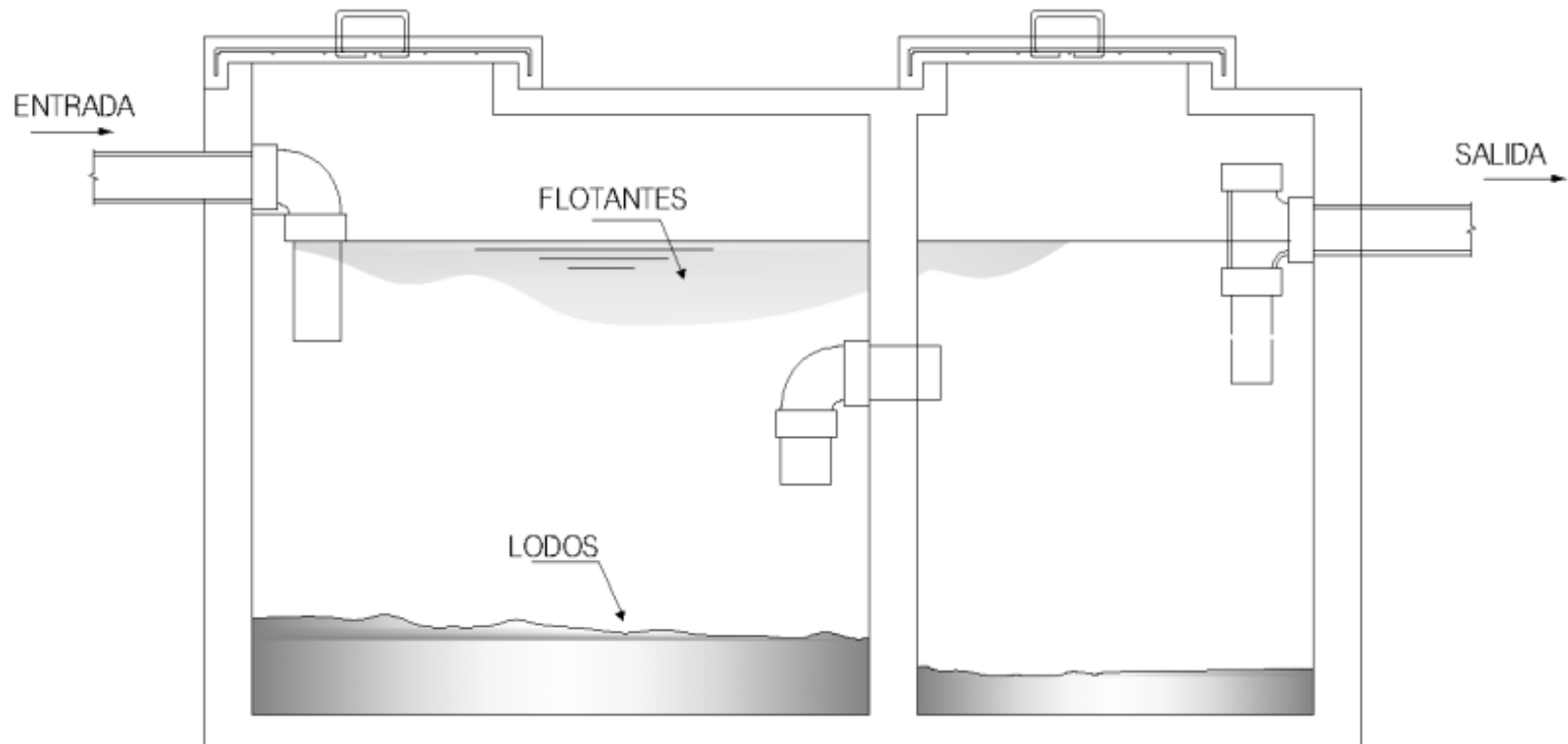
- *Tanques sépticos de una cámara: precisan de un filtro a la salida* para minimizar el escape de sólidos en suspensión.
- *Tanques sépticos de dos cámaras: el disponer de una segunda cámara permite que las partículas más ligeras encuentren condiciones de sedimentación más favorables.*
- *Tanques sépticos de tres cámaras: en la tercera cámara suele disponerse un material soporte para la fijación de la biomasa bacteriana, con lo que se incrementan los rendimientos de eliminación de contaminantes.*



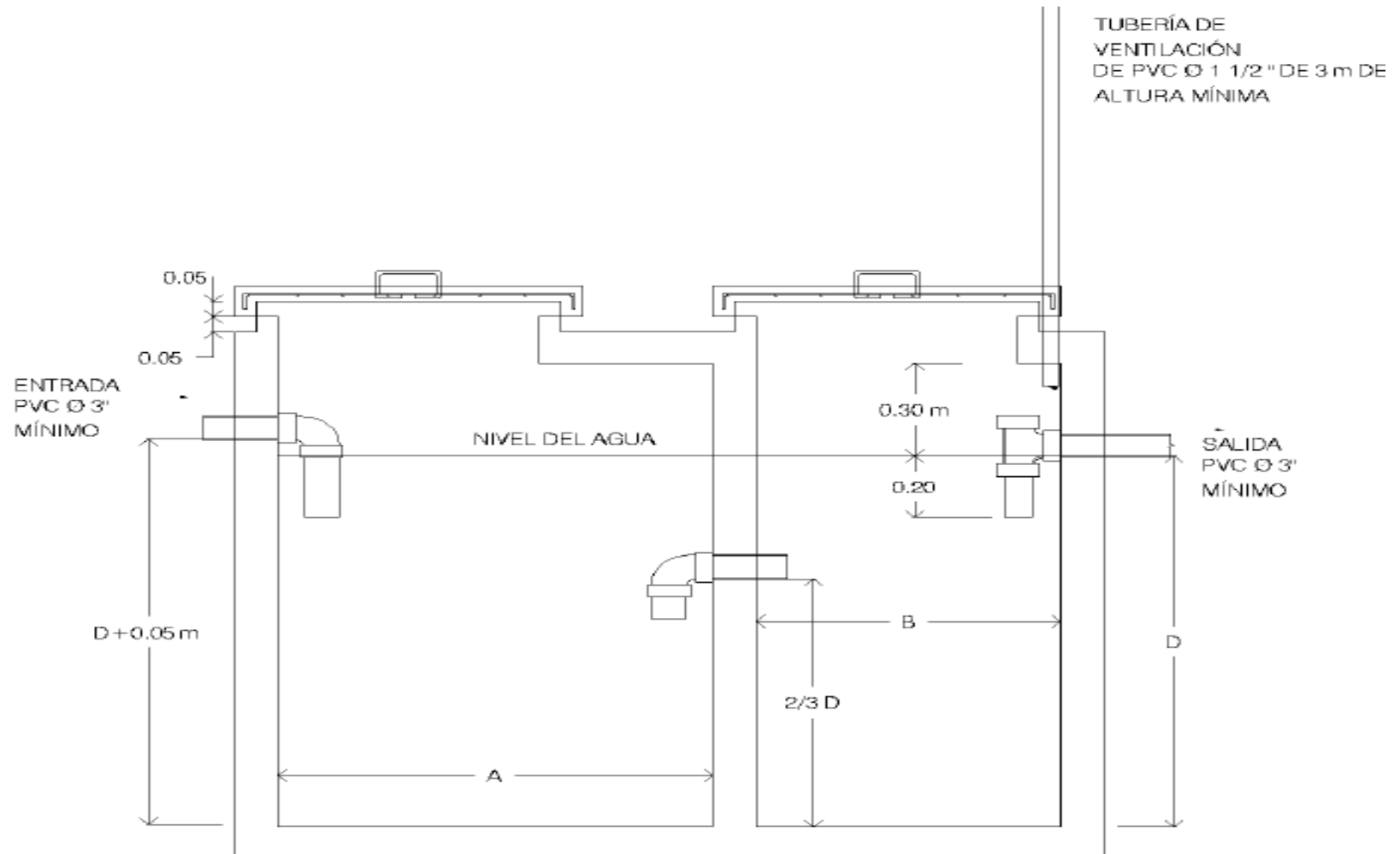
Tratamiento primario: TANQUES SÉPTICOS



***Tratamiento primario: TANQUES SÉPTICOS de
dos cámaras***

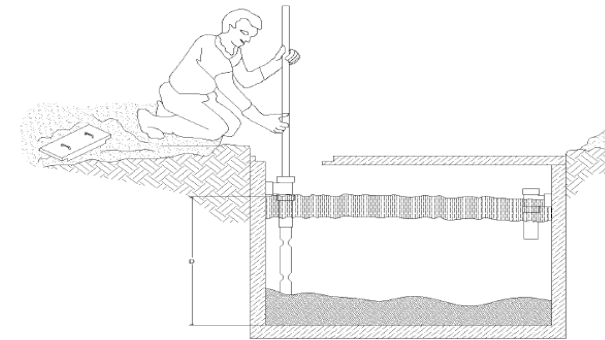
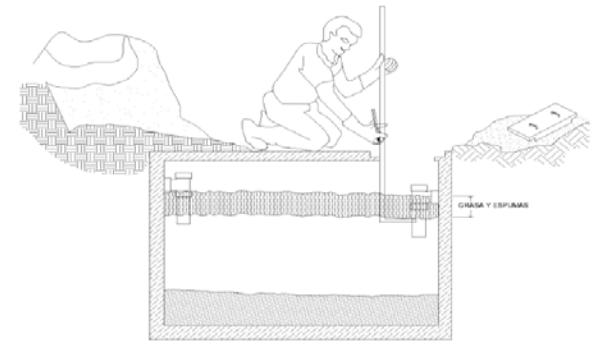


Tratamiento primario: TANQUES SÉPTICOS de dos cámaras



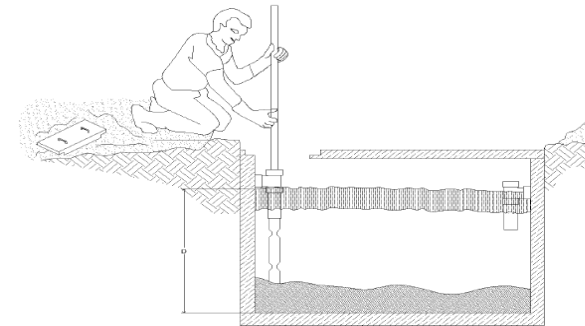
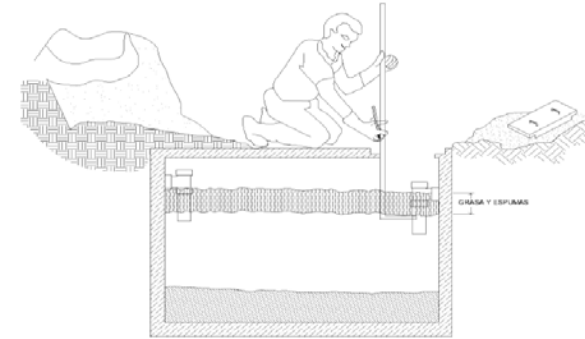
TANQUES SÉPTICOS, operación y mantenimiento

- Cada ***seis meses*** se procederá a la ***medición de los espesores de las capas de flotantes y de lodos*** que se van acumulando en los compartimentos del Tanque séptico.
- Para la ***medición de la capa de flotantes se hará uso de una varilla graduada, en forma de L***. La varilla se empujará a través de la capa de flotantes, hasta atravesarla, midiéndose en ese momento, en la parte graduada de la varilla, el espesor de esta capa.
- Para la ***determinación del espesor de la capa de lodos sedimentada en el interior de los Tanques Sépticos, se procederá a introducir, hasta tocar su fondo, una varilla envuelta en un paño blanco***. Al extraer la vara la zona oscurecida del paño indicará el espesor de la zona de lodos.



TANQUES SÉPTICOS, operación y mantenimiento

- Cada año, excepto que en la medición semestral del espesor de la capa de lodos se detecte un nivel muy elevado de la misma (más de 0,30 m), o más de 0,10 m de espesor de la capa de grasas, se procederá a la limpieza del Tanque séptico a través de empresas autorizadas por la autoridad competente.
- Una vez al año se procederá a la inspección del interior del Tanque séptico, prestando especial atención a su **estanqueidad**, comprobando que no se producen fugas ni intrusión de aguas parásitas, y revisando las zonas de entrada y salida de las aguas.
- En ocasiones, y para áreas geográficas aisladas y con **elevados niveles de insolación**, se puede recurrir al empleo de **Lechos de Secado para la deshidratación "in situ"** de lodos que se extraen de los Tanques sépticos. En este caso, **los lixiviados de los lechos de secado deben conducirse de nuevo al tratamiento primario**.



TANQUES SÉPTICOS, operación y mantenimiento

- Tras la extracción de los lodos, ***las cámaras del tanque no se lavarán, ni desinfectarán.***
- Antes de cualquier operación en el interior de los Tanques sépticos, ***se abrirán las tapaderas de los distintos compartimentos un tiempo suficiente (mayor a 15 minutos), para la salida de gases tóxicos o explosivos.***
- Para la inspección del interior de los tanques sépticos ***nunca se emplearán cerillas o antorchas***, para evitar el peligro de explosión de los gases acumulados, y ***siempre se hará esta inspección acompañado de otro operador*** para evitar accidentes.

TANQUES SÉPTICOS: observación visual

	SI	NO
¿Cuántos compartimentos tiene el Tanque séptico?		
▪Uno		
▪Dos		
▪Tres		
¿Cada cámara del Tanque séptico cuenta con entrada de inspección?		
Las tapaderas colocadas en las entradas de inspección al Tanque séptico ¿se pueden retirar con facilidad?		
¿Con que frecuencia se mide el espesor de los flotantes acumulados en la superficie los compartimentos del Tanque séptico?		
▪Semestralmente		
▪Anualmente		
▪Nunca		

TANQUES SÉPTICOS: observación visual

	SI	NO
¿ Se dispone de la herramienta adecuada para la medición del espesor de los flotantes acumulados en la superficie de los compartimentos del Tanque séptico?		
¿Con que frecuencia se mide el espesor de los lodos acumulados en el fondo de los compartimentos del Tanque séptico?		
▪Semestralmente		
▪Anualmente		
▪Nunca		
▪Con que frecuencia se extraen los flotantes y lodos acumulados en los compartimentos del Tanque séptico?		
▪Semestralmente		
▪Anualmente		
▪Nunca		

TANQUES SÉPTICOS: observación visual

	SI	NO
¿Se generan malos olores en las inmediaciones del Tanque séptico?		
Los residuos (flotantes/lodos extraídos) periódicamente del Tanque séptico ¿se gestionan en la propia PTAR?		
¿La PTAR cuenta con eras de secado para los residuos extraídos periódicamente del Tanque séptico?		

