

Jornada sobre depuración en pequeñas poblaciones
Valladolid, 26 de febrero de 2013

Presentación del
MANUAL PARA LA IMPLANTACIÓN DE
SISTEMAS DE DEPURACIÓN EN PEQUEÑAS
POBLACIONES

Enrique Ortega (CEDEX)

Yasmina Ferrer (CEDEX)

Juan José Salas (CENTA)



CEDEX

CENTRO DE ESTUDIOS Y
EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS
PÚBLICAS



***Presentación del
Manual para la implantación de sistemas de
depuración para pequeñas poblaciones***



ANTECEDENTES

Motivos

- El PNCA (2007-2015) aborda la depuración en pequeñas poblaciones, especialmente las ubicadas en espacios protegidos
- Las CC.AA. están incluyendo han en su planificación la depuración de este tipo de núcleos
- Existen unas 6.000 aglomeraciones < 2.000 h-e que no disponen de un tratamiento adecuado, con una carga contaminante entre 3-4 millones de h-e (2008)
- La depuración en este segmento de población ha sido insuficientemente estudiada
- Diferencia de criterios a la hora de abordar proyectos y diseños
- Malas experiencias en el pasado

Promotor

- Dirección General del Agua del MARM

Autores

- CEDEX-CENTA a través de un Convenio de colaboración

Objetivos

- Crear un instrumento útil para las administraciones y entidades públicas y privadas relacionadas con la planificación, diseño, implantación y explotación de estos sistemas de depuración
- Orientado a aglomeraciones urbanas entre 50 y 2.000 h-e
- Analizar las condiciones específicas que afectan a la depuración de estos núcleos
- Establecer criterios para adoptar soluciones adecuadas para cada caso.
- Establecer recomendaciones de carácter técnico que ayuden a la redacción de proyectos, puesta en marcha, mantenimiento y operación

Metodología

- Proceso participativo en el que se ha contado con la contribución técnica de expertos y gestores del sector.
- Bases de partida: 1. “Estudio sobre la situación actual de la depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones” (CEDEX-CENTA 2008); 2. “La I+D+i en el ámbito del saneamiento y la depuración en pequeñas poblaciones” (CEDEX-CENTA. 2009).
- Encuentro con expertos para analizar las singularidades de la depuración en pequeñas poblaciones y debatir sobre las tecnologías adecuadas.
- Encuesta a Organismos de Cuenca para conocer el tratamiento que dan a este tipo de depuración.
- Elaboración de borradores de cada capítulo, discutidos en el grupo de trabajo CEDEX-CENTA.
- Colaboración de expertos en la elaboración de los capítulos referentes a los distintos tipos de tratamiento.
- Redacción final del Manual.

EXPERTOS QUE HAN COLABORADO EN LA ELABORACIÓN DEL MANUAL

Alfredo Jacome (Universidad da Coruña) .
Eloy Becares (Universidad de León) . **Ignacio del Río** (CEDEX)
Ignacio Tejero (Universidad de Cantabria)
Irene Bustamante (IMDEA-Universidad de Alcalá)
Jaume Alemany (Institut Català de la Recerca de l'Aigua)
Joan García (Universidad Politécnica de Cataluña)
Joaquín Suárez (Universidad da Coruña) . **José A. Cortacans** (Universidad Politécnica de Madrid) . **Juan García** (NILSA)
Lucas Moragas (Agencia Catalana del Agua)
Lucía Sobrados (CEDEX) . **Luis Larrea** (CEIT) . **Miguel Salgot** (Universidad de Barcelona) . **Pedro García** (Universidad de Valladolid) . **Pedro Polo** (Acciona Agua)



Entidades que han colaborado en la elaboración del Manual

INSTITUCIONES

Confederación Hidrográfica del Tajo, Confederación Hidrográfica de Duero, Confederación Hidrográfica del Cantábrico, Confederación Hidrográfica del Segura, Agencia Catalana del Agua y Navarra Infraestructuras Locales (NILSA).

EMPRESAS

Anox-Kaldness. Aqua Ambient, Bioazul, Biosistemas, Fullgas y Remosa

Estructura del Manual

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

***Presentación del
Manual para la implantación de sistemas de
depuración para pequeñas poblaciones***



***ASPECTOS GENERALES
INFORMACIÓN BÁSICA PARA LA
REDACCIÓN DE PROYECTOS***



Singularidades en pequeñas poblaciones

Temas a destacar

- “Tratamiento adecuado” y valores límite de emisión
- La importancia de los estudios previos
- Características de las aguas residuales
- La gestión de las aguas pluviales
- Costes y gestión de los sistemas de depuración

El Concepto de tratamiento adecuado

- “Tratamiento de las aguas residuales mediante cualquier proceso en virtud del cual, después del vertido de dichas aguas, las aguas receptoras cumplen los objetivos de calidad pertinentes” (Directiva 91/271/CEE).
- En España no existe regulación específica para estos vertidos, existiendo criterios diversos en cada organismo de cuenca.
- Los valores límites de emisión se fijan en la autorización de vertido
- “Los valores límite de emisión deben calcularse teniendo en cuenta los objetivos ambientales del medio receptor. La comprobación de las normas de calidad ambiental se valorarán por balance de masas o mediante empleo de modelos matemáticos de simulación” (Manual de gestión de vertidos. MARM)
- Algunos países han adoptado legislación específica para este segmento de población, menos restrictiva que la Directiva 91/271/CEE (Francia , Polonia, Reino Unido).

Límites de vertido aplicados en Francia (Arrête du 22 de juin 2007)

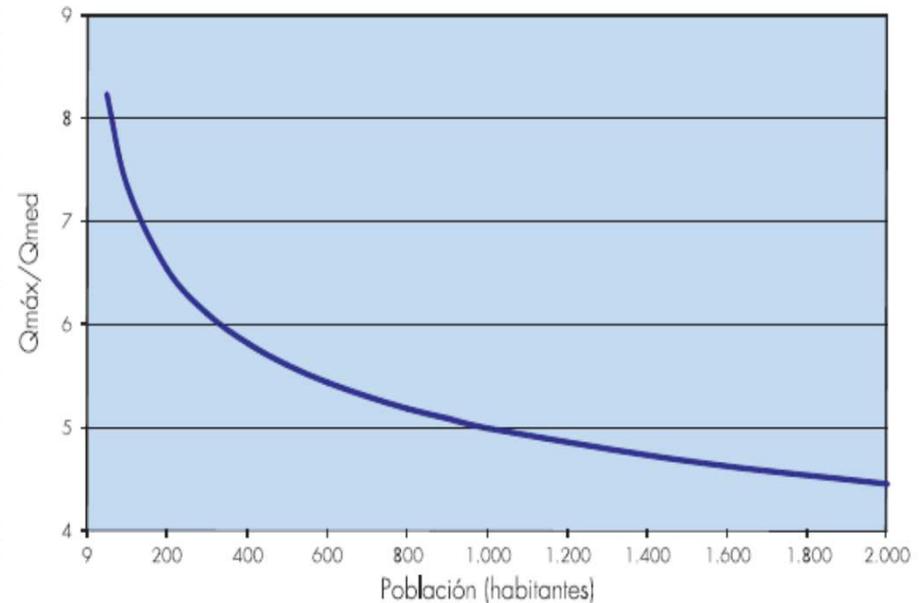
| Rendimientos mínimos hasta el 12 de diciembre de 2012 | | |
|---|---|--|
| Parámetro | Concentración límite en el efluente depurado | Rendimiento mínimo |
| LAGUNAJE | | |
| DQO | | 60% |
| OTROS PROCESOS DE DEPURACIÓN | | |
| DBO ₅ | 35 mg/l 70 mg/l (en caso de sobrepasar los caudales de referencia o en circunstancias excepcionales) | 60% (valor alternativo al límite de 35 mg/l) |
| DQO | | 60% |
| SS | | 50% |
| Rendimientos mínimos a partir del 1 de enero de 2013 PARA TODOS LOS PROCESOS DE DEPURACIÓN | | |
| Parámetro | Concentración límite en el efluente depurado | Rendimiento mínimo |
| DBO ₅ | 35 mg/l 70 mg/l (en caso de sobrepasar los caudales de referencia o en circunstancias excepcionales) | 60% (valor alternativo al límite de 35 mg/l) |
| DQO | | 60% |
| SS | | 50% |

La importancia de los estudios previos

- La selección de la solución mas adecuada, depende de muchas variables que deben identificarse, por lo que hay que hay que realizar estudios previos para recopilar toda la información básica necesaria.
- Población servida, estacionalidad y horizonte de proyecto.
- Características y estado del saneamiento existente.
- Condicionantes de la ubicación:
 - a) Datos relativos al terreno: superficie, distancia a colectores, características geotécnicas y topográficas, nivel freático, etc.
 - b) Afecciones ambientales: zonas habitadas, zonas protegidas, impacto visual
 - c) Climatología: precipitaciones, temperaturas, humedad, etc.
- Características del agua residual a tratar.
- Posible reutilización del efluente depurado.
- Calidad exigida al agua residual tratada.
- Gestión de las aguas de lluvia.

Características del agua residual

- Caudales y cargas contaminantes muy variables.
- Variaciones de caudal muy acusadas.
- Importancia de las aguas parásitas.
- Variaciones semanales y estacionales.
- Incidencia de los vertidos industriales y ganaderos. Identificación de actividades y caracterización de sus efluentes.
- Menores dotaciones de abastecimiento .
- Campañas de muestreo y aforo.
- Estudios de campo: registro abastecimiento agua potable, dotación, encuesta industrial y ganadera, etc.



DOTACIONES DE ABASTECIMIENTO (Orden MMA/85/2008 de 16 de enero)

| <u>Tipo de actividad</u> | <u>Dotación</u> |
|--------------------------|-----------------|
| Comercial alta | 220 l/h.d |
| Comercial media | 190 l/h.d |
| Comercial baja | 170 l/h.d |

Caudales y cargas de diseño de la EDAR

- Parámetros mas importantes para el diseño:
 - Capacidad nominal de la EDAR (kg DBO₅/día)
 - Caudal diario nominal (m³/d)
 - Caudal horario medio (m³/h)
 - Caudal horario punta en tiempo seco (m³/h)
 - Caudal horario punta en tiempo de lluvia (m³/h)

- Caudal nominal o de diseño:

$$Q_D = Q_{ARU} \times C_F + Q_{IND} + Q_{AP} + Q_{LL}$$

$$C_F: 1,5-3,0$$

- Caudal punta horario en tiempo seco (m³/h):

$$Q_{PTS} = Q_{MH} \times C_P$$

Valores tipo de Coeficiente Punta

| <u>Población</u> | <u>Coef. Punta</u> |
|------------------|--------------------|
| 1000-2000 h-e | 2,5 |
| 500-1000 h-e | 3,0 |
| < 500 h-e | 3,5 |

Caudales y cargas de diseño de la EDAR

- Concentración media de DBO₅, SS, DQO, N_T y P_T (mg/l)
- Carga diaria nominal de DBO₅, SS, N_T y P_T (kg/día)
- Cálculo de la carga nominal o de diseño

$$C_D = C_{ARU} + C_{IND} + C_{LL}$$

$$C_{IND} < 0,25 C_D$$

Cargas contaminantes tipo en función del
Número de h-e (ATV-DVWK-131)

| Parámetro | Cargas en g/h-e.día |
|------------------|---------------------|
| DBO ₅ | 60 |
| DQO | 120 |
| SS | 70 |
| NTK | 11 |
| P _T | 1,8 |