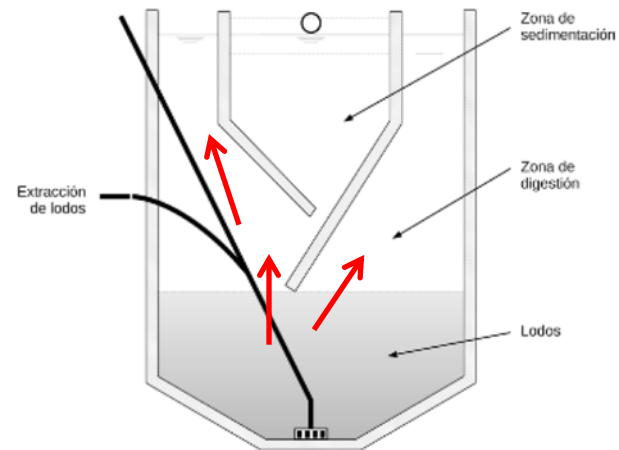
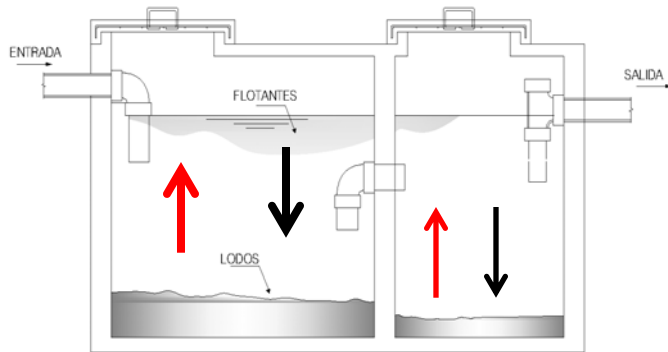
TANQUES SÉPTICOS: anomalías, causas y soluciones

Anomalía	Causa	Solución
Deficiente calidad de los efluentes finales por elevadas concentraciones de materia en suspensión	Sobrecarga hidráulica Excesiva acumulación de fangos y/o flotantes en el interior de la fosa Vertidos industriales a la red de alcantarillado	Limitar los caudales influentes de aguas residuales Proceder a la extracción de fangos y/o flotantes Implantación y cumplimiento riguroso de una Ordenanza Municipal de Vertidos
Generación acentuada de malos olores	Deficiente ventilación de la fosa Vertidos industriales a la red de alcantarillado	Mejora de los dispositivos de venteo de gases Colocación de cartuchos de material adsorbente en las chimeneas de venteo Implantación y cumplimiento riguroso de una Ordenanza Municipal de Vertidos

Tratamiento primario: TANQUES IMHOFF

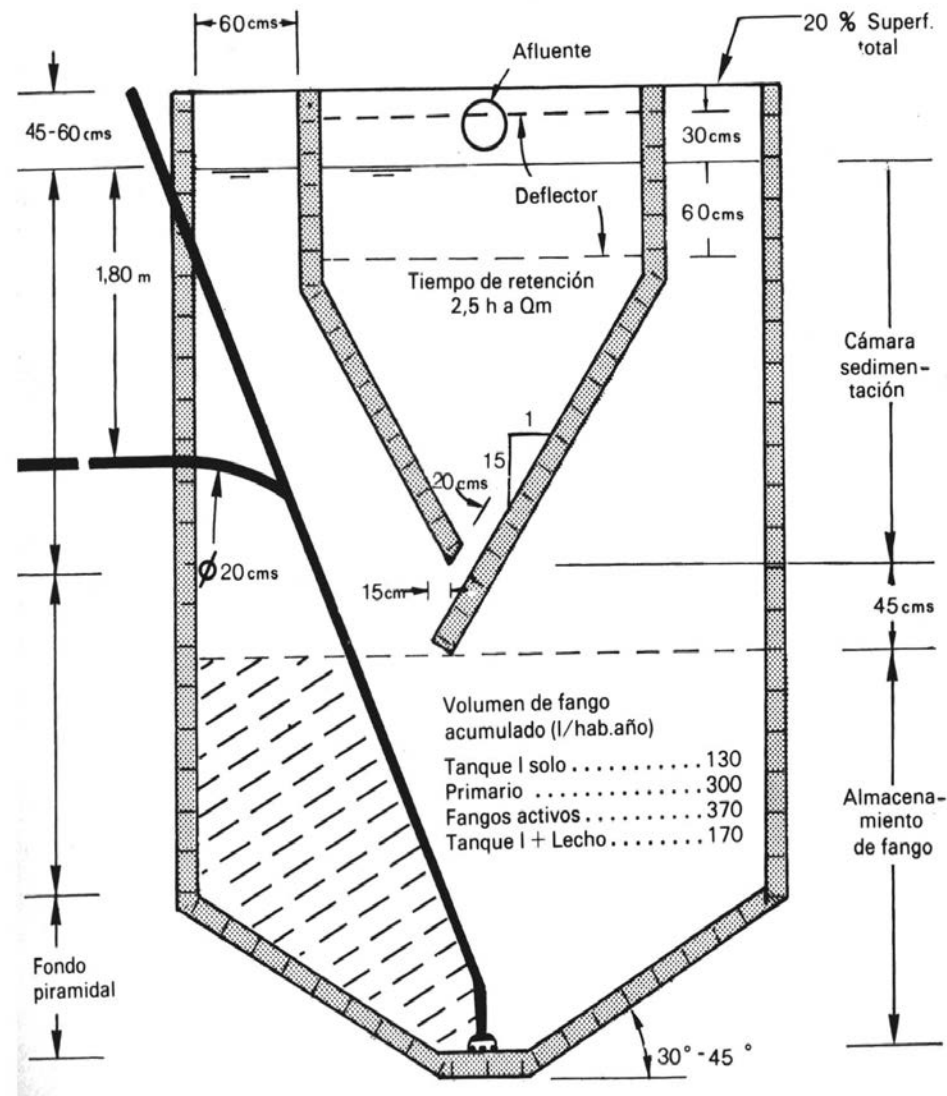
Karl Imhoff (1906)

- Constan de *un único depósito, en el que se separan la zona de sedimentación de la zona de digestión* y cuentan con una *estructura interna para evitar interferencias en la sedimentación por los gases generados en la digestión*.



- *Corta estancia del agua residual* ➡ *menor grado de septicidad*.

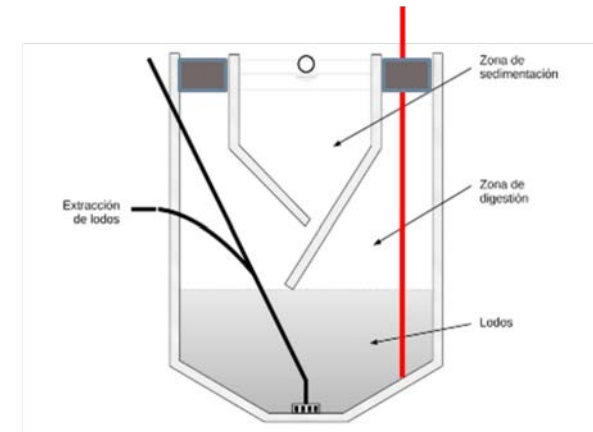
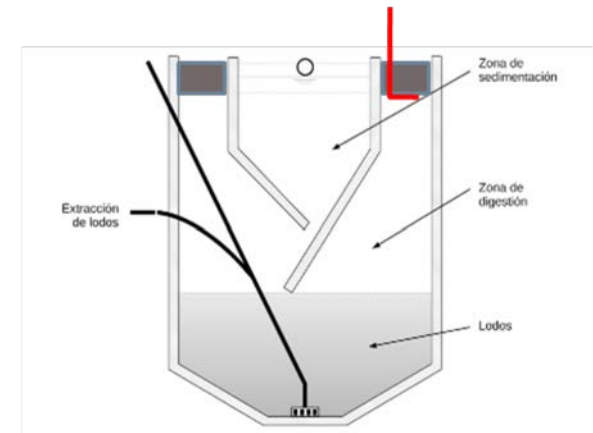
Tratamiento primario: TANQUES IMHOFF



Fuente: Salvato (1982)

TANQUES IMHOFF, operación y mantenimiento

- ***Dos veces al año*** se procederá a la ***medida de los espesores de las capas de flotantes y de lodos que se van acumulando en las zonas de sedimentación y de digestión.***
- Para la ***medición de la capa de flotantes se puede hacer uso de una varilla graduada, en forma de L.*** La varilla se empuja a través de la capa de flotantes, hasta atravesarla, midiéndose en ese momento en la parte graduada de la varilla el espesor de esta capa.
- Para la ***determinación del espesor de la capa de lodos*** puede recurrirse a introducir en la zona de digestión, hasta tocar su fondo, una varilla envuelta en un paño blanco. Al extraer la vara la zona oscurecida del paño indicará el espesor de la zona de lodos. ***Entre el nivel máximo de lodos acumulados y la apertura de paso de la zona de decantación, debe mantenerse una distancia de al menos 45 cm.***



TANQUES IMHOFF, operación y mantenimiento

- **Una vez al año** se procederá a la **inspección del interior del tanque**, prestando especial atención a su **estanqueidad**, comprobando que no se producen fugas ni intrusión de aguas parásitas, y revisando las zonas de entrada y salida de las aguas.
- **De acuerdo con los tiempo de retención de lodos o antes si la determinación del nivel de lodos acumulados así lo indica, se procederá a la limpieza del tanque, extrayendo los lodos y flotantes acumulados.** Para esta extracción suele recurrirse al **empleo de camiones cisterna dotados de dispositivos para la aspiración de estos residuos.**
- El **destino más común de los residuos purgados son las estaciones de tratamiento de aguas residuales de mayor capacidad, dotadas de línea de lodos** donde, o bien se incorporan a dicha línea tras haber sido sometidos a un tamizado previo, o bien se descargan en la etapa de pretratamiento.
- En ocasiones, y para **áreas geográficas aisladas y con elevados niveles de insolación**, se recurre **al empleo de lechos de secado para la deshidratación “in situ” de lodos que se purgan de los tanques.** En este caso, **los lixiviados de los lechos deben conducirse de nuevo al tratamiento.**



TANQUES IMHOFF: observación visual

	SI	NO
¿El Tanque Imhoff cuenta con entrada de inspección?		
La tapadera colocada en las entrada de inspección al tanque ¿se puede retirar con facilidad?		
¿Con que frecuencia se mide el espesor de los flotantes acumulados en la superficie de la zona de digestión del Tanque Imhoff?		
▪ Semestralmente		
▪ Anualmente		
▪ Nunca		
¿ Se dispone de la herramienta adecuada para la medición del espesor de los flotantes acumulados en la superficie de la zona de digestión del Tanque Imhoff?		

TANQUES IMHOFF: observación visual

	SI	NO
¿Con que frecuencia se mide el espesor de los lodos acumulados en el fondo de la zona de digestión del Tanque Imhoff?		
▪ Semestralmente		
▪ Anualmente		
▪ Nunca		
▪ Con que frecuencia se extraen los flotantes y lodos acumulados en el Tanque Imhoff??		
▪ Semestralmente		
▪ Anualmente		
▪ Nunca		

TANQUES IMHOFF: observación visual

	SI	NO
¿Se generan malos olores en las inmediaciones del Tanque Imhoff?		
Los residuos (flotantes/lodos extraídos) periódicamente del Tanque ¿se gestionan en la propia PTAR?		
¿La PTAR cuenta con eras de secado para los residuos extraídos periódicamente del Tanque Imhoff?		

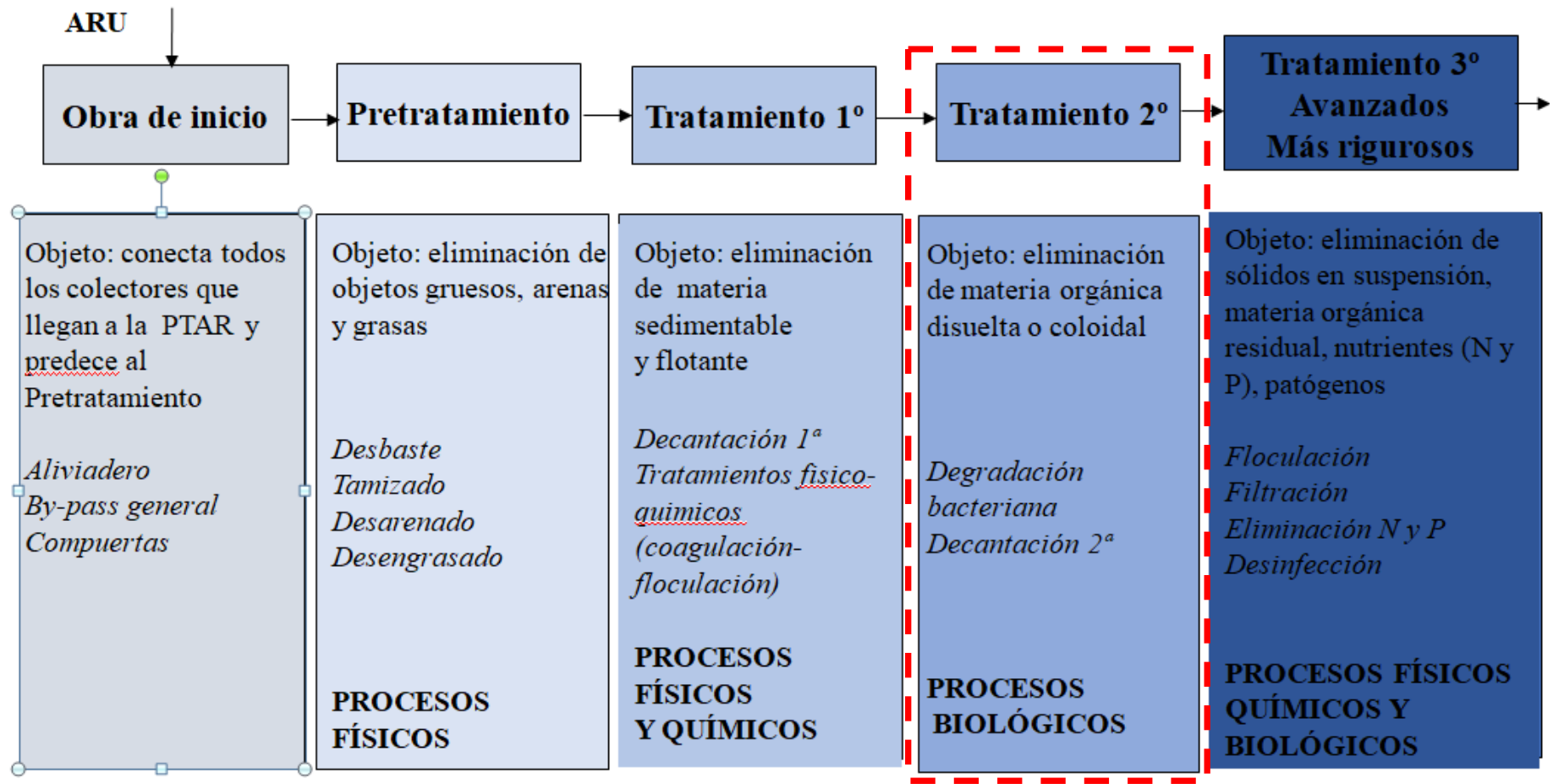
TANQUES IMHOFF: anomalías, causas y soluciones