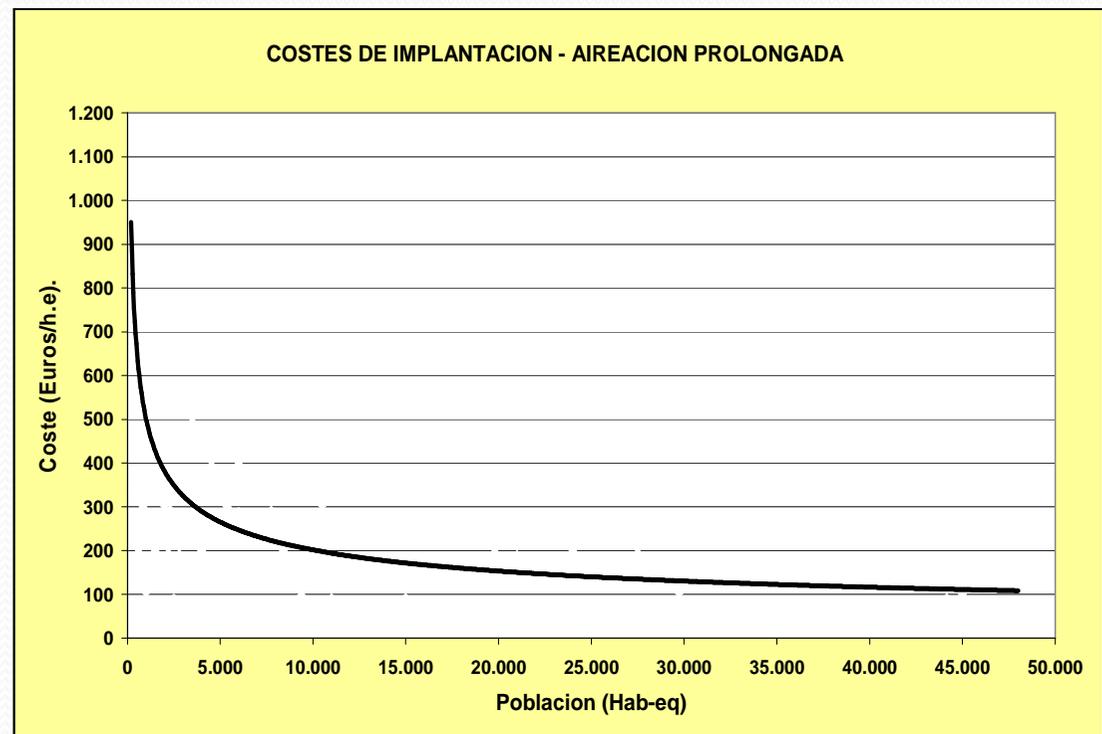
La gestión de las aguas pluviales

- Se debe establecer una estrategia respecto a las aguas de lluvia, para reducir su impacto sobre el medio receptor.
- Imposiciones establecidas por el organismo de cuenca a través de las autorizaciones de vertido. No existen criterios unificados.
- Adopción de redes separativas en nuevos desarrollos urbanos.
- Implantación de tanques de tormentas en pequeñas poblaciones.
- Utilización de los pozos de bombeo como pequeños tanques de tormenta.
- Definición de los caudales a tratar en las diferentes etapas de la EDAR. Con carácter general no conviene tratar caudales superiores al punta en tiempo seco. A veces se dimensiona el pretratamiento para tratar caudales superiores (5-6 veces el Q punta en tiempo seco).

Costes y gestión de los sistemas de depuración

- Estos sistemas no se benefician de las ventajas de la economía de escala.
- Altos costes de implantación.
- Costes de explotación en función del tratamiento seleccionado.
- Los pequeños ayuntamientos tienen escasez de recursos técnicos y financieros.
- Análisis de la capacidad de los ayuntamientos para gestionar la explotación de estas depuradoras .
- Utilización de tecnologías con bajos costes de explotación.
- La gestión supramunicipal como solución. Experiencias existentes.

Fuente CEDEX, 2007



*Presentación del
Manual para la implantación de sistemas de
depuración para pequeñas poblaciones*



***TECNOLOGÍAS DE DEPURACIÓN APLICABLES
EN PEQUEÑAS POBLACIONES***

Tecnologías seleccionadas

- Pretratamientos
 - ✓ Desbaste (grueso + fino o tamizado)
 - ✓ Desarenado
 - ✓ Desengrasado

- Tratamientos primarios
 - ✓ Fosa séptica
 - ✓ Tanque Imhoff
 - ✓ Decantación primaria

- Tratamientos biológicos o secundarios extensivos
 - ✓ Humedales
 - ✓ Filtros de turba
 - ✓ Infiltración-percolación
 - ✓ Lagunajes
 - ✓ Filtros intermitente de arena

- Tratamientos biológicos o secundarios intensivos
 - ✓ Fangos activos
 - Aireación Prolongada
 - Sistema Secuencial (SBR)
 - ✓ Biopelícula
 - Lechos Bacterianos
 - Contactores (CBR)
 - MBBR

- Combinaciones de tratamientos

Pretratamientos y Tratamientos Primarios

Pretratamientos

- ✓ Dificultades en su diseño y operación en poblaciones muy pequeñas.
- ✓ El Manual resalta su importancia.
- ✓ Se recomienda desbaste automático > 200 h-e.
- ✓ Se recomienda desarenador aireado > 1.000 h-e.

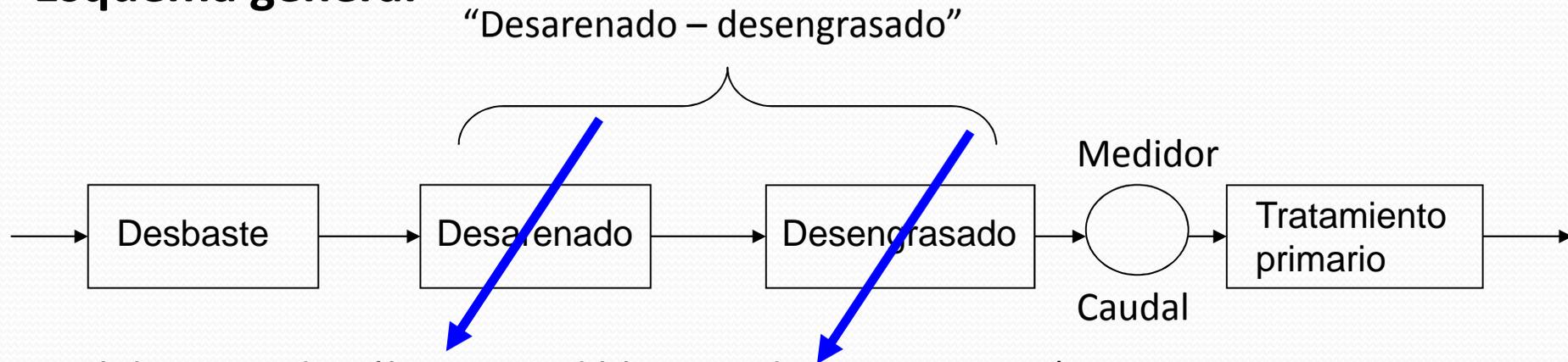
Tratamientos Primarios

- ✓ Se emplean fosas sépticas (< 200 h-e) y tanques Imhoff (< 1.000 h-e), para facilitar la gestión del fango.
- ✓ Las instalaciones con decantación primaria convencional requieren sistema de tratamiento de fangos o servicio específico para retirada frecuente de los fangos.

Distintos esquemas de pretratamiento + tratamiento primario en función de la tecnología y del tamaño de población.

Esquemas: Pretratamiento – Tratamiento Primario

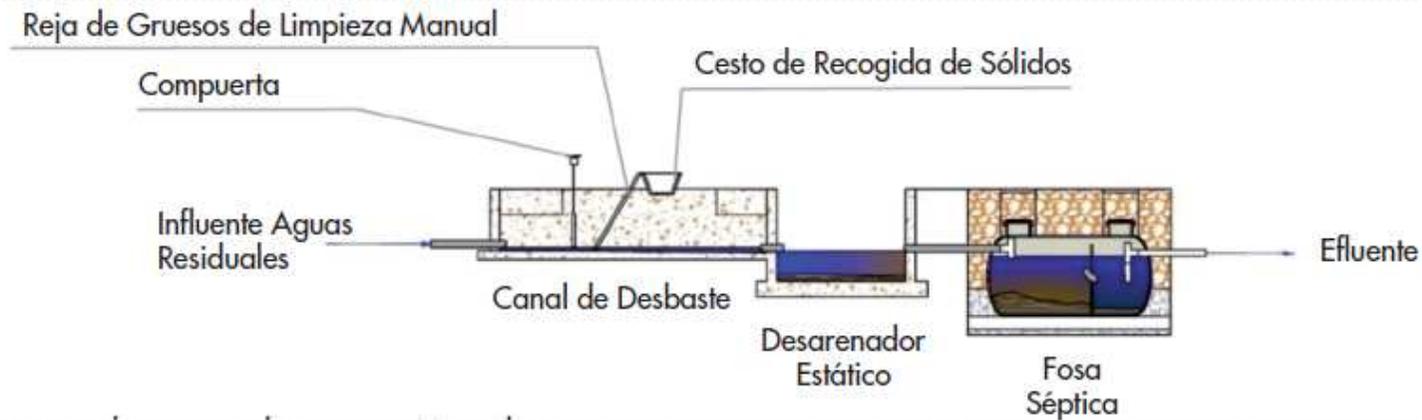
■ Esquema general



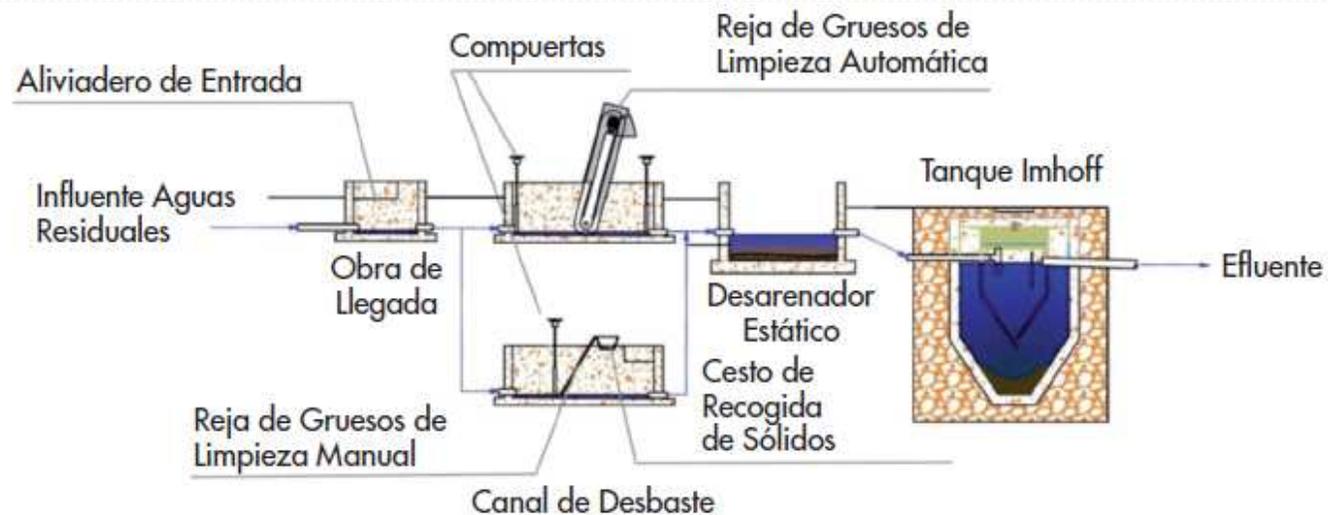
- El desarenado sólo prescindible en redes separativas (a veces con aguas poco cargadas con tamiz de finos y tratamiento 1º).
- El desengrasado es opcional → obligatorio cuando se prevea cantidad importante de grasas (negocios hostelería, etc.).
- Desbaste y tratamiento primario → Se recomienda su uso general, en los tratamientos contemplados en el Manual (excepción para el tratamiento 1º → Fangos Activos, Biopelícula (aguas diluidas)...).
- Medidor de caudal siempre → Distintos tipos. Debe ir a la salida (si solo hay uno).

Esquemas: Pretratamiento – Tratamiento Primario

- Población < 200 h-e

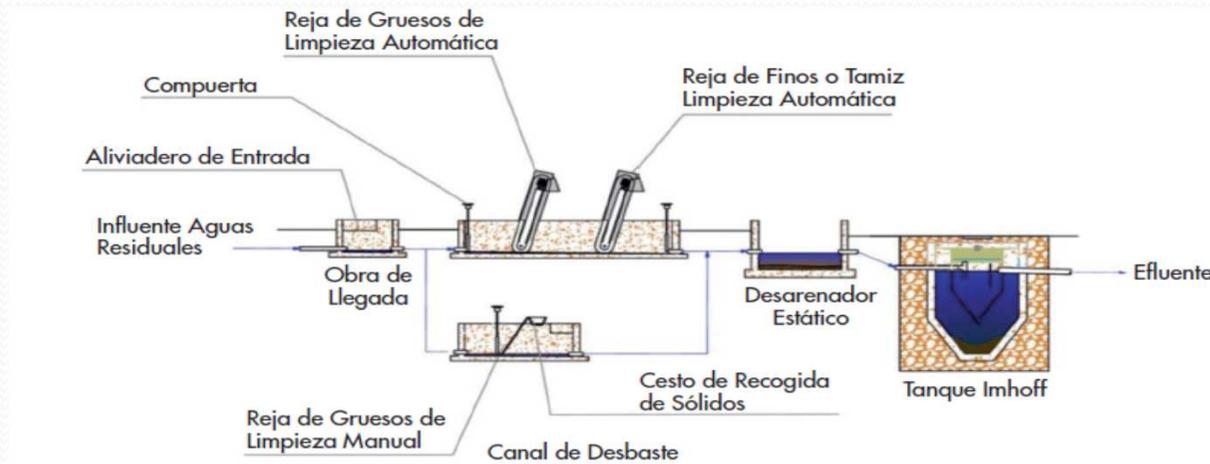


- Población 200 - 500 h-e

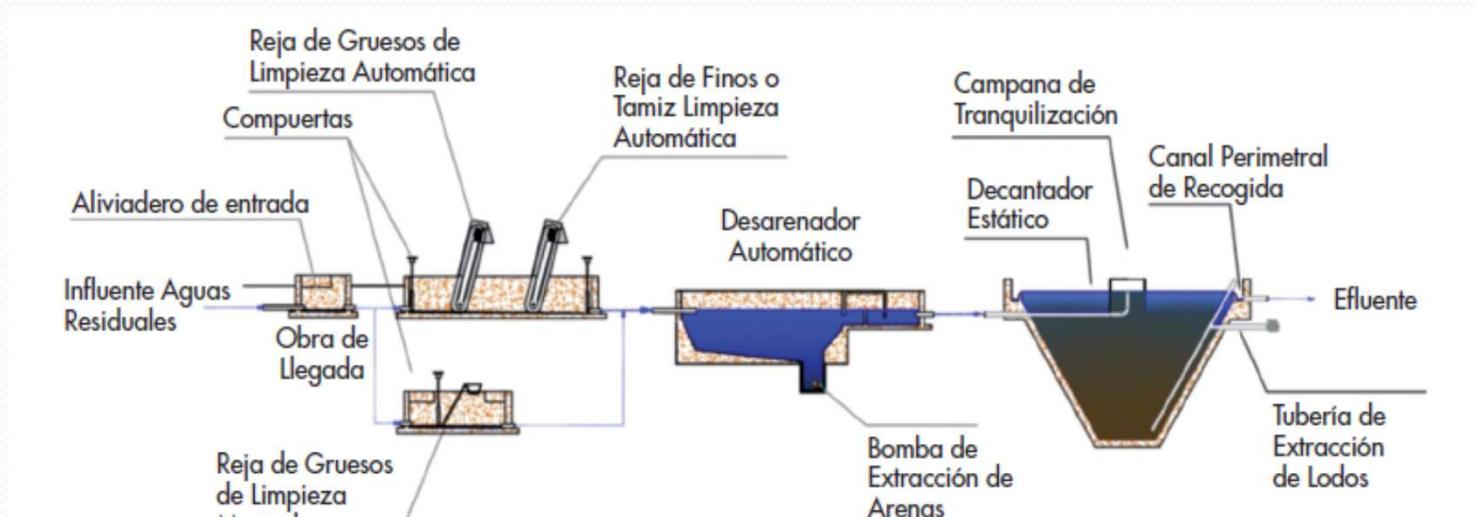


Esquemas: Pretratamiento – Tratamiento Primario

- Población 500 - 1000 h-e



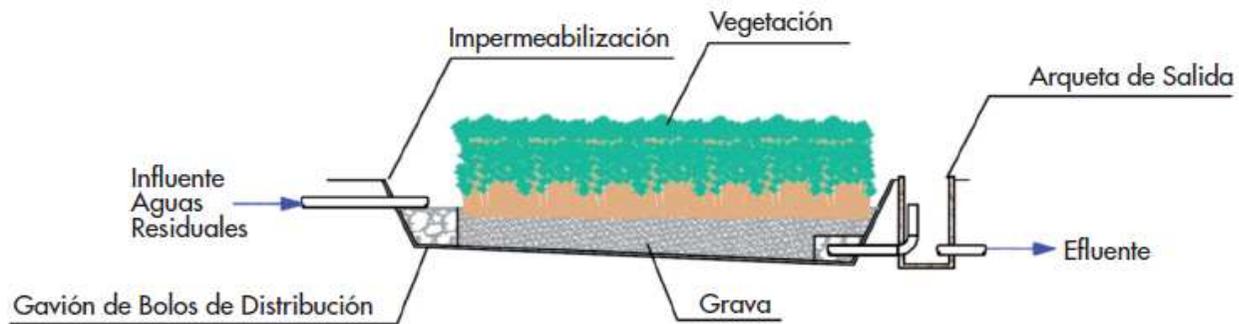
- Población 1000 - 2000 h-e



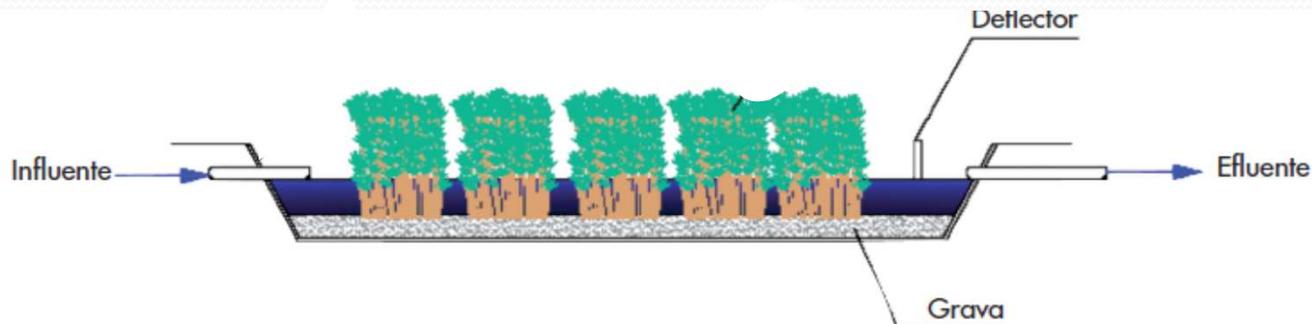
Tratamientos Secundarios (extensivos)

▪ HUMEDAL ARTIFICIAL

- ✓ De flujo subsuperficial
 - Horizontal (mayor riesgo atasco)
 - Vertical (requiere alimentación intermitente)
- En combinación: **→** Potencial para eliminar nitrógeno

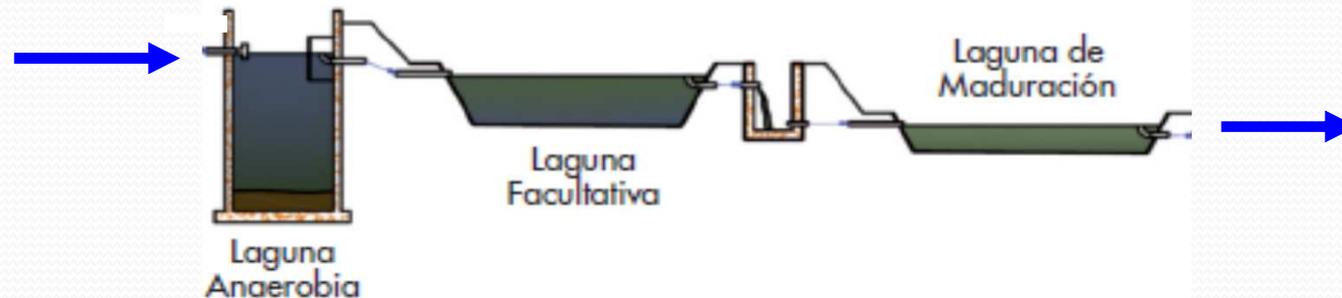


- ✓ De flujo superficial (tratamiento terciario o de afino)



Tratamientos Secundarios (extensivos)

■ LAGUNAJE



■ Combinación lagunaje con otras tecnologías:

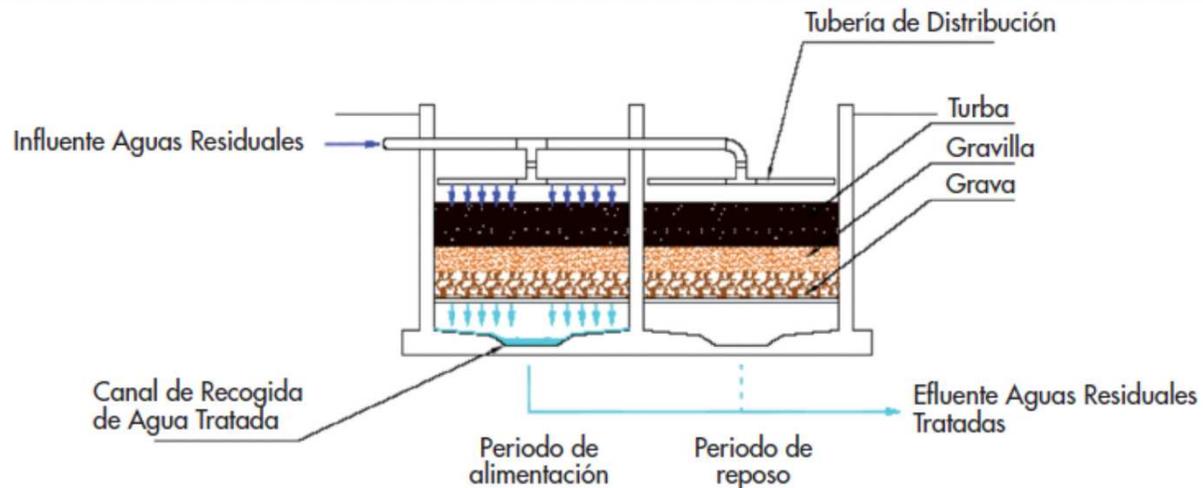
- Laguna anaerobia (tratamiento primario): Capacidad para laminar puntas de caudal y de carga.
- Laguna de maduración (tratamiento terciario o de afino): Elevada capacidad de desinfección (hasta 4 u.log coli fecal).