Anomalia	Causa	Solución
Deficiente calidad de los efluentes finales por elevadas concentraciones de materia en suspensión	Sobrecarga hidráulica Excesiva acumulación de fangos y/o flotantes en el interior del tanque Vertidos industriales a la red de alcantarillado	Limitar los caudales influentes de aguas residuales Proceder a la extracción de fangos y/o flotantes Implantación y cumplimiento riguroso de una Ordenanza Municipal de Vertidos
Generación acentuada de malos olores	Deficiente ventilación del tanque Vertidos industriales a la red de alcantarillado	Mejora de los dispositivos de venteo de gases Colocación de cartuchos de material adsorbente en las chimeneas de venteo Implantación y el cumplimiento riguroso de una Ordenanza Municipal de Vertidos

NO OLVIDAR

**SI LOS TRATAMIENTOS
PRIMARIOS NO OPERAN
ADECUADAMENTE, LA PTAR
NO PUEDE OPERAR
CORRECTAMENTE**

Tratamiento secundario



El tratamiento biológico aerobio de las aguas residuales urbanas

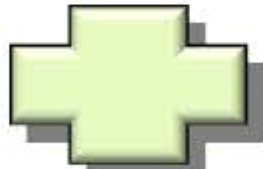
Oxidación

$COHNS + O_2 + Bacterias \rightarrow CO_2 + H_2O + NH_3 + \text{Nuevas bacterias} + \text{Energía}$

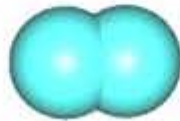
AGUA RESIDUAL



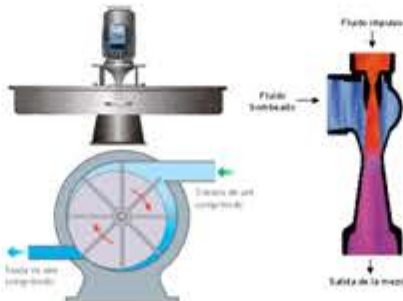
BACTERIAS



OXÍGENO (AIRE)



O₂

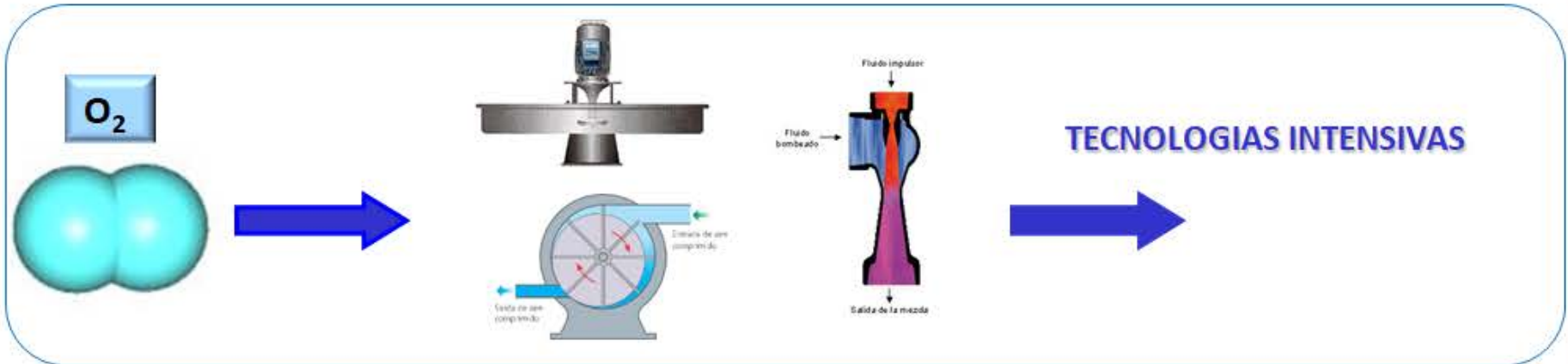


AGUA DEPURADA



LODOS

Los mecanismos de aporte de oxígeno



Tecnologías intensivas vs Tecnologías extensivas

Tecnologías Intensivas

> ENERGÍA



< SUPERFICIE (< 1m²/h.e.)

O₂

kWh

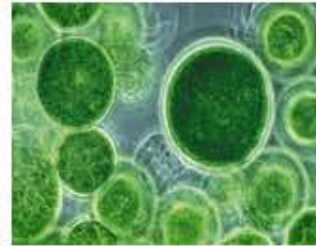


Tecnologías Extensivas

< ENERGÍA



> SUPERFICIE (> 1m²/h.e.)



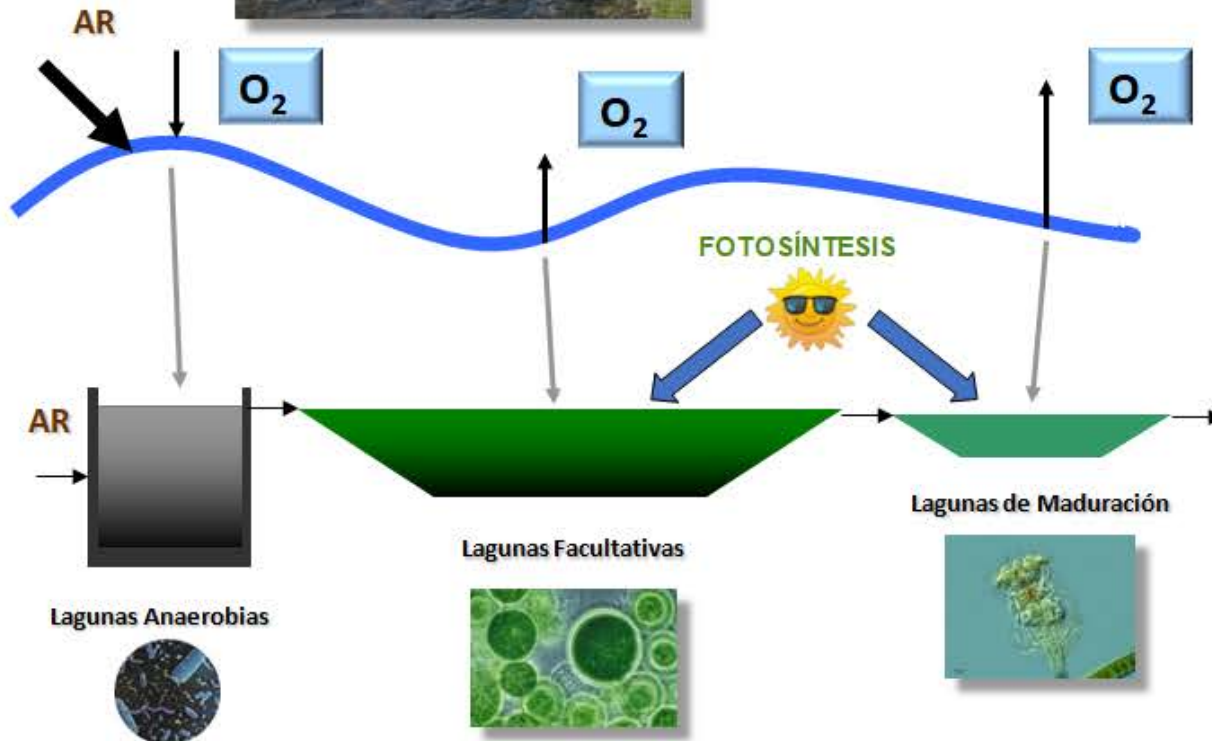
O₂

Tecnologías Extensivas

LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

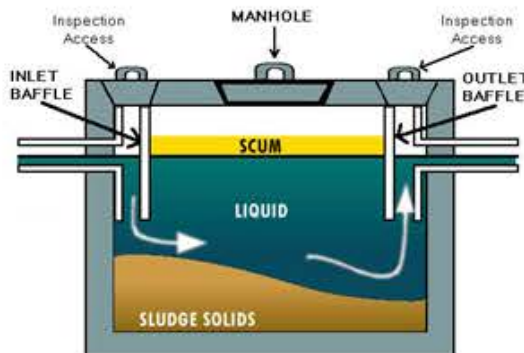
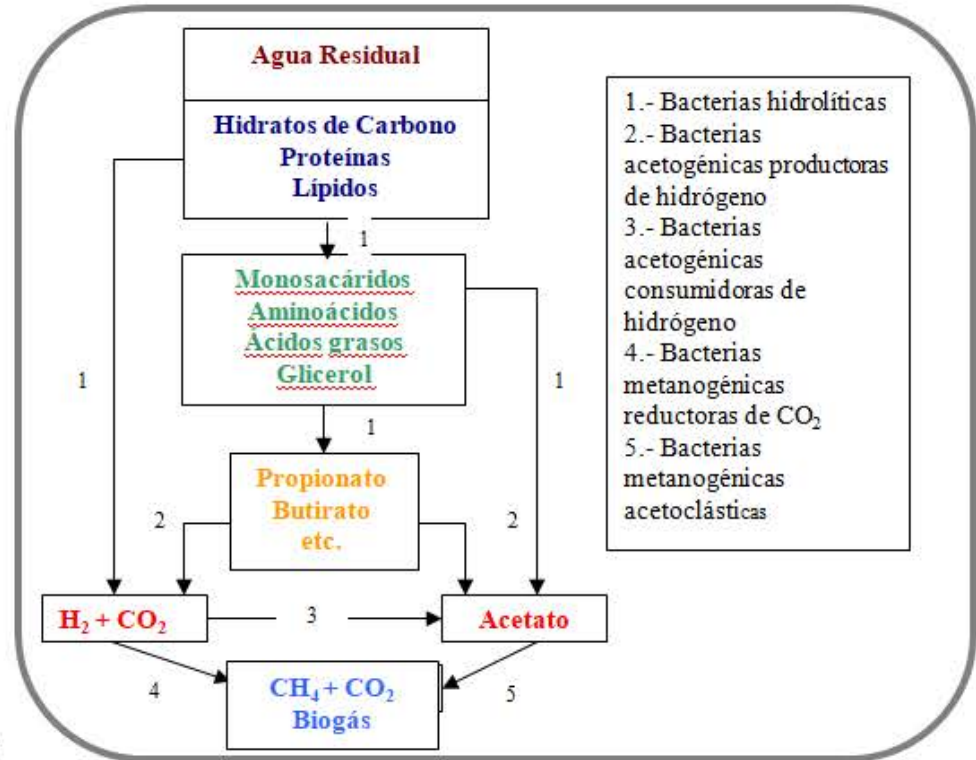
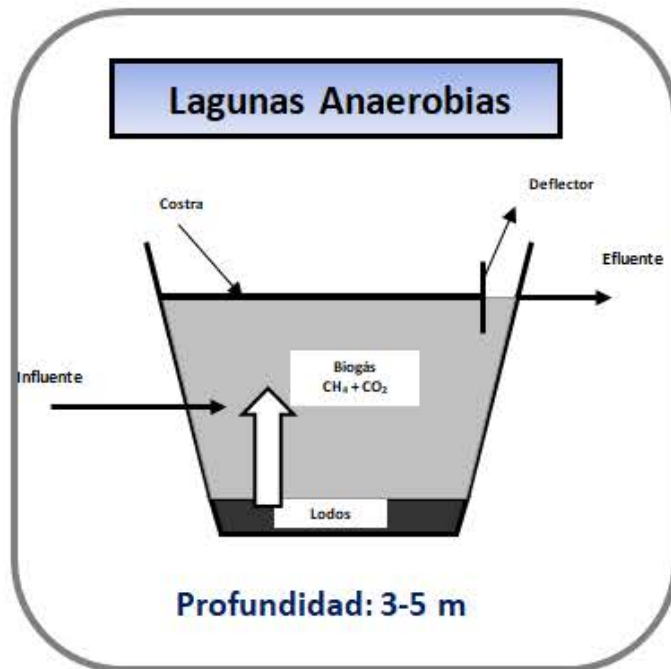


Reproducen, de *forma artificial*, los *procesos de eliminación de contaminantes* que tienen lugar en *ríos y lagos*.

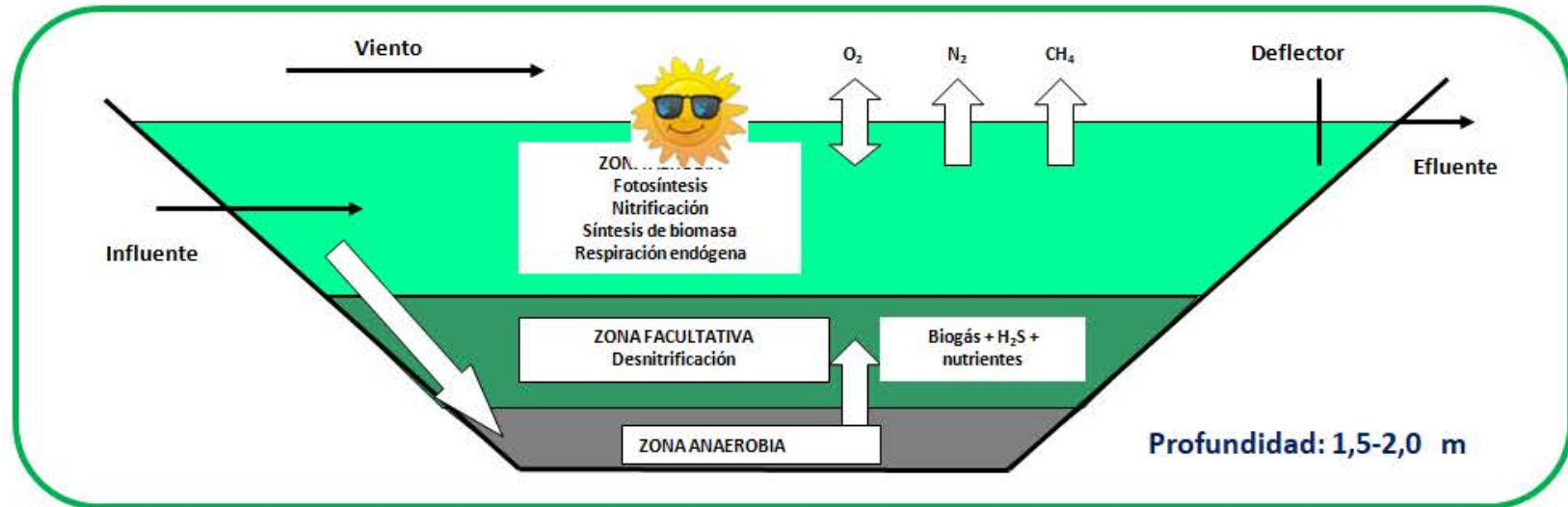


Lagunaje $\approx$ río compartimentado en *balsas sucesivas*, que *disminuyen* progresivamente *su profundidad* y *aumentan* su contenido en *oxígeno disuelto*.

LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: Lagunas Anaerobias

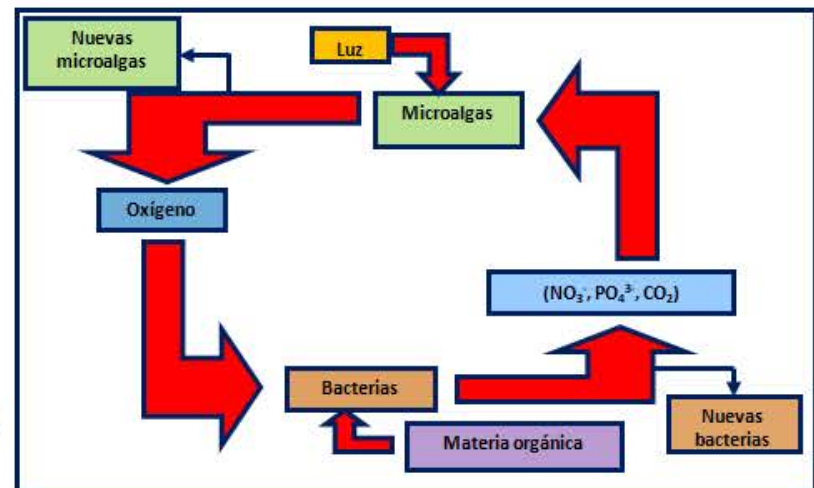


LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: *Lagunas Facultativas*

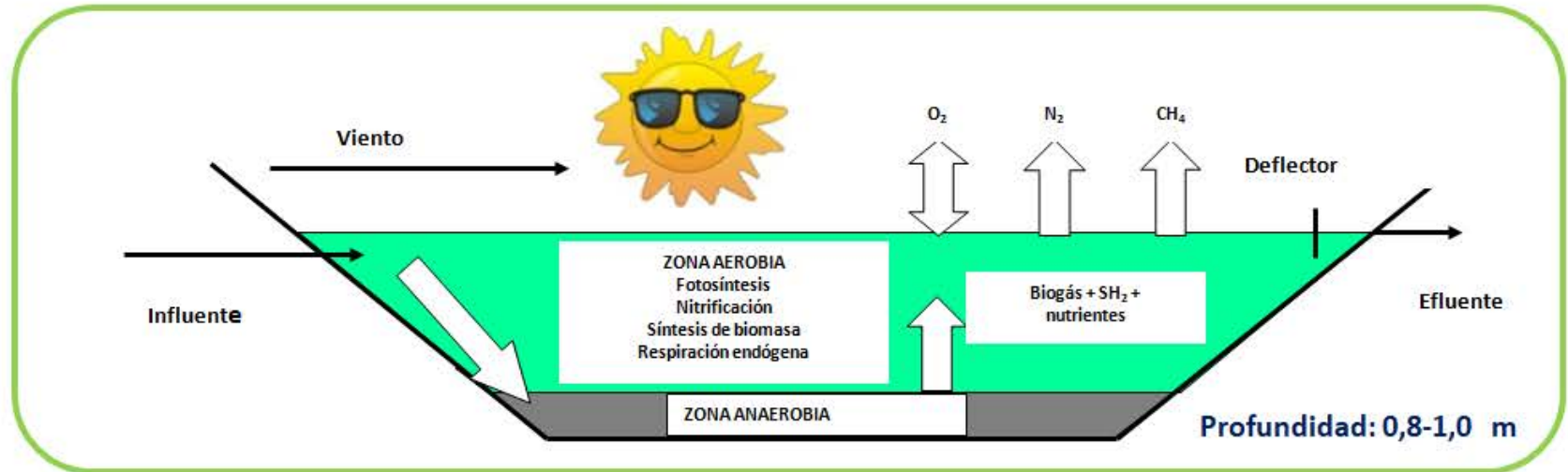


Lagunas Facultativas

Ciclo simbiótico microalgas-bacterias

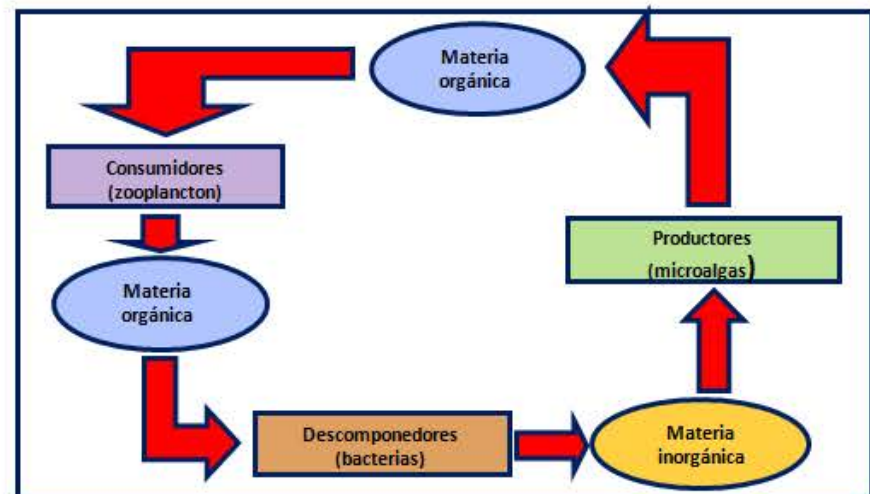


LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: *Lagunas de Maduración*



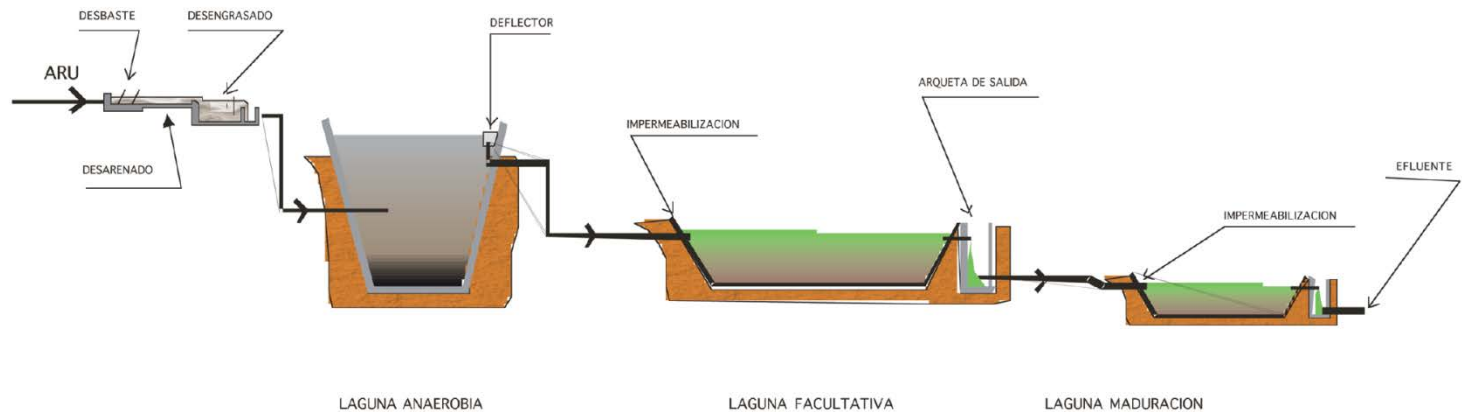
Lagunas de
Maduración

Cadena trófica



LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

Diagramas de flujo



LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: operación y mantenimiento

- La ***observación (visual y olfativa)*** de las lagunas permite determinar, de forma aproximada, pero eficaz, ***si operan o no correctamente***.
 - En las ***Lagunas Anaerobias*** una ***coloración en superficie gris-negruzca y la presencia de abundante burbujeo*** son reflejo de un buen funcionamiento de este tipo de lagunas.

Por el contrario, ***la aparición*** en las mismas ***de microalgas, o de tonalidades rosáceas***, son síntomas de que ***se está alimentado a las lagunas con una carga inferior a la de diseño***.

- Una ***coloración verdosa y la ausencia de burbujeo*** son síntomas de un buen funcionamiento de las ***Lagunas Facultativas y de Maduración***, mientras que la ***aparición de tonalidades rosáceas*** indicará que estas lagunas están recibiendo una ***carga superior a la de diseño, o una elevada cantidad de sulfatos/sulfhídrico***).

Otro síntoma del ***buen funcionamiento de estos dos tipos de lagunas*** es la ***ausencia de olores desagradables***.

LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: operación y mantenimiento



Buen aspecto de Lagunas Anaerobias

LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: operación y mantenimiento



Buen y mal aspecto de Lagunas Facultativas y de Maduración

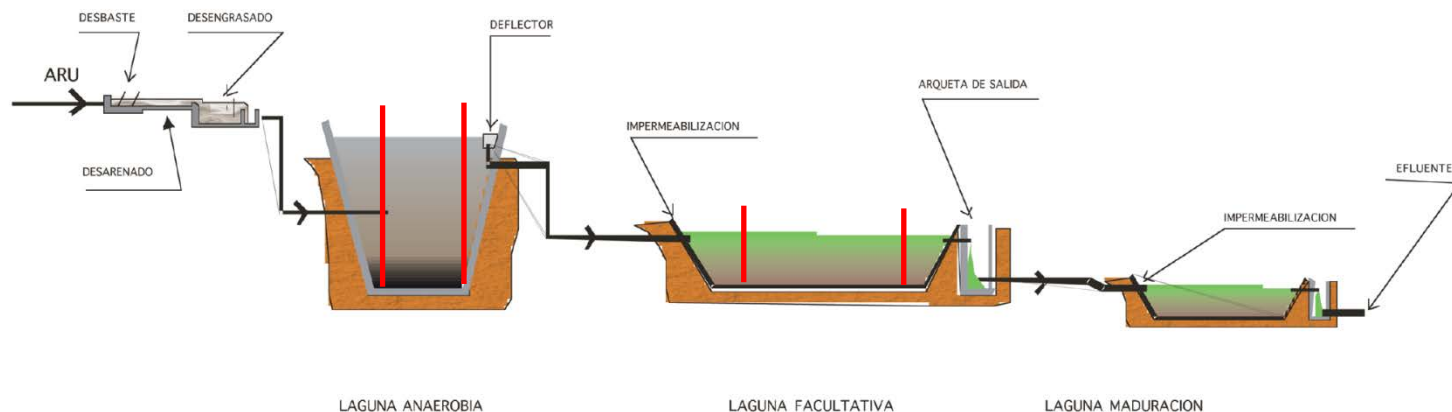
LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: operación y mantenimiento

- ***Quincenalmente*** se procederá a la ***retirada de los flotantes que aparezcan en la superficie de las lagunas.***
 - Para ello, ***se hará uso de un “recogehojas” de piscina y se aprovecharán los momentos en que los vientos reinantes acumulen estos flotantes en los bordes.***
 - Los ***flotantes retirados se recogerán en un contenedor de residuos, para su posterior envío a relleno sanitario.***
 - Si bien esta operación es necesaria en Lagunas Facultativas y de Maduración, pues ***la existencia de flotantes hará que sea menor la eficiencia del proceso de tratamiento, al dificultar la penetración de la luz solar en la masa de agua,*** en el caso de las ***Lagunas Anaerobias no es tan crítica la presencia de flotantes, e incluso puede ser positiva para el proceso en los climas más frío, al amortiguar la pérdida de calor de su contenido.***



LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: operación y mantenimiento

- Con *periodicidad anual* se procederá a *determinar el espesor de los lodos acumulados en el fondo de las lagunas ubicadas en cabecera del tratamiento*.
 - Para ello se hará *uso de una pértiga de longitud suficiente*, en la que *en uno de sus extremos se fijará firmemente un paño blanco*. Se *introducirá la pértiga en las lagunas hasta llegar a tocar el fondo*, y al extraerla, quedará *marcado en negro el nivel de los lodos acumulados*.
 - La *determinación del nivel de lodos deberá hacerse en varios puntos de cada laguna (al menos entrada y salida)*, al objeto de poder obtener un *valor medio*.



LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: operación y mantenimiento

La *extracción de los lodos acumulados en las lagunas* puede efectuarse tanto *en seco*, como *en húmedo*.

Para la *extracción en seco* es preciso dejar fuera de operación la laguna, extraer la fracción líquida y dejar que se sequen los lodos antes de su extracción, para lo que se hace uso de maquinaria.



LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: operación y mantenimiento

Para la ***extracción de los lodos en húmedo se hace uso de un equipo de bombeo, dispuesto en una estructura flotante, que se va desplazando por la superficie de la laguna***. Esta segunda modalidad ***no requiere dejar fuera de operación la laguna, que puede seguir funcionando mientras se extraen los lodos acumulados en su fondo***.

En este caso la ***extracción de lodos puede hacerse cuando el nivel de lodos alcance un tercio de la lámina de agua, o extrayendo una cantidad anualmente***.



LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: operación y mantenimiento

Las labores de mantenimiento incluyen también:

- La *limpieza de las arquetas de entrada y salida de las lagunas.*
- La *reparación, relleno y compactación de las hendiduras que puedan aparecer en los taludes de tierra.*
- La *reparación de las roturas que aparezcan en las láminas plásticas de impermeabilización.*
- La *eliminación de la vegetación en las zonas de los taludes próximas al nivel de agua (como medida preventiva contra la proliferación de mosquitos), mediante el uso de herbicidas, o manualmente.*
- El *control del buen estado del cerramiento.*
- El *control de roedores que puedan dañar los taludes y la impermeabilización de las lagunas.*



LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: observación visual

	SI	NO
¿La PTAR cuenta con Lagunas anaerobias?		
¿La PTAR cuenta con Lagunas de maduración?		
¿Las Lagunas anaerobias presentan el color y olor característicos?		
¿Las Lagunas anaerobias presentan coloración verdosa en su superficie?		
¿Las Lagunas facultativas presentan el color y olor característicos?		
¿Las Lagunas facultativas presentan coloración rojiza en su superficie?		
¿Las Lagunas de maduración presentan el color y olor característicos?		
¿Las Lagunas de maduración presentan coloración rojiza en su superficie?		
¿Se observa en la superficie de las lagunas una gran cantidad de flotantes?		

LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: observación visual

	SI	NO
¿En algún punto de la superficie de las lagunas afloran los sedimentos del almacenados en su fondo?		
¿Se mide periódicamente el nivel de los lodos almacenados en el fondo de las lagunas?		
¿Se extraen periódicamente los lodos acumulados en el fondo de las lagunas?		
¿Para la extracción periódica de los lodos acumulados en las laguna se procede a dejarlas fuera de operación y a su vaciado previo?		
¿La PTAR cuenta con lechos de secado para los lodos que se extraen periódicamente de las lagunas?		
Si se cuenta con lechos de secado para los lodos ¿los lixiviados que se generan se someten a tratamiento?		

LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: anomalías, causas y soluciones

Anomalía	Causa	Solución
Empeoramiento de la calidad de los efluentes finales	Sobrecargas hidráulicas y orgánicas	Si es posible, aumento del número de lagunas en operación Incremento de la altura de la lámina de agua, lo que aumenta el volumen y la superficie de las lagunas
Cambio en la coloración de las Lagunas Facultativas y de Maduración, aparición de tonalidades rosáceas	Sobrecarga orgánica	Aumento del número de lagunas en operación Aumento de la altura de la lámina de agua Detener la alimentación a las lagunas Facultativas y de Maduración Si las tonalidades rosáceas aparecen únicamente en la etapa facultativa, se puede recircular a ellas agua procedente de las Lagunas de Maduración
Proliferación de mosquitos	Presencia de flotantes en las lagunas Aparición de malas hierbas en taludes	Retirada periódica de los de flotantes Aplicación de herbicidas o retirada manual de la vegetación espontánea
Incremento de sólidos en suspensión en efluentes de las Lagunas Anaerobias	Acumulación excesiva de lodos en el fondo de estas lagunas	Extracción de lodos
Malos olores	Inadecuado mantenimiento del pretratamiento	Aumentar la frecuencia del mantenimiento del pretratamiento y retirar los rechazos
	Acumulación excesiva de lodos en la <i>Laguna Anaerobia</i>	Asegurar un control regular del nivel de fangos en la laguna, extrayendo periódicamente los lodos.
	Sobrecarga orgánica	Comprobar las cargas orgánicas aplicadas a las lagunas Recircular el efluente de las lagunas de maduración a etapas anteriores, o aporte de agua clara
	Vertidos de efluentes industriales a la red de colectores	Establecimiento y cumplimiento de una Normativa Municipal de Vertidos
Presencia excesiva de microalgas en el efluente tratado	Aumento de la temperatura ("blooms" de primavera)	Tratamiento terciario mediante filtración

LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: casos reales



LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: casos reales



LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: casos reales

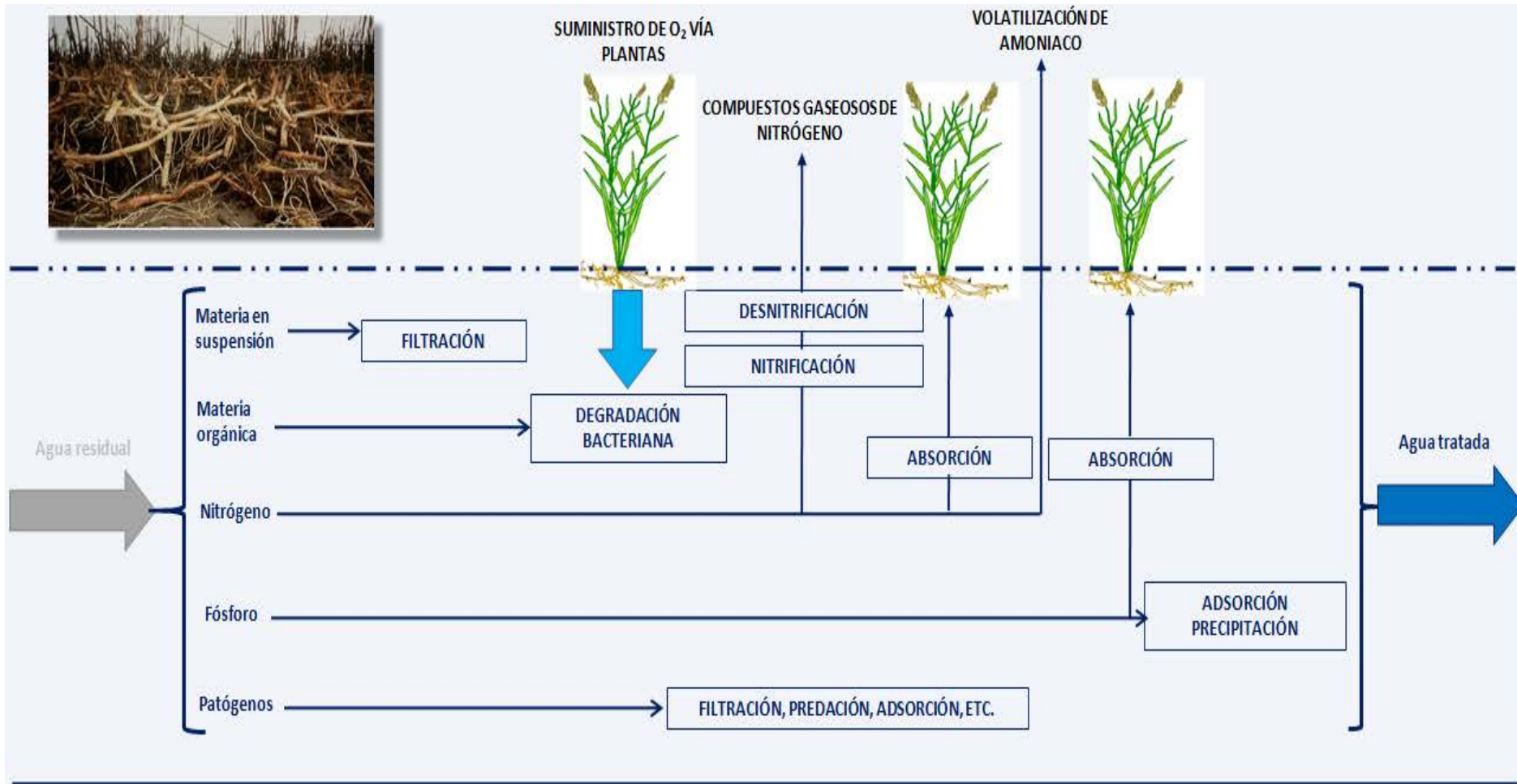


HUMEDALES

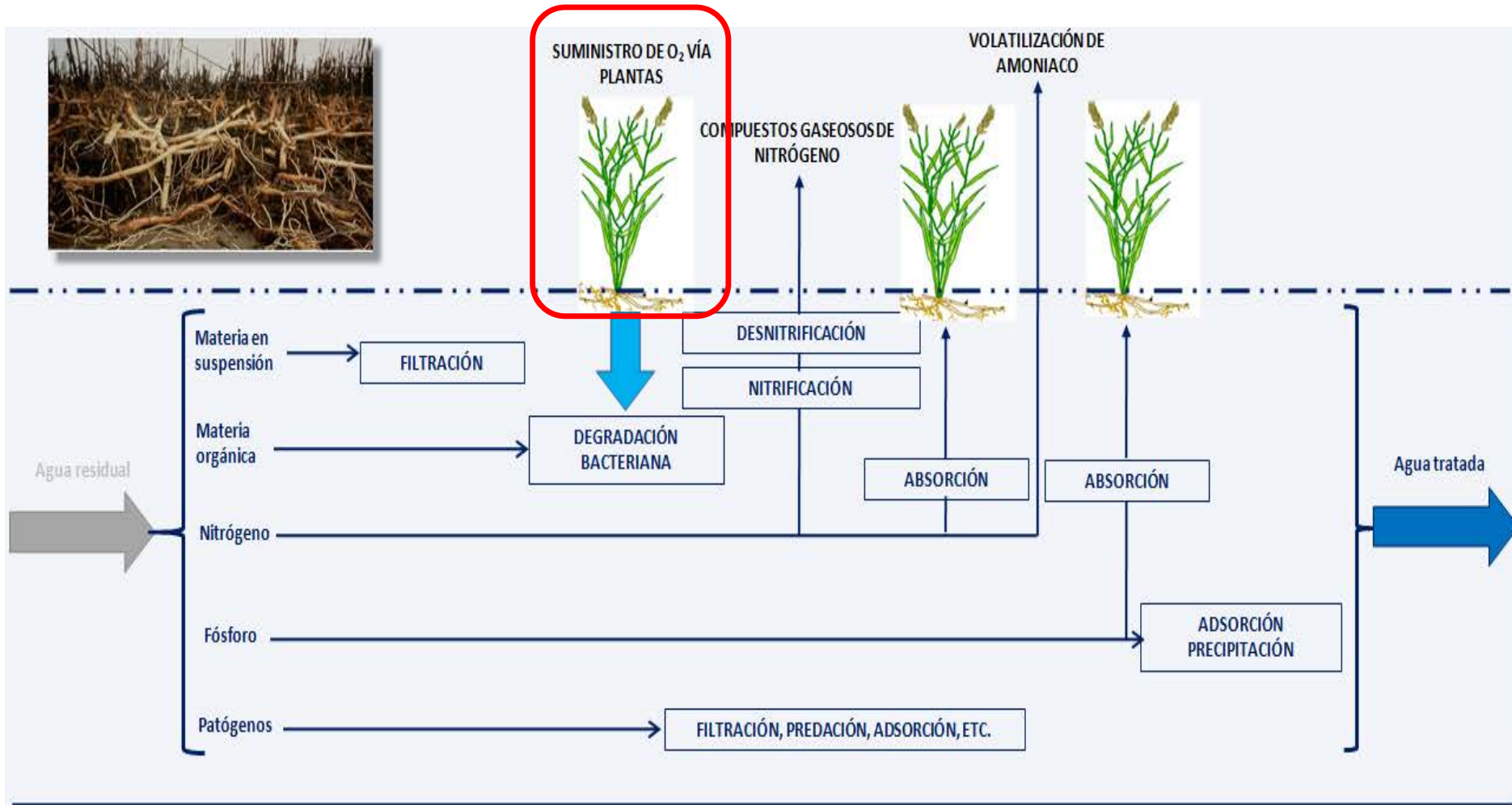
IMITACION DE LAS ZONAS HÚMEDAS NATURALES: la depuración de las aguas residuales tiene lugar al hacerlas circular (***filtración***) a través de ***tallos, rizomas, raíces y sustrato filtrante***, en los que se desarrollan ***procesos físicos, químicos y biológicos***.



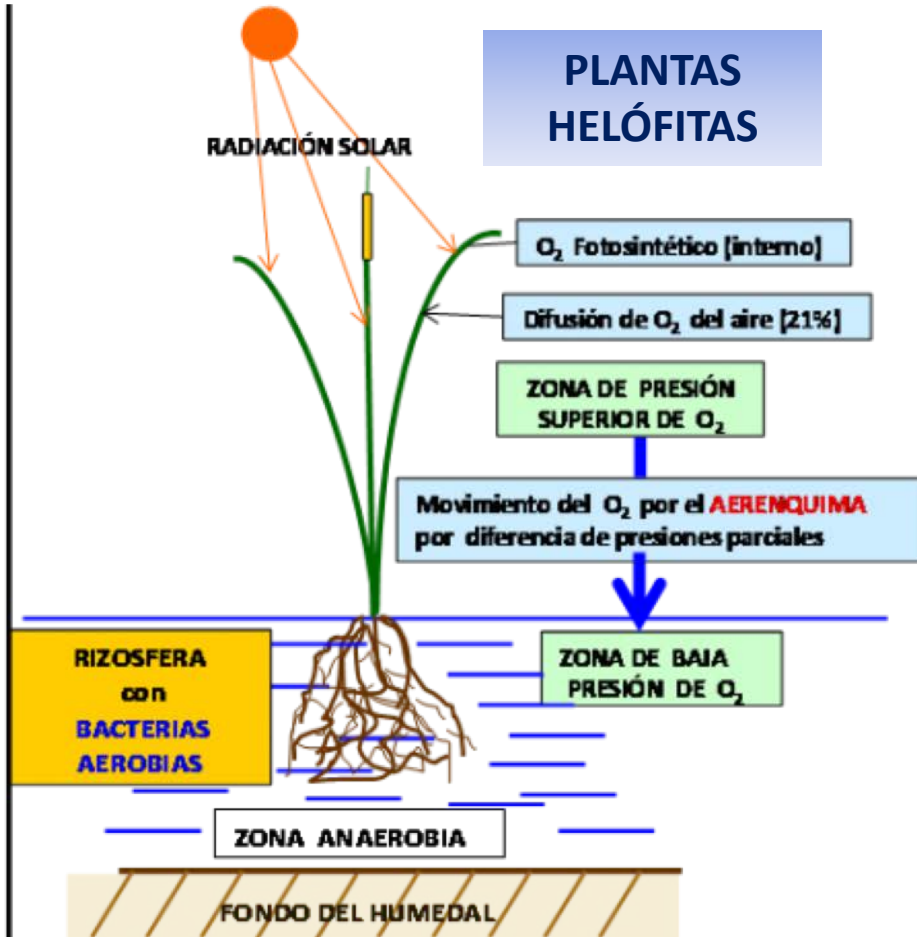
HUMEDALES



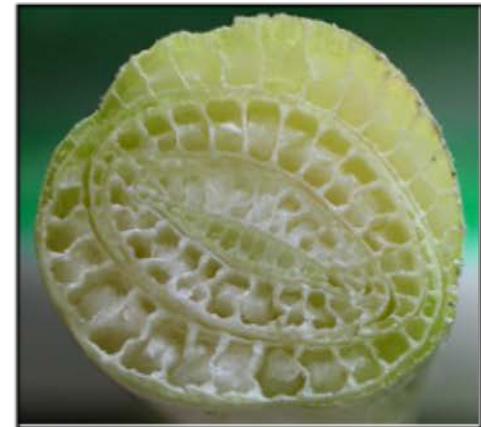
HUMEDALES



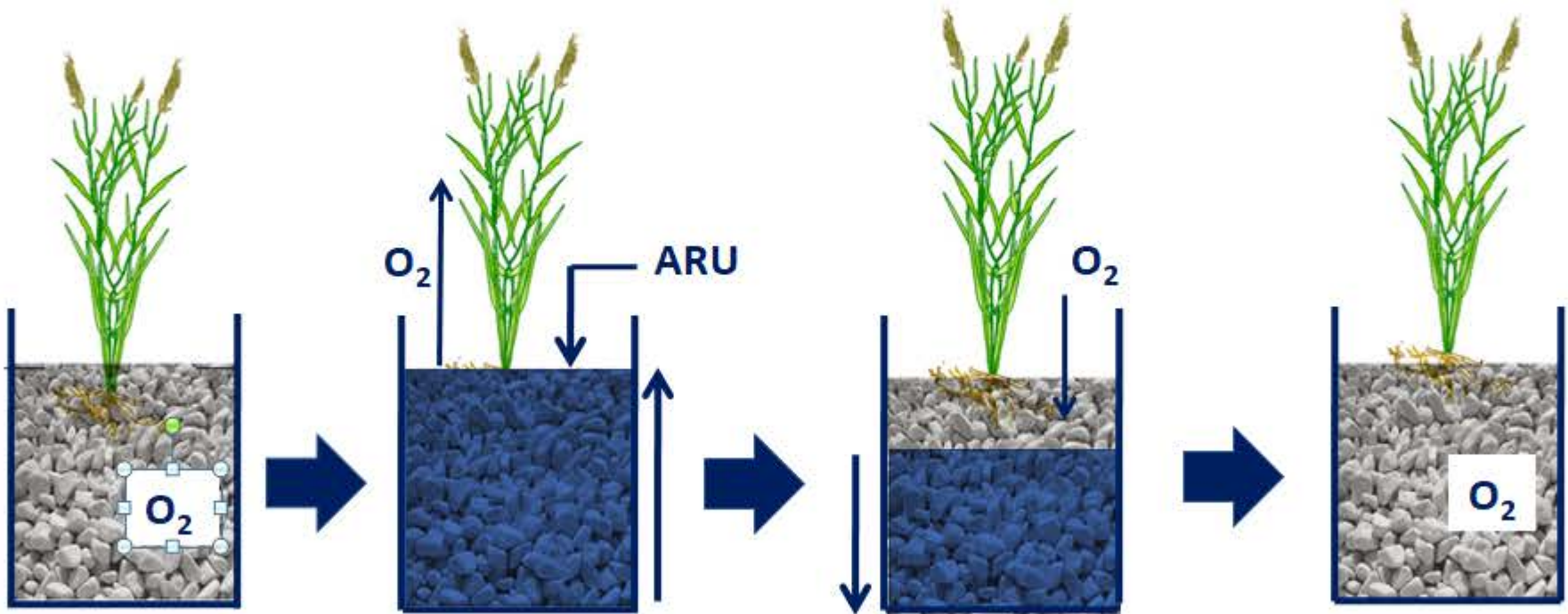
El aporte de oxígeno por las plantas



Aerénquima de hojas y tallos de una helofita (*Typha* sp.)