Humedales y lagunajes → Buena integración paisajística

Tratamientos Secundarios (extensivos)

■ FILTROS DE TURBA



- ✓ Tecnología en recesión (en España) -> diseños inadecuados, dificultad para disponer turba de calidad (turberas protegidas...).
- ✓ Muchos han sido desmantelados, pero... aún hay muchas instalaciones aprovechables (combinación con otras tecnologías).
- ✓ El Manual plantea parámetros de diseño más adecuados.
- ✓ Buenos rendimientos eliminación fósforo (70 – 80 %).

Tratamientos Secundarios (extensivos)

■ FILTROS DE ARENA

✓ Filtros intermitentes

Sin recirculación

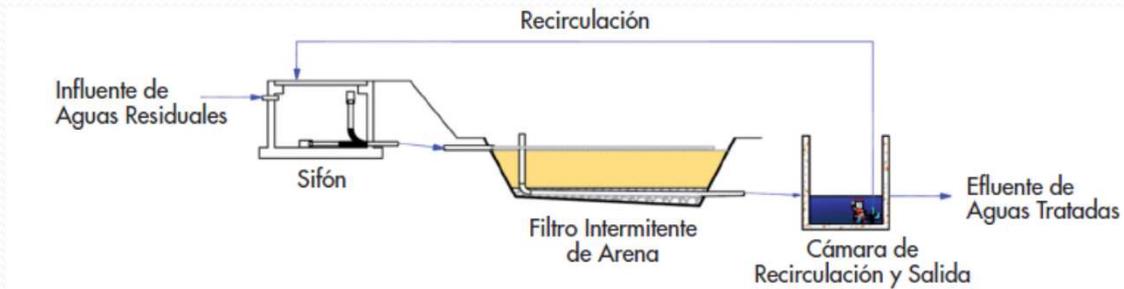


Similar a humedal flujo vertical

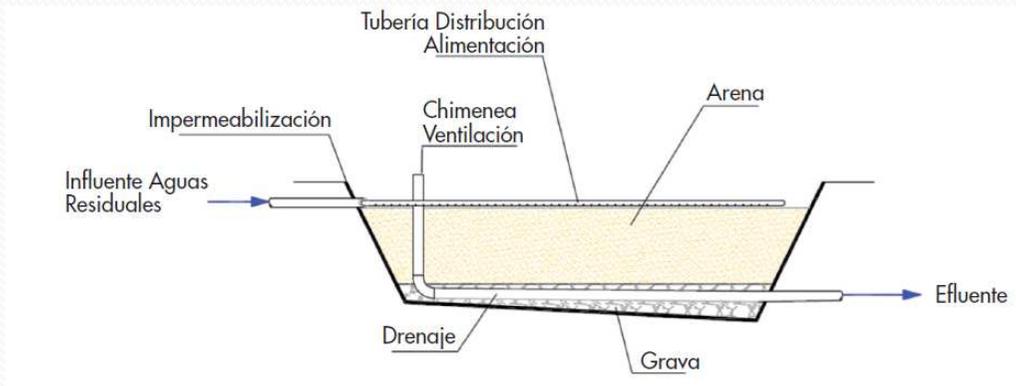
Con recirculación



Permite reducir la superficie
(aumenta rto/m²)



✓ Infiltración - percolación



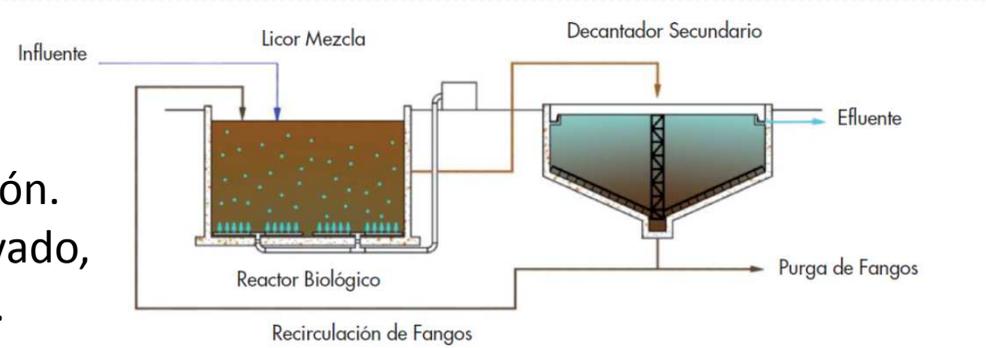
Filtros de arena → Adecuados para vertidos estacionales, al igual que otros procesos basado en la filtración (filtros turba, humedales subsuperficiales...).

Tratamientos Secundarios (intensivos)

■ FANGOS ACTIVOS

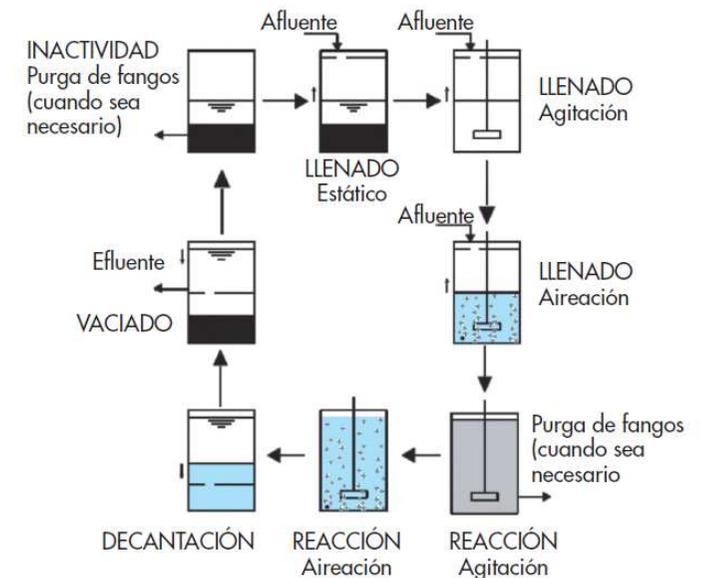
✓ Aireación prolongada convencional

- Tecnología con mayor grado de implantación.
- Se recomienda > 500 h-e (coste elevado, problemas ante sobrecargas hidráulicas...).
- Baja eficiencia energética con aguas diluidas



✓ SBR (Reactor Secuencial)

- Sistema más flexible, se adapta mejor a las variaciones de caudal y carga.
- Decantación más estable hidráulicamente
- Frente al sistema convencional más complejo (electromecánicamente y en operación).



En general se recomiendan plantas abiertas o fácilmente accesibles

Tratamientos Secundarios (intensivos)

■ BIOPELICULA

✓ Lechos bacterianos

- Sistemas abiertos, no enterrados.
- Con decantación secundaria.
- Distribución rotativa motorizada y recirculación recomendados.



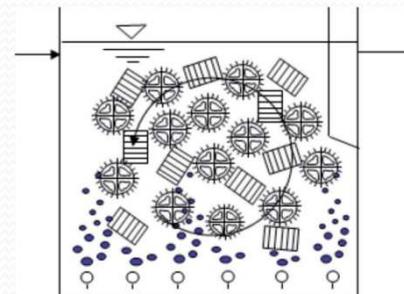
✓ Contactores Biológicos Rotativos (CBR)

- Sistemas cubiertos con decantación secundaria.
- Nueva generación de biodiscos más resistentes mecánicamente.
- Nuevos desarrollos: potencial eliminar nitrógeno total.

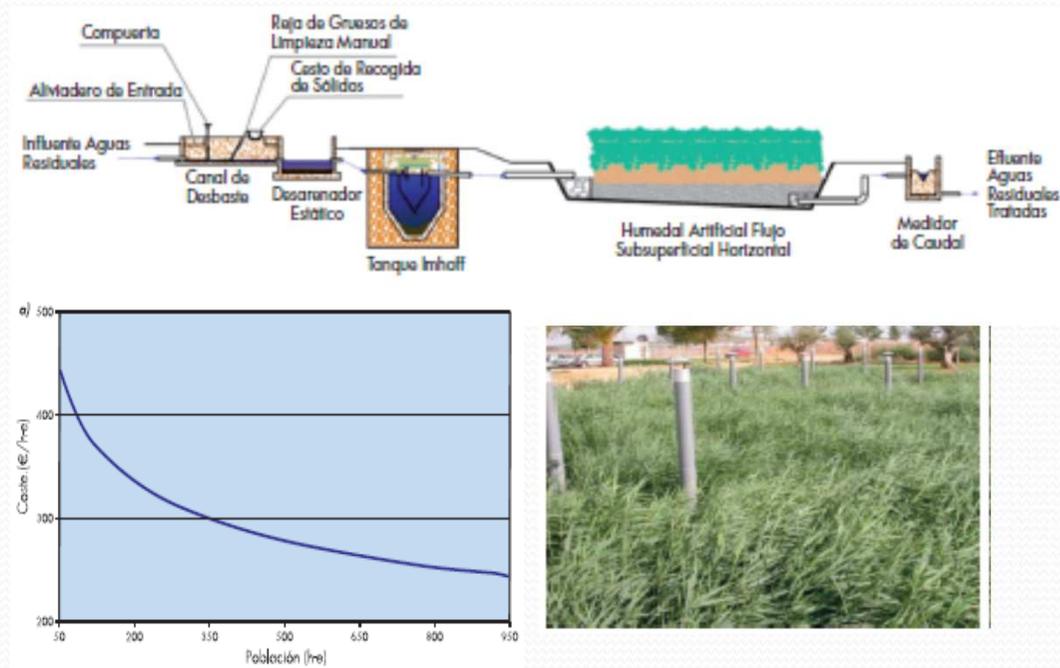


✓ Biopelícula sobre lecho móvil (MBBR)

- Sistema intensivo energéticamente.
- Robusto.
- Sencillo de operar.
- Aún existen pocos desarrollos en España.



Presentación del Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones



ASPECTOS TRATADOS EN CADA TECNOLOGÍA

Aspectos tratados

- **Fundamentos**
- **Diagramas de flujo**
- **Características del tratamiento**
 - ✓ Rendimientos de depuración característicos
 - ✓ Rango de aplicación
 - ✓ Estimación de la superficie requerida para la implantación
 - ✓ Influencia de las condiciones meteorológicas
 - ✓ Influencia de las características del terreno
 - ✓ Versatilidad del tratamiento
 - ✓ Complejidad de explotación y mantenimiento
 - ✓ Impactos ambientales
 - ✓ Producción de fangos y otros subproductos
- **Costes**
 - ✓ Estimación de los costes de implantación
 - ✓ Consumo energético
 - ✓ Estimación de los costes de explotación y mantenimiento

Aspectos tratados

- **Ventajas e inconvenientes**

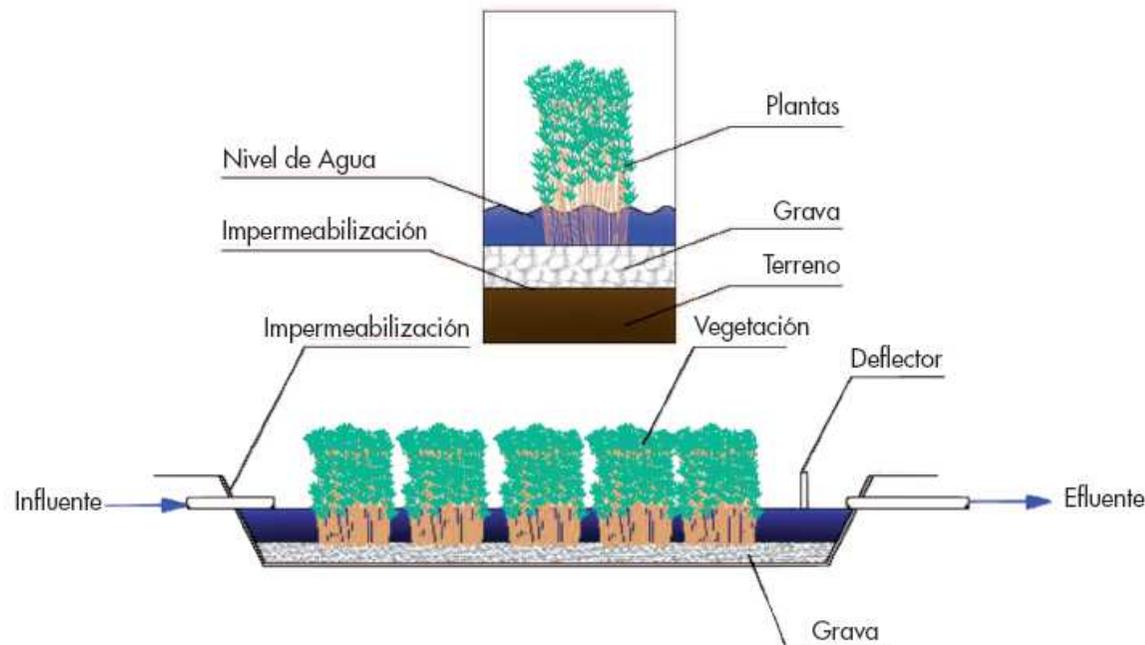
- **Diseño y construcción**
 - ✓ Criterios de diseño
 - ✓ Criterios de construcción

- **Puesta en marcha**

- **Explotación y mantenimiento**
 - ✓ Inspección rutinaria
 - ✓ Labores de explotación
 - ✓ Seguimiento: controles internos y externos
 - ✓ Gestión de los subproductos generados en el tratamiento
 - ✓ Labores de mantenimiento
 - ✓ Problemas operativos

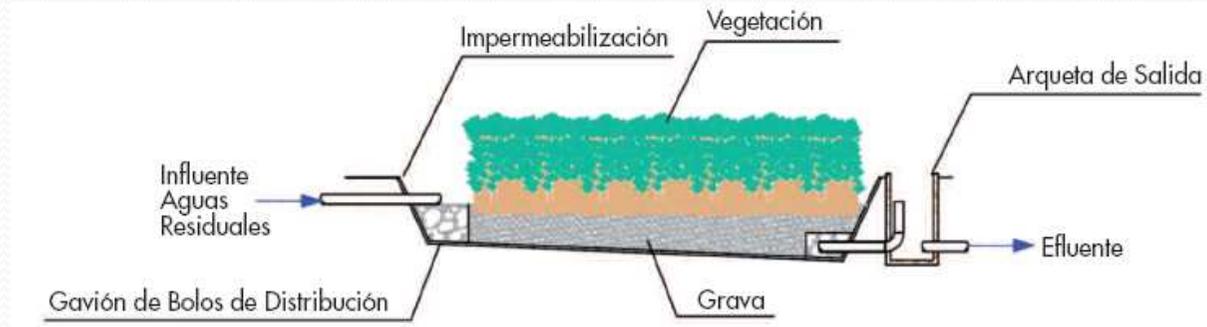
Fundamentos

- Se describen los principios básicos en que se basa cada tratamiento y se detallan sus distintas modalidades, en caso de que existan.

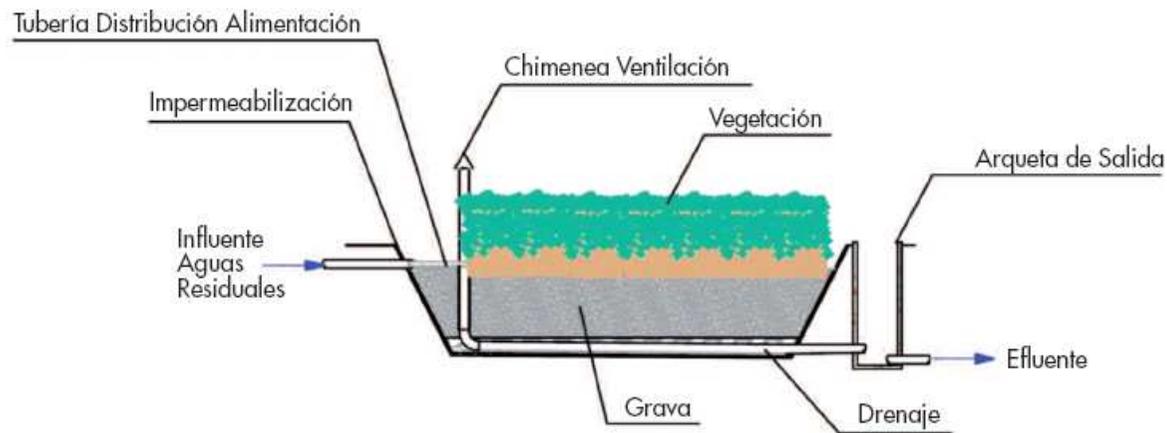


Esquema y fotografía de Humedal Artificial de flujo libre

Fundamentos



Esquema y fotografía de HA de flujo subsuperficial horizontal



Esquema y fotografía de HA de flujo subsuperficial vertical

Diagramas de flujo

- Se presentan los diagramas de flujo más habituales, indicando los elementos constitutivos de las etapas de pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario. Se definen en base al tamaño de la población.

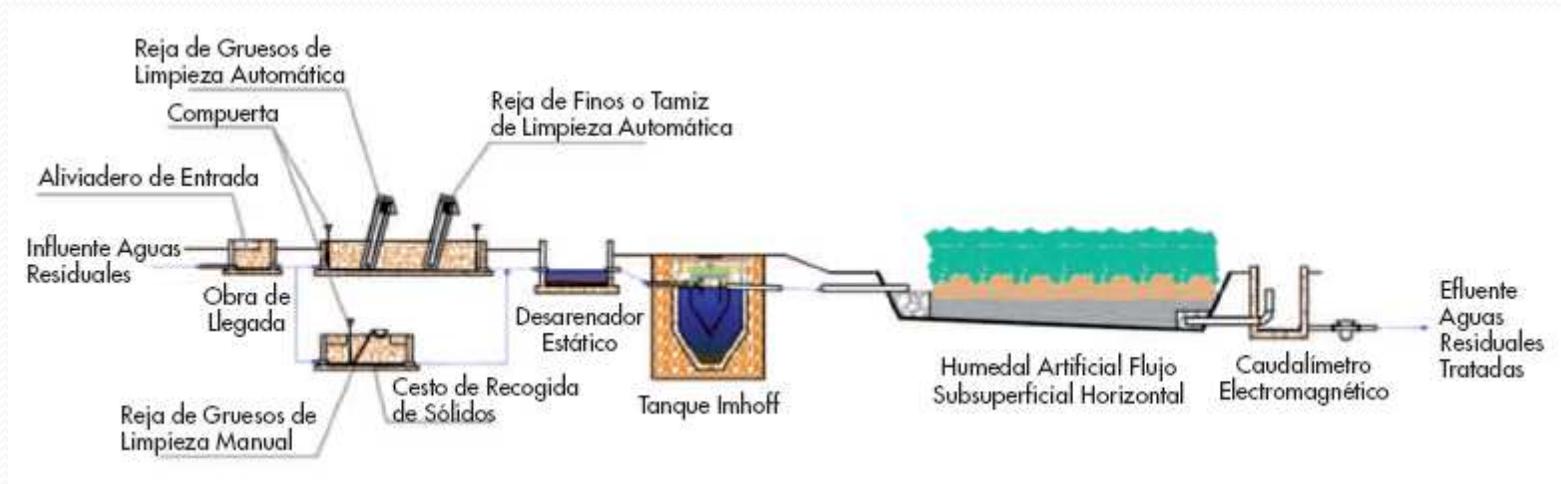


Diagrama de flujo H.A. Horizontal para una población de 500000 h-e.

Diagramas de flujo

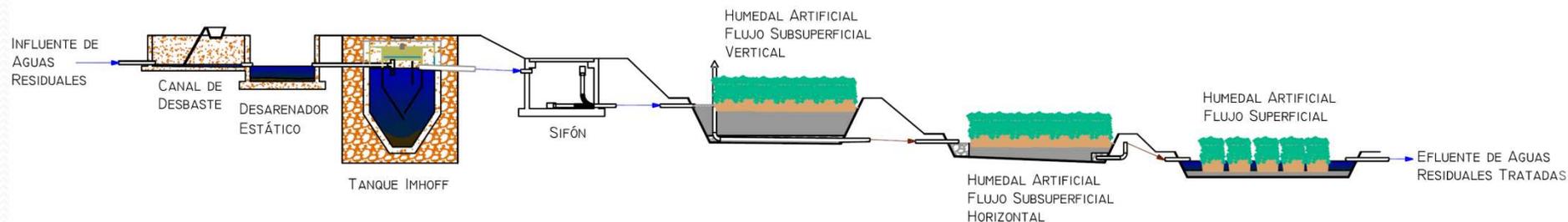


Diagrama de flujo Combinación de Humedales de distinta tipología

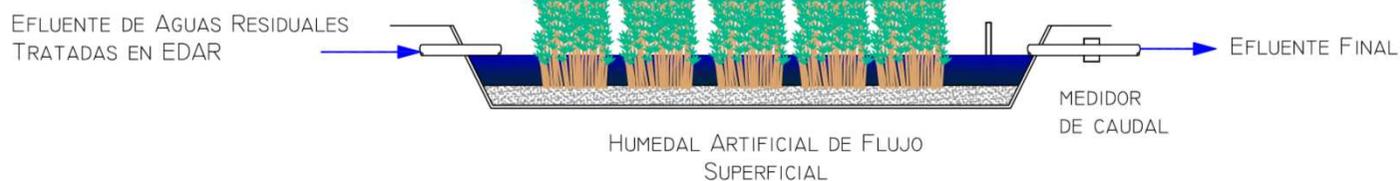


Diagrama de flujo Humedal Artificial de Flujo Superficial

Características del tratamiento

■ Rendimientos de depuración característicos

- ✓ Se presenta el rango de rendimientos típicos en eliminación de sólidos en suspensión, materia orgánica (DQO y DBO₅), nutrientes (N_{amoniaco}, N_{total}, P_{total}) y patógenos (coliformes fecales).
- ✓ Estos rendimientos se han establecido en base a los resultados de trabajos científicos previos y los datos reales aportados por explotadores de EDAR.
- ✓ Se calculan considerando el diagrama de flujo completo (incluyendo el pretratamiento).
- ✓ Partiendo de un agua residual tipo, se estima la calidad final del efluente obtenido tras su tratamiento en la unidad de depuración.