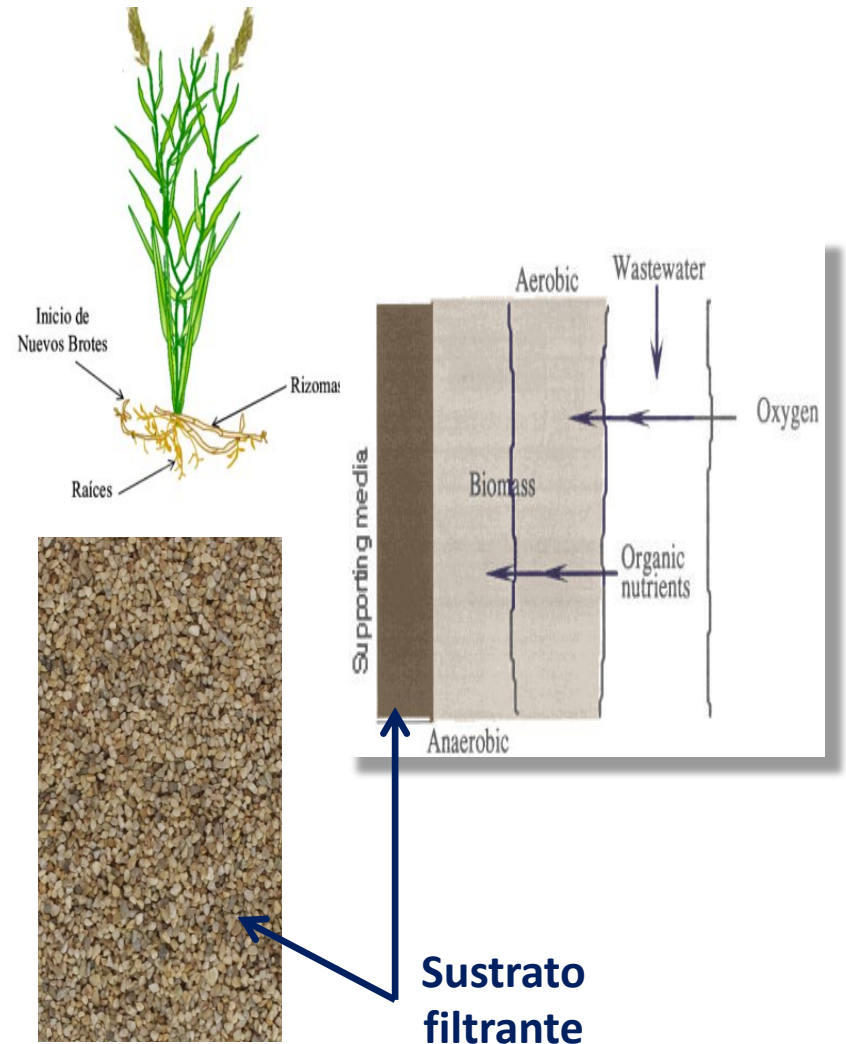
El aporte de oxígeno por difusión: la alimentación intermitente en los Humedales de Flujo Vertical



La eliminación de contaminantes solubles y coloidales

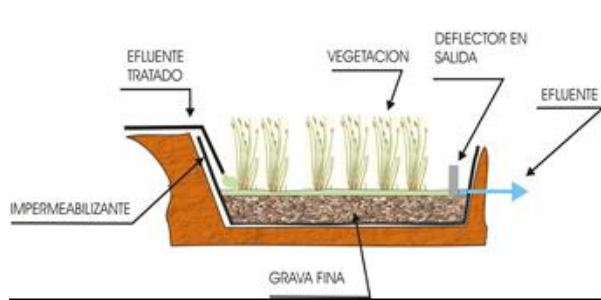
• **Adsorción:** de los contaminantes solubles y coloidales sobre la superficie de la biopelícula, que se forma en torno a las raíces, rizomas y partículas del sustrato filtrante

• **Oxidación biológica:** de la contaminación retenida y adsorbida, llevada a cabo por la biomasa adherida a las raíces, rizomas y partículas del sustrato filtrante.

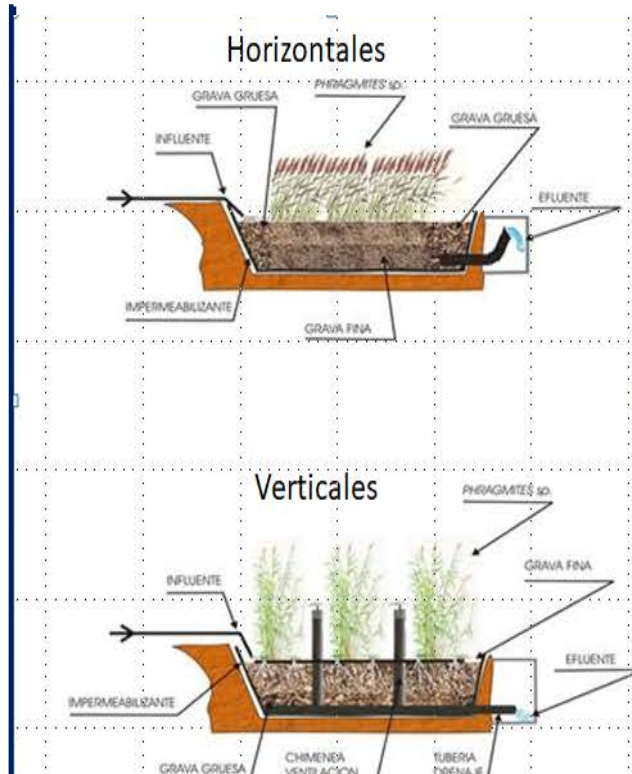


HUMEDALES: tipos

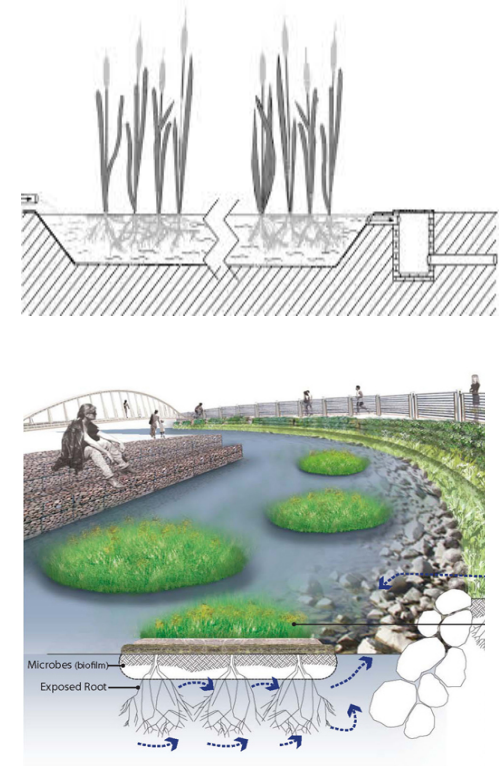
Humedales de Flujo Superficial



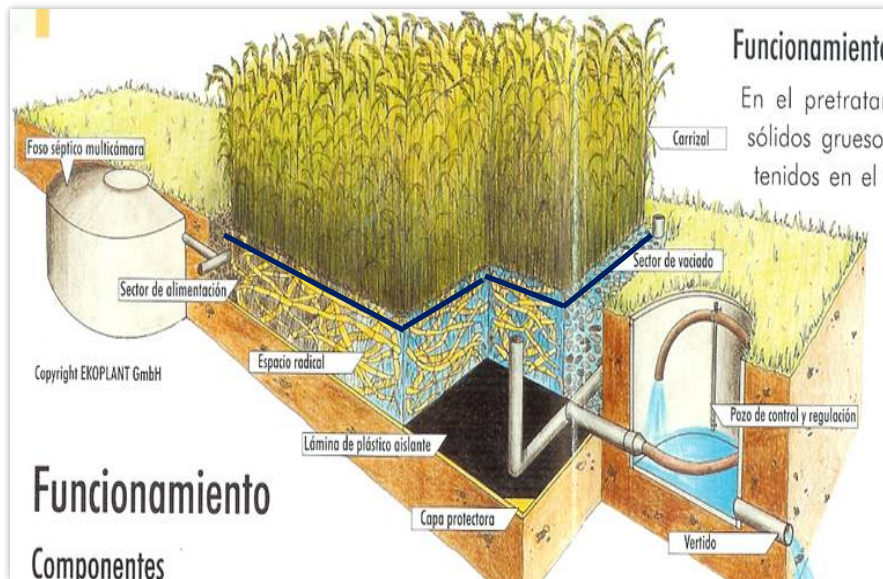
Humedales de Flujo Subsuperficial



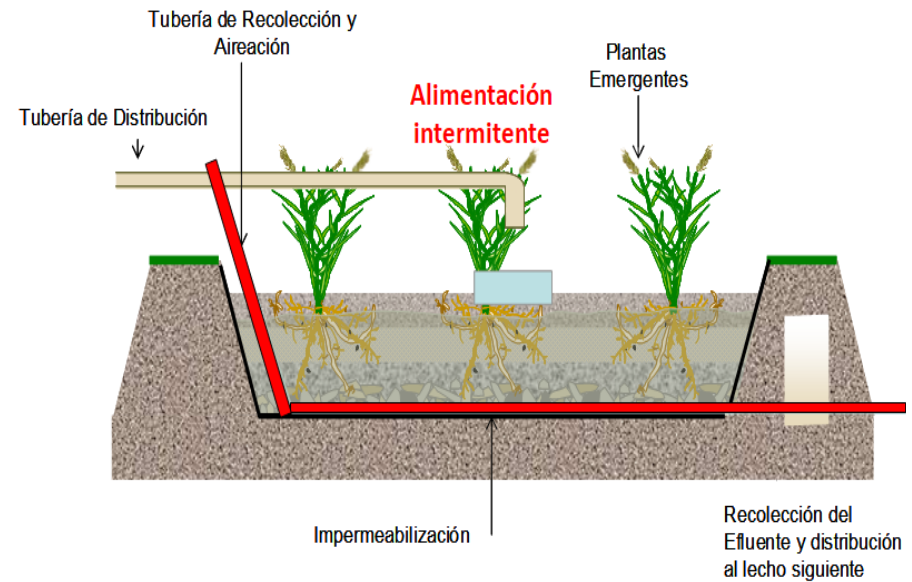
Humedales Flotantes



HUMEDALES: tipos



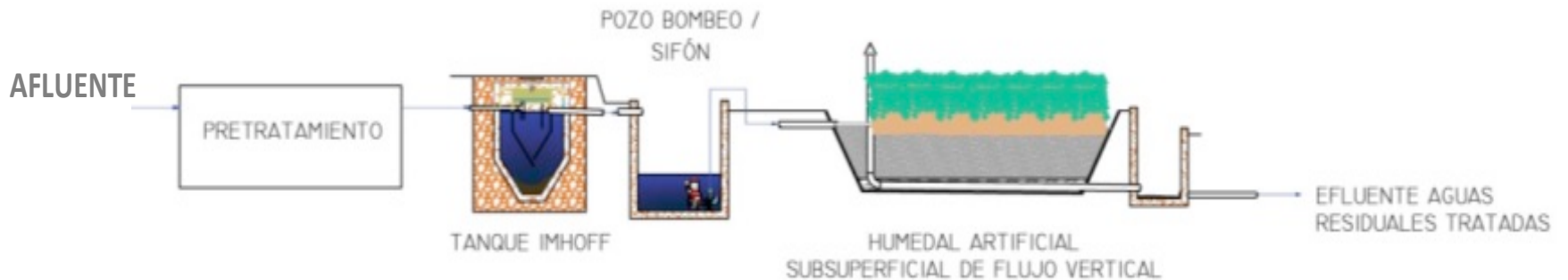
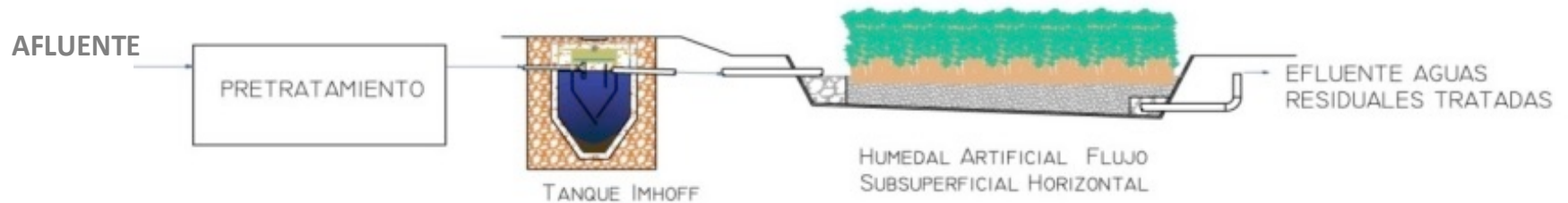
Humedales de Flujo Horizontal



Humedales de Flujo Vertical

HUMEDALES

Diagramas de flujo



HUMEDALES: operación y mantenimiento

- ***Diariamente, el operador comprobará que la entrada de agua a los distintos humedales, y la salida de los efluentes de los mismos, transcurren con normalidad***, para detectar cualquier posible problema de obstrucciones en las conducciones, o en los materiales filtrantes.
- ***Diariamente, se revisarán los sistemas de distribución de aguas a tratar*** a los humedales.
- ***Mensualmente, se verificará la impermeabilización del confinamiento de los humedales.***
- ***Durante los primeros meses de operación deben eliminarse las malas hierbas*** que puedan competir con la vegetación implantada en los humedales.

HUMEDALES: operación y mantenimiento

- ***Anualmente, una vez finalizado el ciclo vegetativo de las plantas en los diferentes humedales implantados, se procederá a su siega y a la evacuación de la biomasa vegetal extraída.*** Con ello se evita que se descomponga la vegetación seca en el interior del humedal, liberando nutrientes y contribuyendo a la colmatación del sustrato filtrante.