Características del tratamiento

Agua residual tipo

| Parámetro | Concentración (mg/l) |
|--------------------------------|----------------------|
| Sólidos en suspensión | 250 |
| DBO ₅ | 300 |
| DQO | 600 |
| N-NH ₄ ⁺ | 30 |
| N _t | 50 |
| P _t | 10 |
| Coliformes fecales (UFC) | 10 ⁷ |



Rendimientos Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial

| Parámetro | % Reducción | Efluente (mg/l) | % Reducción | Efluente (mg/l) |
|---|-------------|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| | Verticales | | Horizontales | |
| Sólidos en suspensión (mg/l) | 90 - 95 | 13 - 25 | 90 - 95 | 13 - 25 |
| DBO ₅ (mg/l) | 90 - 95 | 15 - 25 | 85 - 90 | 15 - 30 |
| DQO (mg/l) | 80 - 90 | 60 - 120 | 80 - 90 | 60 - 120 |
| N-NH ₄ ⁺ (mg N/l) | 60 - 70 | 9 - 12 | 20 - 25 | 22 - 24 |
| N _{total} (mg N/l) | 60 - 70 | 15 - 20 | 20 - 30 | 35 - 40 |
| P _{total} (mg P/l) | 20 - 30 | 7 - 8 | 20 - 30 | 7 - 8 |
| Coliformes fecales (UFC/100 ml) | 1 - 2 u log | 10 ⁵ - 10 ⁶ | 1 - 2 u log | 10 ⁵ - 10 ⁶ |

Características del tratamiento

■ **Rango de aplicación**

- ✓ Se establece el rango de población para el que la tecnología (o cada una de sus modalidades) es aconsejable. Se especifica, igualmente, en qué rango el funcionamiento es el óptimo.
- ✓ En el caso de Humedales Artificiales, el rango de aplicación es de 50 a 2.000 h-e., siendo recomendable para poblaciones menores de 1.000 h-e.

■ **Influencia de las condiciones meteorológicas**

- ✓ Se analiza cómo afectan las condiciones meteorológicas (temperatura, pluviometría, etc.) y se definen las actuaciones para mitigar los efectos.
- ✓ Para los Humedales Artificiales, la temperatura es el factor meteorológico más influyente (más notable en los de flujo superficial). En el propio dimensionamiento del sistema se tiene en cuenta este factor.

Características del tratamiento

■ Influencia de las características del terreno

- ✓ Se evalúa la influencia de las características del terreno donde se ubicará la EDAR (pendientes, facilidad de excavación, nivel del freático, etc.) sobre cada una de las tecnologías consideradas.
- ✓ Los Humedales Artificiales requieren la excavación del terreno y la impermeabilización del confinamiento. Terrenos fáciles de excavar, de naturaleza impermeable y con el nivel freático bajo, serán óptimos. También se considera positivo la existencia de pendientes moderadas.



Características del tratamiento

■ **Versatilidad del tratamiento**

- ✓ Se evalúa el comportamiento de cada tecnologías ante:
 - Fluctuaciones diarias de carga y caudal (típico en pequeñas poblaciones).
 - Sobrecargas temporales (hidráulicas y orgánicas).
 - Variaciones estacionales.

■ **Complejidad de explotación y mantenimiento**

- ✓ Se evalúa el grado de complejidad y de cualificación necesaria para llevar a cabo las labores de operación y mantenimiento.

Características del tratamiento

■ **Impactos ambientales**

- ✓ Se analizan los impactos sobre el medio ambiente (ruidos, malos olores, impacto visual). Se proponen medidas para su mitigación.
- ✓ Los Humedales Artificiales se caracterizan por su mínima producción de ruidos, la generación de malos olores está muy localizada y permiten la creación de un nuevo ecosistema integrado en el entorno.

■ **Producción de fangos y otros subproductos**

- ✓ Se definen y cuantifican los subproductos generados en el tratamiento de las aguas residuales.
- ✓ En los Humedales Artificiales, los fangos se concentran en el tratamiento primario. Igualmente, se produce biomasa vegetal procedente de la siega periódica.

Ventajas e inconvenientes

- Se relacionan las principales ventajas e inconvenientes que presentan los diferentes tratamientos, analizándose diversos aspectos:
 - Requisitos de superficie
 - Costes de implantación y de explotación y mantenimiento
 - Impactos ambientales
 - Flexibilidad ante sobrecargas
 - Complejidad operativa
 - Duración y complejidad de su puesta en operación

Puesta en marcha

- Comprobación de la estanqueidad y del correcto funcionamiento de todos los elementos que constituyen el proceso.
- **En Humedales Artificiales:**
 - ✓ Obra de llegada: aliviaderos y compuertas.
 - ✓ Pretratamiento: rejillas de desbaste y desarenado.
 - ✓ Tratamiento primario: fosa séptica o tanque Imhoff.
 - ✓ Sistema de dosificación intermitente (bombeo o sifón de descarga controlada), en el caso de los Humedales de Flujo Vertical.
 - ✓ Correcto reparto de las aguas sobre la superficie del material filtrante.
 - ✓ Sistema de medida de caudal.
- Pruebas de funcionamiento (de uno a tres meses) en las que se verifica el rendimiento, los ratios de consumo eléctrico y se reparan los problemas funcionales detectados.

Explotación y mantenimiento

■ **Inspección rutinaria**

- ✓ Frecuencia recomendada de visitas de operarios
- ✓ Actuaciones a realizar: registro de caudales, observación de la apariencia de las aguas residuales influentes y del efluente final, comprobación de las unidades en funcionamiento, registro de consumos eléctricos de las distintas unidades, entre otros.

■ **Labores de explotación**

- ✓ Frecuencia y forma de llevar a cabo las operaciones para el correcto funcionamiento de las unidades (incluido pretratamiento)

Explotación y mantenimiento

■ **Seguimiento: controles internos y externos**

- ✓ No definidos en Directiva 91/271 para poblaciones menores de 2.000 h-e.
- ✓ Toma de muestras periódica (trimestral, a partir del 2º año) de las aguas afluentes y el efluente final de la planta depuradora y determinación de parámetros de control (Directiva 91/271)

■ **Labores de mantenimiento**

- ✓ Operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo de la obra civil, conducciones y equipos.

■ **Gestión de subproductos**

- ✓ Principalmente fangos y otros subproductos (biomasa vegetal, en humedales)

Explotación y mantenimiento

■ Problemas operativos

- ✓ Descripción de las anomalías más frecuentes en el funcionamiento de cada tecnología, sus causas y las posibles soluciones.

Principales anomalías en Humedales Artificiales, causas y soluciones

| Anomalía | Causa | Solución |
|---|--|---|
| Deficiente calidad de los efluentes finales | Sobrecarga orgánicas Vertidos industriales a la red de alcantarillado | Ajustar la carga a la estipulada en proyecto Implantación y cumplimiento riguroso de una Ordenanza de Vertido a Colectores Municipales |
| 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 de Vertido a Colectores Municipales |

Diseño y construcción

■ Criterios de diseño

- ✓ Datos previos necesarios para el diseño de la unidad de tratamiento: caudales a tratar (medio, máximo, mínimo), características del afluente, calidad exigida al efluente, entre otros.
- ✓ Parámetros y métodos de diseño: se presentan los distintos criterios y métodos para el diseño y dimensionamiento de las instalaciones.

Parámetros para H.A. Superficial

| Parámetros | Valor |
|--|-------------|
| Tiempo de residencia hidráulico (d) | 4-15 |
| Profundidad del agua (m) | 0,1-0,4 |
| Carga orgánica (kg DBO ₅ /ha.d) | ≤ 67 |
| Carga hidráulica (m ³ /m ² .d) | 0,014-0,046 |

Parámetros para H.A. Subsuperficiales

| Parámetros | Valor | |
|--|------------|----------|
| | Horizontal | Vertical |
| Carga orgánica (g DBO ₅ /m ² .d) | 8 | 14 |
| Profundidad media del sustrato (m) | 0,4-0,6 | 0,5-0,8 |

Diseño y construcción

■ **Criterios de construcción**

✓ **Confinamiento:**

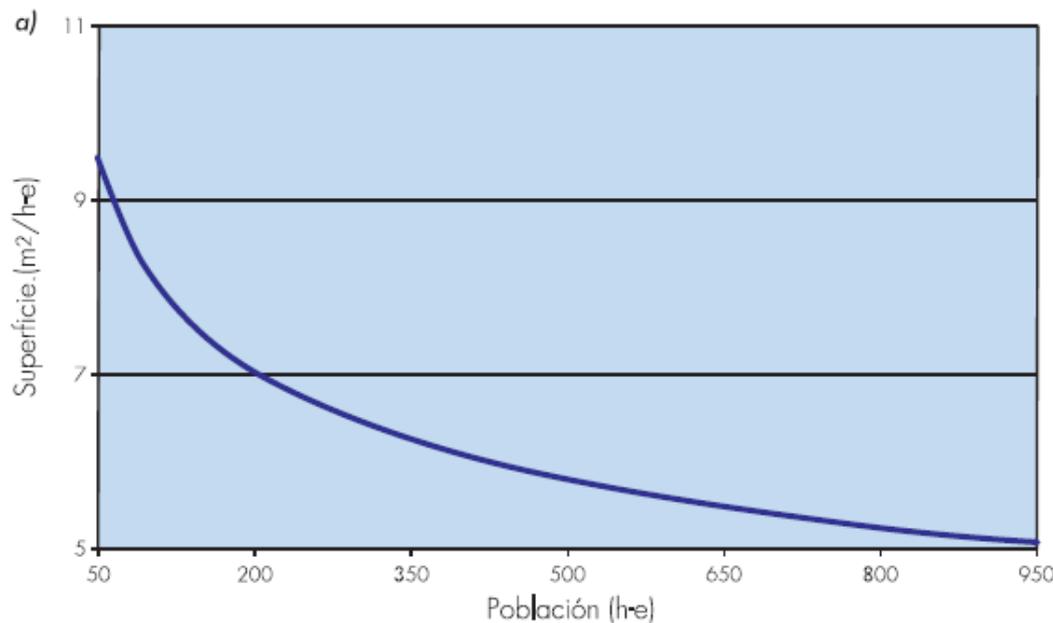
técnicas constructivas, materiales empleados, relaciones largo/ancho, profundidades útiles, resguardos, pendientes fondo, taludes, materiales de impermeabilización, etc.

- #### ✓ **Elementos de entrada y salida:** ubicación, materiales y diámetros, valvulería, forma en que se lleva a cabo la alimentación al sistema de tratamiento, etc.



Estimación de la superficie de implantación

- En base al dimensionamiento básico de cada tecnología (siguiendo las recomendaciones definidas en este manual) para distintos tamaños de población.
- Se incluye la urbanización de la parcela con viales de zahorra compactada de 2 m de ancho y la implantación de un edificio de mantenimiento en las instalaciones mayores de 500 h-e.
- Representación de curvas ($\text{m}^2/\text{h-e}$) frente a (h-e).



- ✓ 3 $\text{m}^2/\text{h-e}$ (14,0 g $\text{DBO}_5/\text{m}^2.\text{d}$, rendimiento del 30% en la etapa de tratamiento primario).

Estimación de los costes de implantación

- Metodología similar a la empleada para la estimación de la superficie de implantación.
- Premisas generales adoptadas:
 - ✓ No se incluyen los costes de adquisición de los terrenos.
 - ✓ Se incluye el cerramiento perimetral de la parcela (enrejado de acero de altura 2 m con tela metálica de torsión simple con acabado galvanizado y plastificado) y con puerta de acceso.
 - ✓ Los costes considerados son de ejecución material.

Estimación de los costes de implantación

- Premisas específicas para cada tecnología (o modalidad).

Ejemplo : Humedales Artificiales de flujo Vertical

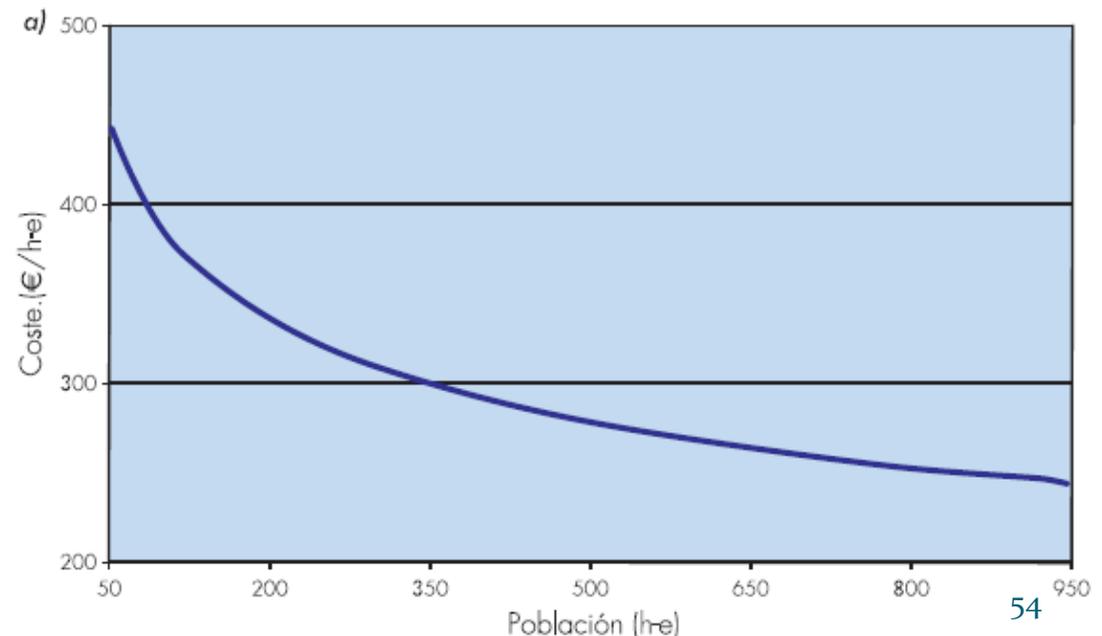
- ✓ Se consideran los costes imputables a la obra de llegada.
- ✓ Se consideran los costes imputables al desbaste de acuerdo a:
 - 50-200 h-e: canal con reja de gruesos de limpieza manual.
 - 200-500 h-e: doble canal de desbaste (reja de gruesos de limpieza automática y canal de desbaste con reja de gruesos de limpieza manual, a modo de by-pass).
 - 500-1.000 h-e: doble canal de desbaste, compuesto por un canal de desbaste con reja de gruesos, seguida de reja de finos o tamiz, ambas de limpieza automática y un canal de desbaste con reja de gruesos de limpieza manual, a modo de by-pass.

Estimación de los costes de implantación

- Premisas específicas para cada tecnología (o modalidad).

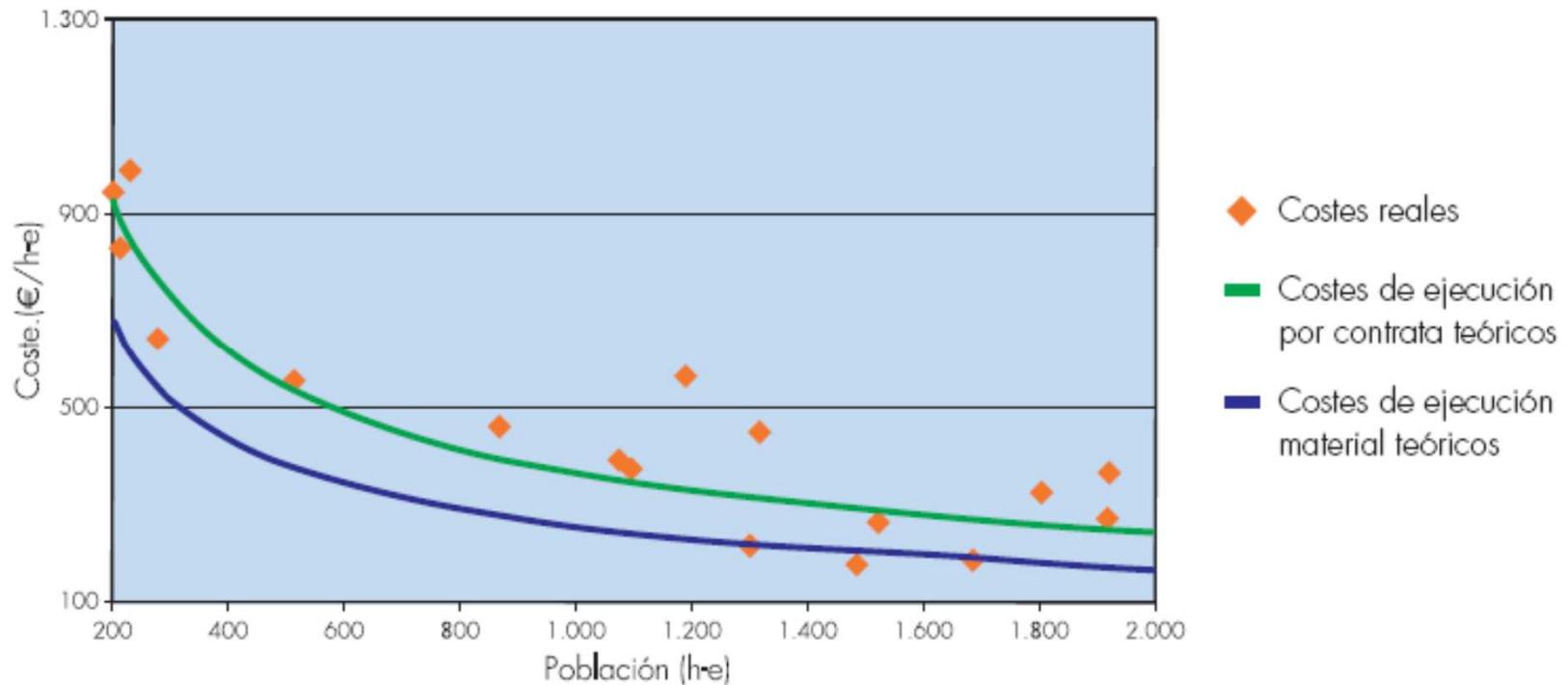
Ejemplo : Humedales Artificiales de flujo Vertical

- ✓ Se considera la implantación de un desarenador de limpieza manual, ejecutado en obra civil.
- ✓ Se consideran Tanques Imhoff prefabricados en PRFV.
- ✓ Se incluye medidor de caudal electromagnético.
- ✓ Impermeabilización con lámina de PEAD de 1,5 mm.



Estimación de los costes de implantación

- Para determinadas tecnologías, se incluyen datos de costes reales.



Curva de costes de implantación para el Lecho Bacteriano en función de la población servida

Consumo energético

- Se especifica si el tratamiento en cuestión puede operar sin aporte de energía eléctrica y, en caso contrario, se indica cual sería el nivel de potencia a instalar.
- ✓ En Humedales Artificiales, si la topografía lo permite, se puede operar sin necesidad de bombeos.
- ✓ La intermitencia en la alimentación, en HA de Flujo Vertical, se puede conseguir mediante sifones de descarga. En caso contrario, la potencia de la bomba instalada es pequeña.
- ✓ Las rejas de desbaste de limpieza automática operan con motores de potencia reducida.

Estimación de los costes de explotación y mantenimiento

- Frecuencia de visita del operario → variable en función del tamaño de las instalaciones y de su complejidad tecnológica.

| Tecnología | 50 - 200 h-e | 200 - 500 h-e | 500 -1.000 h-e | 1.000 - 2.000 h-e |
|--------------------------------|--------------|---------------|----------------|---------------------|
| Fosas Sépticas | 1 vez/semana | - | - | - |
| Tanques Imhoff | 1 vez/semana | 1 vez/semana | 2 veces/semana | - |
| Decantación Primaria | - | - | 2 veces/semana | 2-3 veces/semana |
| Lagunaje | 1 vez/semana | 1 vez/semana | 2 veces/semana | - |
| Filtros Intermitentes de Arena | 1 vez/semana | 1 vez/semana | 2 veces/semana | - |
| Infiltración-Percolación | 1 vez/semana | 1 vez/semana | 2 veces/semana | - |
| Filtros de Turba | 1 vez/semana | 1 vez/semana | 2 veces/semana | - |
| Humedales Artificiales | 1 vez/semana | 1 vez/semana | 2 veces/semana | - |
| Aireación Prolongada | - | - | 2 veces/semana | 3 veces/semana |
| Lechos Bacterianos | - | 1 vez/semana | 2 veces/semana | 3 veces/semana |
| CBR | - | - | 2 veces/semana | 3 veces/semana |

Estimación de los costes de explotación y mantenimiento

- Se han considerado los siguientes aspectos:
 - ✓ Coste de desplazamiento del operario.
 - ✓ Costes de explotación y mantenimiento del pretratamiento (limpieza manual/automática de rejillas, extracción manual/automática de arenas, etc.).
 - ✓ Costes de explotación y mantenimiento de la etapa de tratamiento primario (medición de espesores de flotantes y fangos, extracción de flotantes y fangos, etc.).
 - ✓ Costes de explotación y mantenimiento asociados al tratamiento secundario (consumo energético, extracción y gestión de fangos, limpiezas, etc.).

Estimación de los costes de explotación y mantenimiento

- Se han considerado los siguientes aspectos (cont.):
 - ✓ Coste de consumo energético de los equipos electromecánicos, teniendo en cuenta los tiempos de funcionamiento y la potencia de los mismos.
 - ✓ Costes imputables al mantenimiento de la obra civil.
 - ✓ Coste del control analítico (frecuencia de análisis trimestral).

- Por rango de población se ha obtenido un coste anual de explotación por h-e servido (€/h-e·año).

- No se incluye ni beneficio industrial ni amortizaciones.

Estimación de los costes de explotación y mantenimiento

Costes de explotación y mantenimiento en Humedales Artificiales de Flujo Vertical