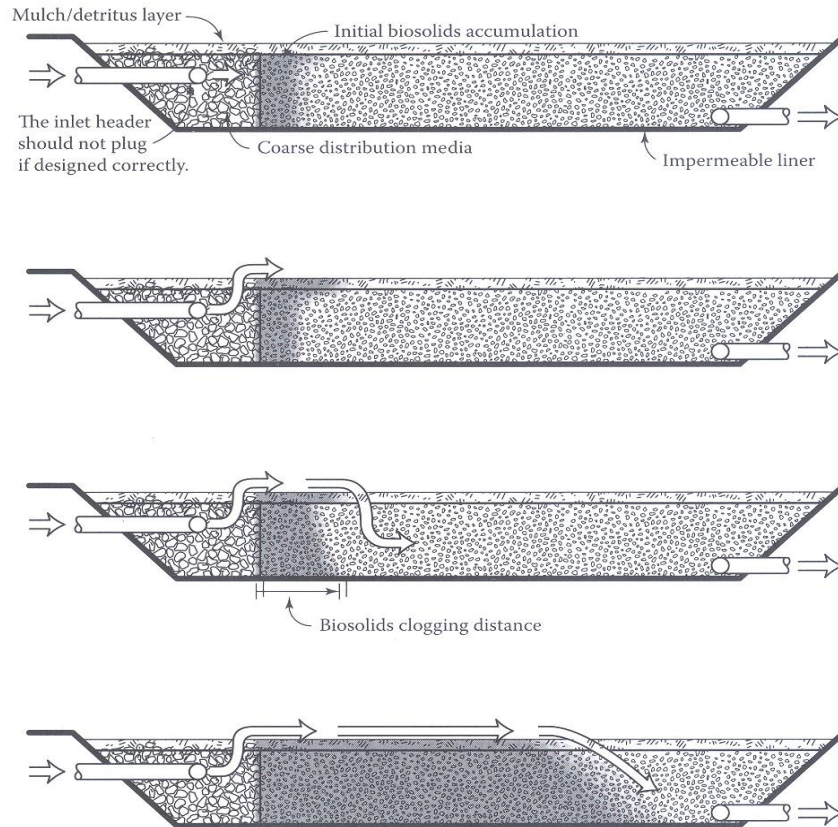
La ***siega se podrá llevar a cabo manualmente***, mediante el empleo de ***hoces o guadañas***, o por ***medios mecánicos***, con el uso de ***desbrozadoras motorizadas***.



HUMEDALES: operación y mantenimiento

- ***Anualmente, y coincidiendo con el momento de la siega de la vegetación seca*** (para facilitar la operación), se procederá a ***medir la permeabilidad del sustrato filtrante en los Humedales de Flujo Horizontal***, al objeto de ***determinar su grado de colmatación***. Para ello, se empleará el ***método descrito por Pedescoll et al., (2009)***.
- Debe ***prevenirse y controlarse la aparición de posibles plagas*** que puedan hacer peligrar la existencia de la vegetación implantada en los humedales.
- ***Debe evitarse, en lo posible, la entrada a los humedales de animales que puedan alimentarse de la vegetación implantada.***

HUMEDALES: operación y mantenimiento



HUMEDALES: operación y mantenimiento



HUMEDALES: observación visual

	SI	NO
¿El humedal cuenta con bordillo perimetral que lo proteja de la entrada de las aguas de escorrentía en los períodos de lluvia?		
¿Las aguas residuales se reparten homogéneamente por toda la zona de entrada del humedal?		
¿El dispositivo de salida de las aguas tratadas opera correctamente?		
¿El nivel del agua en el interior del humedal se mantiene unos 5-10 cm por debajo de la superficie del material de relleno?		
¿Se observan charcos en la zona de entrada del humedal?		
¿Se observan charcos en el resto de la superficie del humedal?		
¿Las plantas del humedal presenta síntomas de enfermedad?		
¿Se observa la proliferación de otras plantas diferentes de las plantadas inicialmente?		
¿Se procede periódicamente a la siega de las plantas del humedal?		

LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN: anomalías, causas y soluciones

Anomalía	Causa	Solución
Deficiente calidad de los efluentes finales	Sobrecargas orgánicas Vertidos industriales a la red de alcantarillado	Ajustar la carga a la estipulada en proyecto Implantación y cumplimiento riguroso de una Ordenanza Municipal de Vertidos
Rápida colmatación de la superficie filtrante	Presencia excesiva de finos en el material filtrante Deficiente funcionamiento de las etapas de pretratamiento y/o tratamiento primario Mal funcionamiento del sistema de reparto del agua Presencia de elevadas concentraciones de sólidos en suspensión y/o aceites y grasas en las aguas a tratar.	Selección rigurosa del material filtrante Correcta explotación y mantenimiento de estas etapas Control del reparto homogéneo de la alimentación sobre toda la superficie filtrante Implantación y cumplimiento riguroso de una Ordenanza Municipal de Vertidos

HUMEDALES: casos reales



REFERENCIAS

DAGA. <https://dagaequipment.com/es/>

EPA (1977). Response to Congress on Use of Decentralized Wastewater Treatments Systems. EPA 832-R-97-001b, Environmental Protection Agency Office of Wastewater Management, Washington DC.

Pedescoll, A.; Uggetti, E.; Llorens, E.; Granés, F.; García, D.; García, J. (2009). Practical method based on saturated hydraulic conductivity used to assess clogging in subsurface flow constructed wetlands. *Ecological Engineering* **35**, 1216–1224.

Rosales, E., (2003). Tanques sépticos: conceptos teóricos base y aplicaciones. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Centro de Ingeniería en Construcción. Centro de Investigaciones en Vivienda y Construcción.

Salvato, J.A. (1982). Environmental Engineering and Sanitation. Third edition. Wiley Interscience publication, New York.



MUCHAS GRACIAS



+ INFORMACIÓN
info@aeopas.org
955 40 85 06



Asociación Española de Operadores
Públicos de Abastecimiento y Saneamiento

Tecnologías Intensivas

Tecnologías intensivas vs Tecnologías extensivas

Tecnologías Intensivas

> ENERGÍA



< SUPERFICIE (< 1m²/h.e.)

O₂

kWh

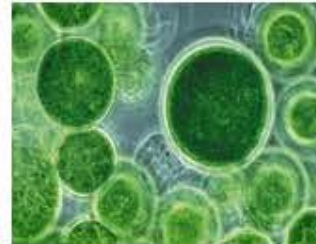


Tecnologías Extensivas

< ENERGÍA

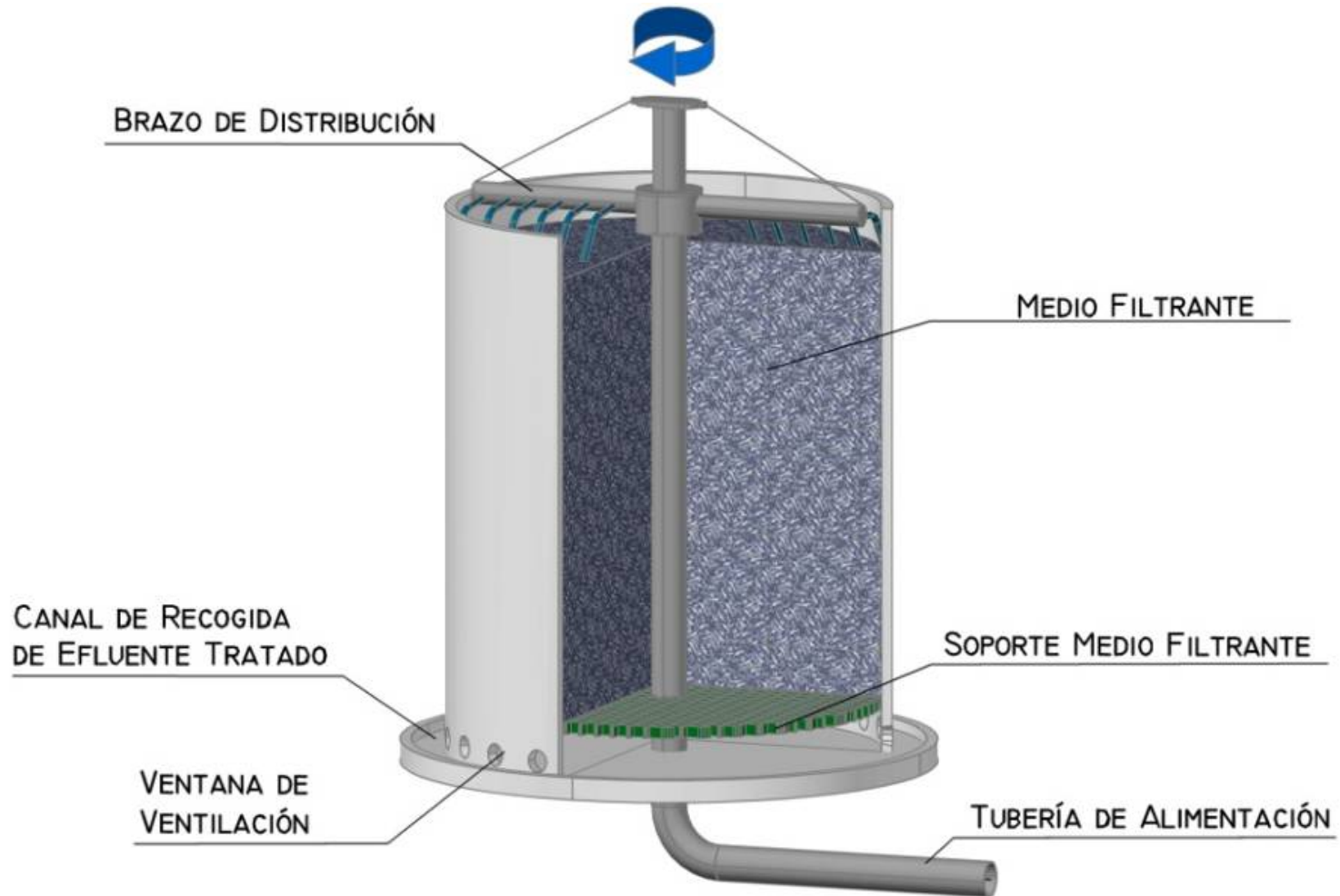


> SUPERFICIE (> 1m²/h.e.)



O₂

FILTROS PERCOLADORES



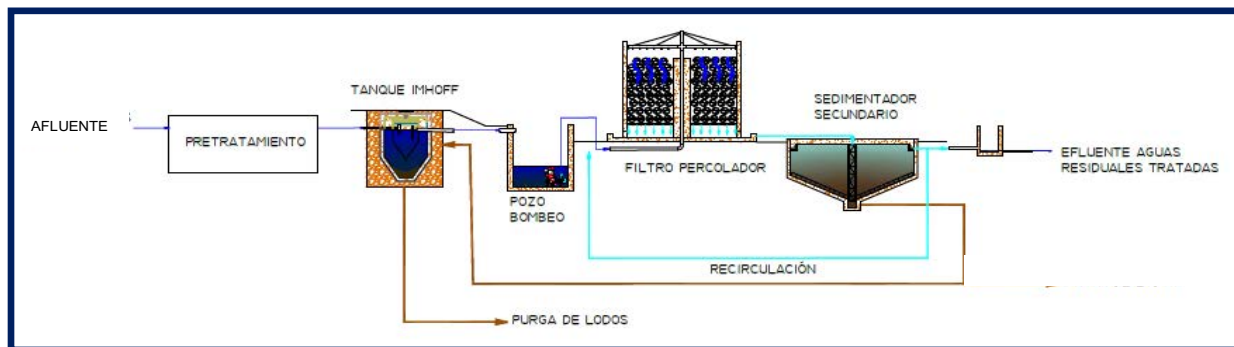
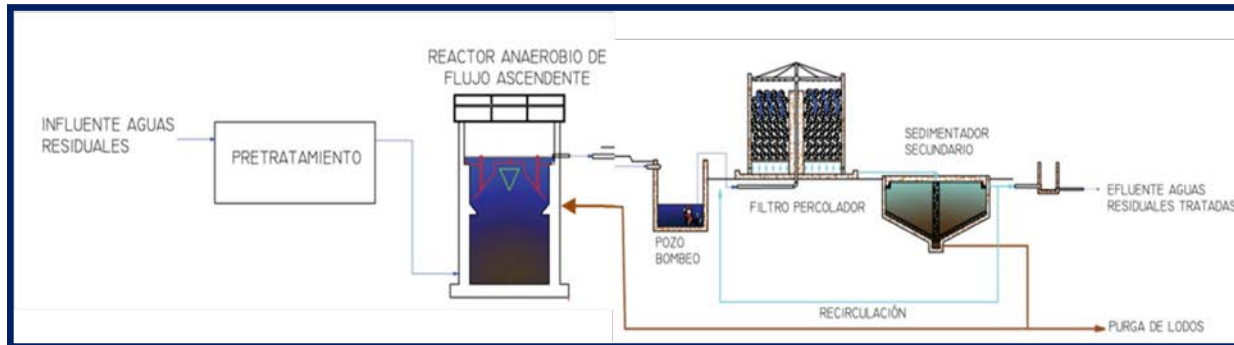
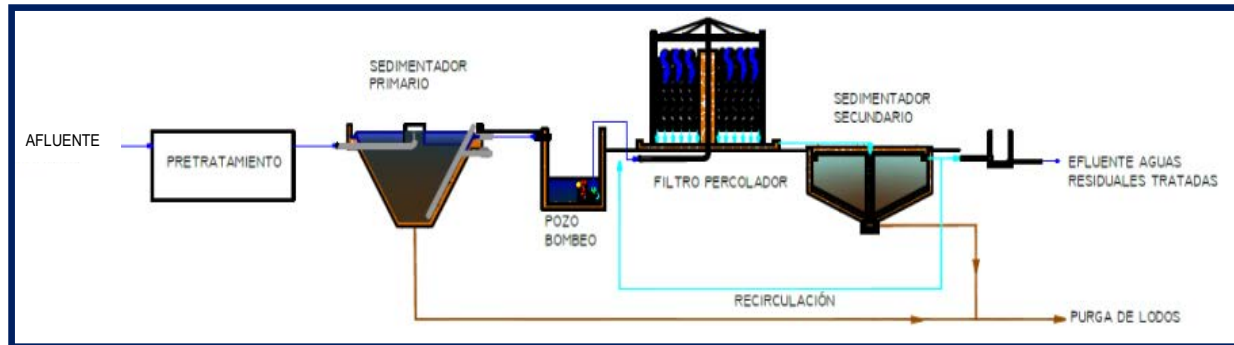
FILTROS PERCOLADORES

Materiales de relleno



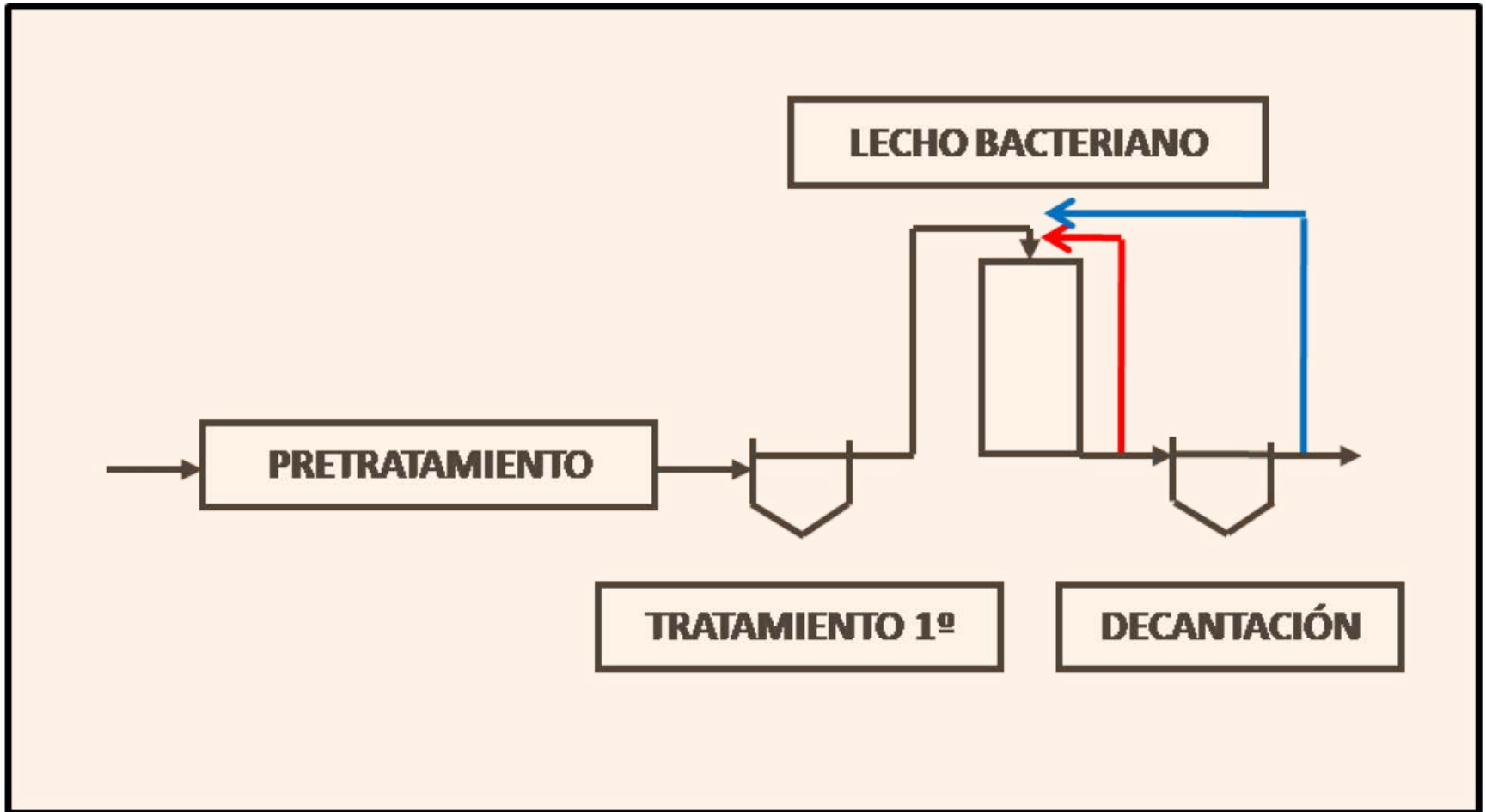
FILTROS PERCOLADORES

Diagramas de flujo



FILTROS PERCOLADORES

Recirculación



FILTROS PERCOLADORES: operación y mantenimiento

Periódicamente se comprobará:

- El ***correcto funcionamiento del sistema de distribución del agua residual sobre el material de soporte***, verificando que sale agua por todas las boquillas y que la distribución se realiza de tal forma que se asegura un mojado homogéneo de toda la superficie del material de soporte.
- Que ***el agua percola bien a través del filtro y que no existe ninguna obstrucción***, que se pondría de manifiesto por la aparición de zonas encharcadas en la superficie del material de soporte.
- Que ***se genera la fuerza de lavado necesaria para retirar el lodo en exceso, que se va desprendiendo del material de soporte***. Un contenido en materia en suspensión uniforme a la salida del filtro es indicativo de que el lavado es el adecuado.
- El ***funcionamiento de los bombes (de alimentación y de recirculación)*** y que los caudales bombeados son los adecuados de acuerdo a la estrategia de operación seleccionada.

FILTROS PERCOLADORES: operación y mantenimiento

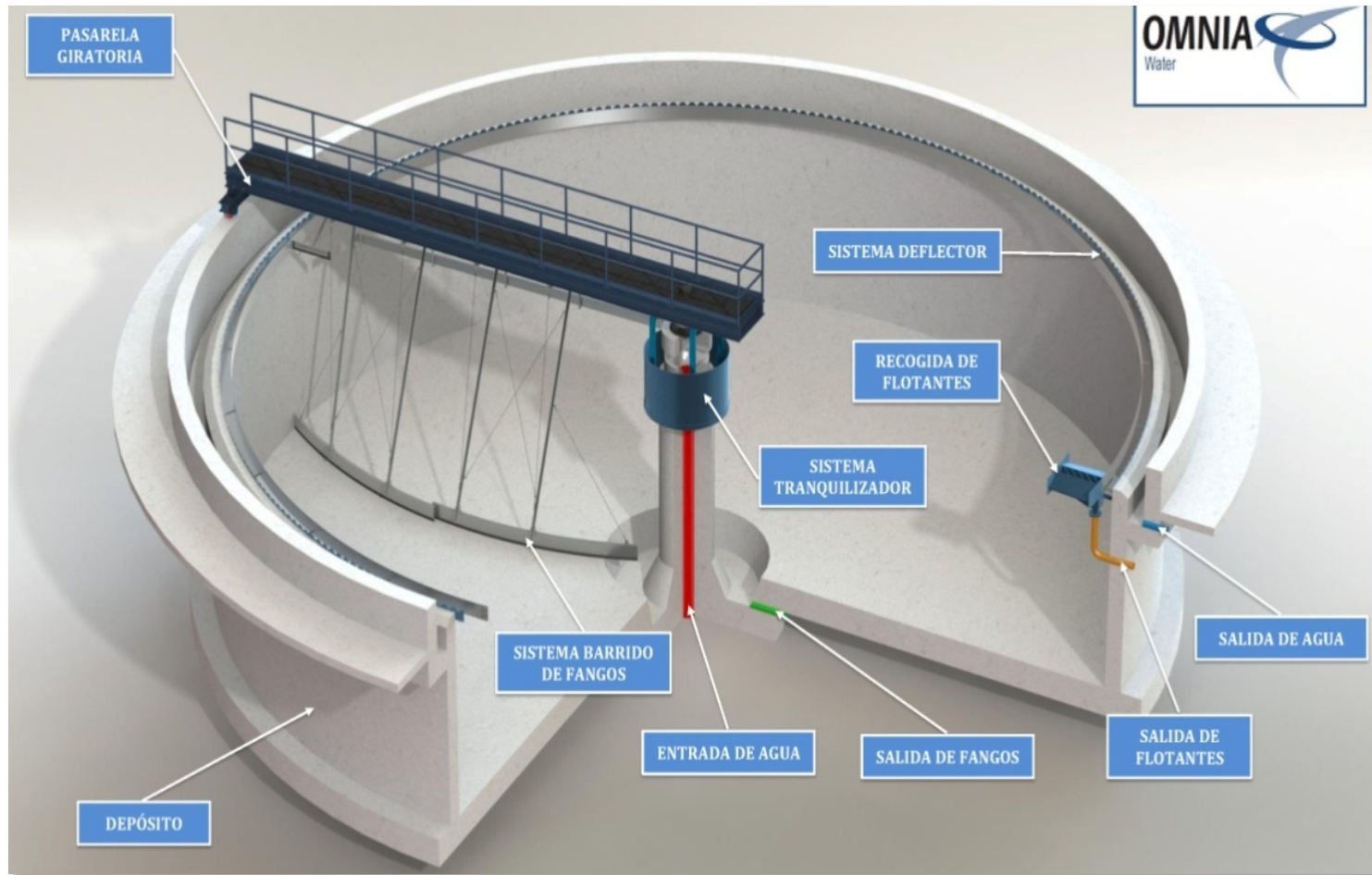
- ***Quincenalmente*** se debe proceder al ***ajuste de la horizontalidad de los brazos del sistema de distribución de la alimentación***. Para ello, se comprueba, con la ayuda de un nivel, la altura en varios puntos de cada uno de los brazos, ajustándose su horizontalidad actuando sobre los tensores del sistema de distribución. Todos los brazos deben ajustarse al mismo plano horizontal.
- ***Mensualmente*** debe procederse al ***ajuste de la verticalidad del eje central***.



FILTROS PERCOLADORES: operación y mantenimiento

- Debe ***asegurarse durante la noche la operación del brazo distribuidor*** y que la ***superficie del material soporte se humedece homogéneamente***.
- En el ***periodo invernal*** se debe ***medir la temperatura de las aguas residuales afluentes y de los efluentes del filtro***. En caso de que se registren ***enfriamientos superiores a 4 °C, o de que la temperatura de los efluentes sea inferior a 8 °C, debe detenerse la recirculación, para minimizar el enfriamiento del interior del filtro***.
- Especial ***cuidado debe prestarse al posible secado del material de soporte***, lo que conducirá a la destrucción del biofilm y a una bajada drástica de los rendimientos de depuración. Esto es especialmente crítico en el caso de los materiales de ***soporte de naturaleza plástica***, en los que no se recomienda que se dejen ***sin aporte de agua*** durante ***más de dos horas seguidas***. En el caso de recurrir al empleo de ***piedras como material de soporte***, se dispone de un ***mayor margen de maniobra***, si bien este margen viene condicionado por el tipo de piedra que se emplee.

SEDIMENTADORES SECUNDARIOS



SEDIMENTADORES SECUNDARIOS: operación y mantenimiento

Periódicamente se comprobará:

- *El correcto funcionamiento del mecanismo de giro, que acciona las rasquetas de recogida de lodos (en el fondo del sedimentador) y de flotantes (en su superficie).*
- *El correcto funcionamiento de las bombas de extracción de los lodos sedimentados. La aparición de burbujeo en la superficie del sedimentador es un claro indicio de que se precisan acortar los tiempos de entrada en operación de estas bombas. Por el contrario, la extracción de lodos muy diluidos puede aconsejar incrementar esos tiempos.*

SEDIMENTADORES SECUNDARIOS: operación y mantenimiento

- ***Dos veces a la semana*** se comprobará la ***sedimentabilidad de los lodos***, para ello se procederá a la ***determinación del Índice Volumétrico de Lodos (IVL)***, que se define como el ***volumen en mililitros ocupado por un gramo de sólidos del licor mezcla (SSLM)***, tras una ***sedimentación de 30 minutos en una probeta de 1.000 ml***.
- ***El IVL se determina midiendo el volumen ocupado por una muestra de lodos, tomada a la entrada al sedimentador, después de 30 minutos de sedimentación, y dividiendo este volumen por la concentración de sólidos en suspensión del licor mezcla (SSLM).***
- ***Valores bajos de IVL (<100 mL/g) indican una buena calidad de sedimentación y, por lo tanto, un efluente bien clarificado.***

SEDIMENTADORES SECUNDARIOS: operación y mantenimiento

- ***Quincenalmente*** se procederá a la ***limpieza, mediante cepillado, de la chapa deflectora y del vertedero de salida del sedimentador***, donde con el tiempo se va fijando biomasa.



- ***Regularmente se procederá al engrase de los equipos mecánicos*** (limpieza mecanizada de las rejillas de desbaste, rodamientos del sistema distribuidor de la alimentación al Filtro Percolador, sistema de accionamiento de las rasquetas del sedimentador secundario) y a la limpieza y sustitución de los accesorios que se especifiquen. ***La frecuencia de estas operaciones, y el tipo de lubricante a emplear, serán acordes a lo que se especifique en el manual del fabricante.***

FILTROS PERCOLADORES: casos reales



FILTROS PERCOLADORES: observación visual

	SI	NO
¿Se puede acceder fácilmente a la parte superior del filtro para poder observar el comportamiento del sistema de distribución de la alimentación?		
¿El sistema de distribución de la alimentación riega homogéneamente toda la superficie del relleno?		
¿Las boquillas del sistema de distribución presentan obstrucciones?		
¿El relleno permanece largos periodos de tiempo sin regar?		
¿Se observan encharcamientos permanentes en la parte superior del relleno?		
¿El biofilm en la parte superior del relleno presenta una coloración blanquecina?		
¿Las ventanas para la aireación del filtro presentan algún obstáculo que dificulte la circulación del aire?		

FILTROS PERCOLADORES: observación visual

	SI	NO
¿El sedimentador secundario cuenta con barredora de fondo y superficie?		
¿El sedimentador secundario cuenta con deflector?		
¿El sedimentados secundario cuenta con campana tranquilizadora?		
¿Se acumulan flotantes en las superficie del sedimentador secundario?		
¿Se observan burbujas en la superficie de sedimentador secundario?		
¿Los lodos purgados del sedimentador secundario están muy diluidos?		
¿Los lodos purgados del sedimentador secundario son muy oscuros y presentan mal olor?		
¿El IVL presenta los valores recomendado?		

FILTROS PERCOLADORES: anomalías, causas y soluciones

Anomalía	Causa	Solución
Producción de olores	Aireación insuficiente	Aumentar el caudal de ventilación, si es forzada. Aumentar el tamaño de las ventanas de entrada de aire si son regulables
Disminución del rendimiento en eliminación de DBO ₅	Incremento de la materia en suspensión en la alimentación al lecho	Verificar el correcto funcionamiento del tratamiento primario
	Temperatura del agua residual muy baja	Reducir el tamaño de las ventanas de entrada de aire, si son regulables. Minimizar la recirculación.
	Pérdida excesiva de biomasa	Reducir la carga hidráulica Eliminar la fuente en caso de inhibidores tóxicos en el influente

FILTROS PERCOLADORES: anomalías, causas y soluciones

Anomalia	Causa	Solución
Aparición de organismos superiores, caracoles, gusanos, insectos.	Normalmente es debido a una inadecuada operación del sistema y se da principalmente en lechos con rellenos minerales	Eliminación de los organismos mediante inundación del lecho y posterior secado periódicos, limpieza con agua y biocidas selectivos Adecuación de los equipos de bombeo, para que no supongan un problema
Colmatación del sistema de distribución	Incremento de los sólidos en suspensión alimentados al lecho.	Verificar funcionamiento del tratamiento primario Incrementar el caudal recirculado

FILTROS PERCOLADORES: anomalías, causas y soluciones

Anomalia	Causa	Solución
Colmatación del lecho por acumulación excesiva de biomasa	Fuerza de lavado insuficiente.	Incrementar el caudal recirculado. Reducir la velocidad del sistema distribuidor, si este es regulable
Mala sedimentación del fango	Carga hidráulica excesiva	Reducir la recirculación, para descargar la decantación secundaria
Burbujeo en la superficie de los decantadores	Permanencia excesiva de los fangos en el fondo de los decantadores	Aumento de la frecuencia de purga de fangos
	Operación incorrecta de la rasqueta de barrido de fondo	Reparación de las deficiencias

REFERENCIAS

EPA (1977). Response to Congress on Use of Decentralized Wastewater Treatments Systems. EPA 832-R-97-001b, Environmental Protection Agency Office of Wastewater Management, Washington DC.

Pedescoll, A.; Uggetti, E.; Llorens, E.; Granés, F.; García, D.; García, J. (2009). Practical method based on saturated hydraulic conductivity used to assess clogging in subsurface flow constructed wetlands. *Ecological Engineering* **35**, 1216–1224.

Rosales, E., (2003). Tanques sépticos: conceptos teóricos base y aplicaciones. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Centro de Ingeniería en Construcción. Centro de Investigaciones en Vivienda y Construcción.

Salvato, J.A. (1982). Environmental Engineering and Sanitation. Third edition. Wiley Interscience publication, New York.



MUCHAS GRACIAS



+ INFORMACIÓN
info@aeopas.org
955 40 85 06