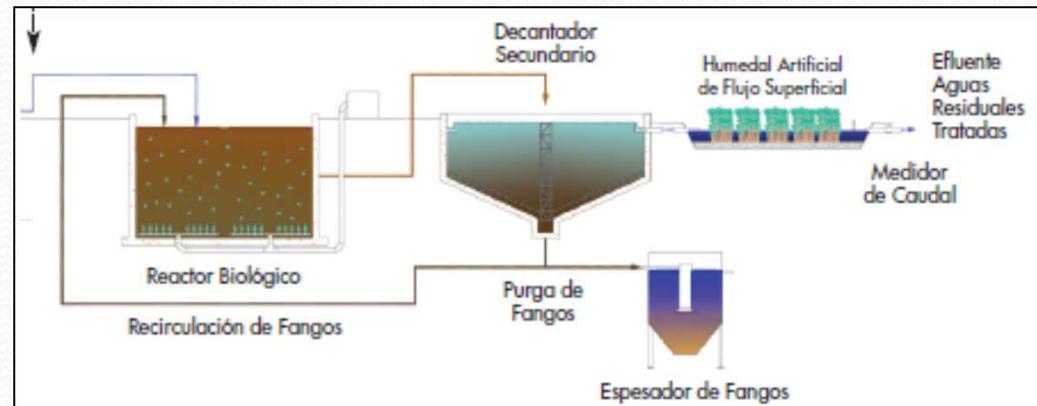
| Población (he) | | 100 | | | 500 | | | 1.000 | | |
|--|---------------------------|--------------|---------------------------|-----------------|----------------|---------------------------|-----------------|----------------|---------------------------|-----------------|
| Operación | Coste horario (€/h) | Frecuencia | Tiempo (h) | Coste anual (€) | Frecuencia | Tiempo (h) | Coste anual (€) | Frecuencia | Tiempo (h) | Coste anual (€) |
| Desplazamiento operativo | | | | | | | | | | |
| Desplazamiento del operario | 25 | 1 vez/semana | 1 | 1.300,00 | 2 veces/semana | 1 | 2.600,00 | 2 veces/semana | 1 | 2.600,00 |
| Pretratamiento | | | | | | | | | | |
| Operación | Coste horario (€/h) | Frecuencia | Tiempo (h) | Coste anual (€) | Frecuencia | Tiempo (h) | Coste anual (€) | Frecuencia | Tiempo (h) | Coste anual (€) |
| Limpieza de la reja de desbaste | 16 | 1 vez/semana | 0,17 | 141,44 | - | - | - | - | - | - |
| Limpieza del desarenador | 16 | 1 vez/semana | 0,20 | 166,40 | 2 veces/semana | 0,35 | 582,40 | 2 veces/semana | 0,50 | 832,00 |
| Tratamiento Primario | | | | | | | | | | |
| Operación | Coste horario (€/h) | Frecuencia | Tiempo (h) | Coste anual (€) | Frecuencia | Tiempo (h) | Coste anual (€) | Frecuencia | Tiempo (h) | Coste anual (€) |
| Inspección y medición espesores flotantes y fangos | 16 | 1 vez/año | 1 | 16,00 | 2 veces/año | 1 | 32,00 | 2 veces/año | 1 | 32,00 |
| Operación | Coste horario (€/h) | Frecuencia | Volumen (m ³) | Coste anual (€) | Frecuencia | Volumen (m ³) | Coste anual (€) | Frecuencia | Volumen (m ³) | Coste anual (€) |
| Extracción y gestión de fangos y flotantes | 15 | 1 vez/año | 20 | 300,00 | 2 veces/año | 35 | 1.050,00 | 2 veces/año | 70 | 2.100,00 |
| Humedales Artificiales | | | | | | | | | | |
| Operación | Coste horario (€/h) | Frecuencia | Tiempo (h) | Coste anual (€) | Frecuencia | Tiempo (h) | Coste anual (€) | Frecuencia | Tiempo (h) | Coste anual (€) |
| Inspección general: comprobación dispositivo alternancia alimentación y de su reparto uniforme | 16 | 1 vez/semana | 0,17 | 141,44 | 2 veces/semana | 0,25 | 416,00 | 2 veces/semana | 0,33 | 549,12 |
| Limpieza tuberías distribución | 16 | 1 vez/mes | 1 | 192,00 | 1 vez/mes | 2 | 384,00 | 1 vez/mes | 3 | 576,00 |
| Siega de las plantas | 16 | 1 vez/año | 16 | 256,00 | 1 vez/año | 80 | 1.280,00 | 1 vez/año | 160 | 2.560,00 |
| Control permeabilidad del sustrato | 16 | 1 vez/año | 4 | 64,00 | 1 vez/año | 8 | 128,00 | 1 vez/año | 12 | 192,00 |
| Operación | Coste (€/m ³) | Frecuencia | Volumen (m ³) | Coste anual (€) | Frecuencia | Volumen (m ³) | Coste anual (€) | Frecuencia | Volumen (m ³) | Coste anual (€) |
| Evacuación residuos poda | 5 | 1 vez/año | 35 | 175,00 | 1 vez/año | 175 | 875,00 | 1 vez/año | 350 | 1.750,00 |

Estimación de los costes de explotación y mantenimiento

Costes de explotación y mantenimiento en Humedales Artificiales de Flujo Vertical (continuación)

| Consumo energético | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|------------------|--------------|-----------------|------------------|
| Operación | Coste (€/kWh) | | Consumo (kWh/a) | Coste anual (€) | | Consumo (kWh/a) | Coste anual (€) | | Consumo (kWh/a) | Coste anual (€) |
| Desbaste automático | 0,09 | - | | - | - | 750 | 67,50 | - | 1.500 | 135,00 |
| Bombeo a humedales | 0,09 | - | 683 | 61,47 | - | 3.330 | 299,70 | - | 6.705 | 603,45 |
| Mantenimiento | | | | | | | | | | |
| Operación | Coste horario (€/h) | Frecuencia | Tiempo (h) | Coste anual (€) | Frecuencia | Tiempo (h) | Coste anual (€) | Frecuencia | Tiempo (h) | Coste anual (€) |
| Mantenimiento de la obra civil | 16 | 24 veces/año | 2 | 768,00 | 24 veces/año | 7 | 2.688,00 | 24 veces/año | 13 | 4.992,00 |
| Seguimiento | | | | | | | | | | |
| Operación | Coste (€) | Frecuencia | | Coste anual (€) | Frecuencia | | Coste anual (€) | Frecuencia | | Coste anual (€) |
| Control analítico | 300 | 4 veces/año | | 1.200,00 | 4 veces/año | | 1.200,00 | 4 veces/año | | 1.200,00 |
| Coste total explotación y mantenimiento (€/año) | | | | 4.781,75 | | | 11.602,60 | | | 18.121,57 |
| Coste total unitario (€/h-e.año) | | | | 47,82 | | | 23,21 | | | 18,12 |

*Presentación del
Manual para la implantación de sistemas de
depuración en pequeñas poblaciones*



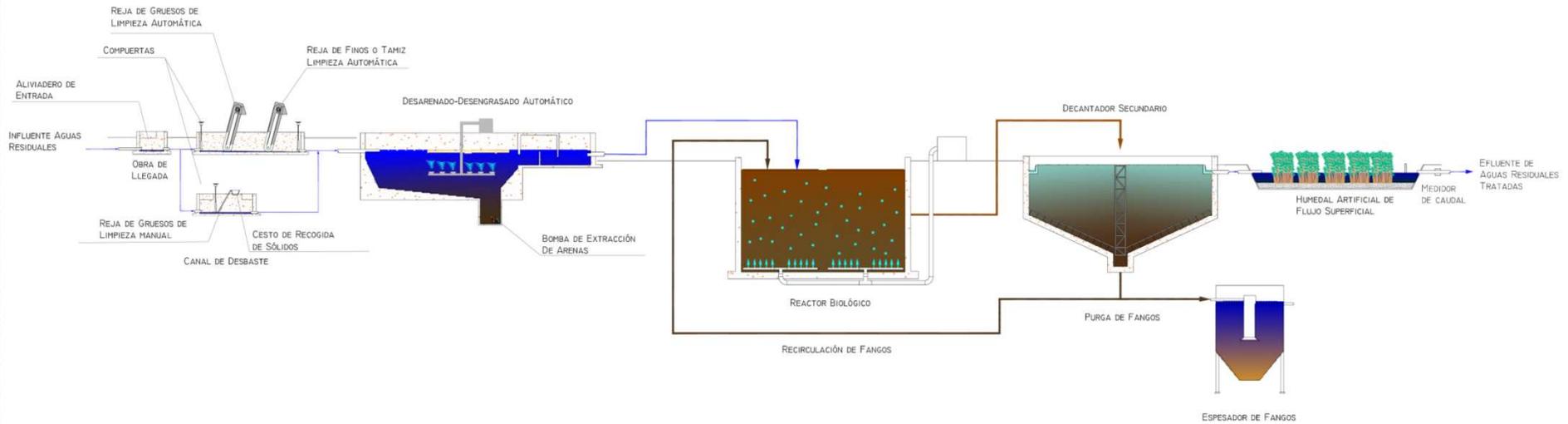
COMBINACIÓN DE TECNOLOGÍAS

Combinación de tecnologías

- Las combinaciones de tecnologías tienen por objetivo:
 - ✓ Mejorar la calidad de los efluentes finales
 - ✓ Simplificar y abaratar la gestión de los fangos
 - ✓ Desinfectar y almacenar los efluentes depurados
 - ✓ Aprovechar infraestructuras existentes
 - ✓ Eliminar nutrientes
 - ✓ Homogeneizar la calidad del vertido
 - ✓ Permitir el vertido de los efluentes depurados al terreno cuando no existe cauce próximo
- La combinación de tecnologías no es excluyente, siendo posible combinar todo tipo de tecnologías: **tecnologías intensivas entre sí, tecnologías intensivas y extensivas y/o tecnologías extensivas entre sí.**

Combinación de tecnologías

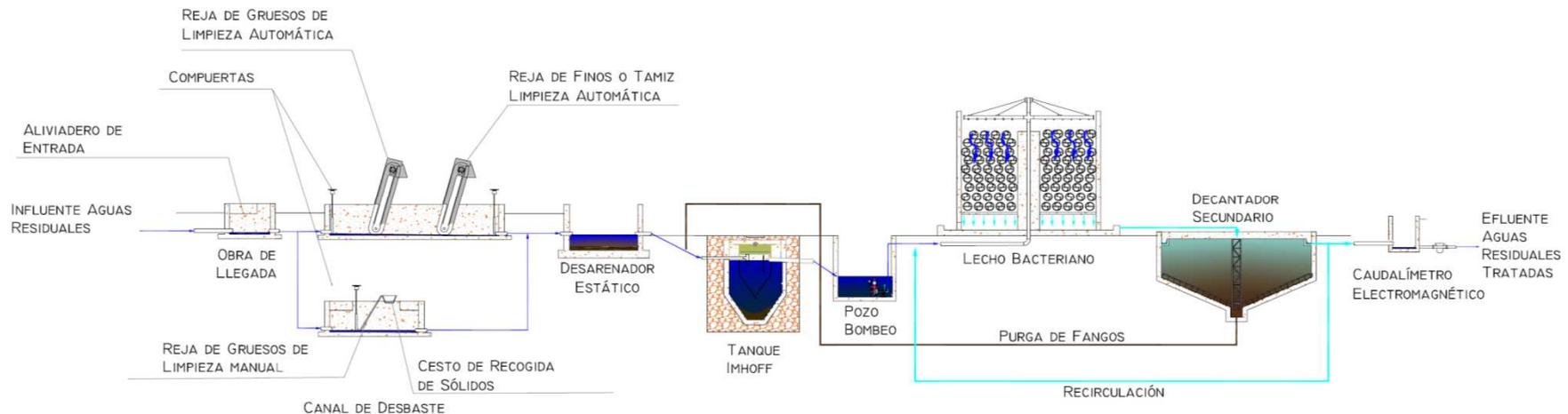
Mejorar la calidad de los efluentes finales



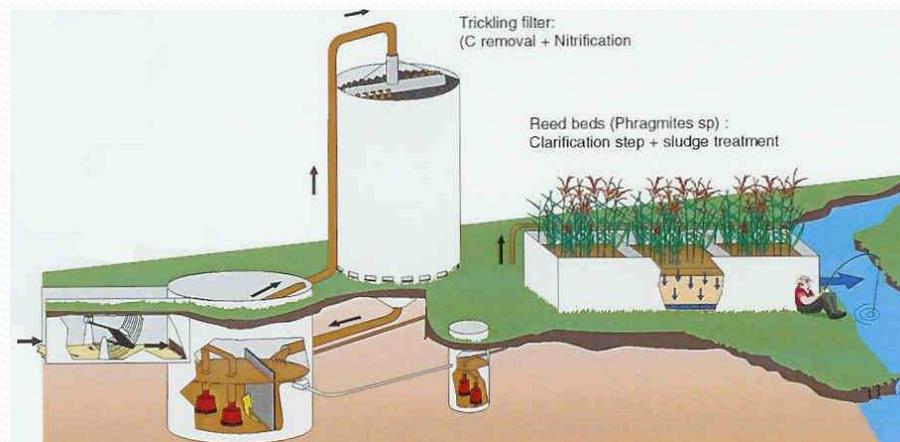
Empleo de una etapa un Humedal de Flujo Superficial en cola del tratamiento

Combinación de tecnologías

Simplificar y abaratar la gestión de los fangos



Empleo de una etapa anaerobia en cabecera

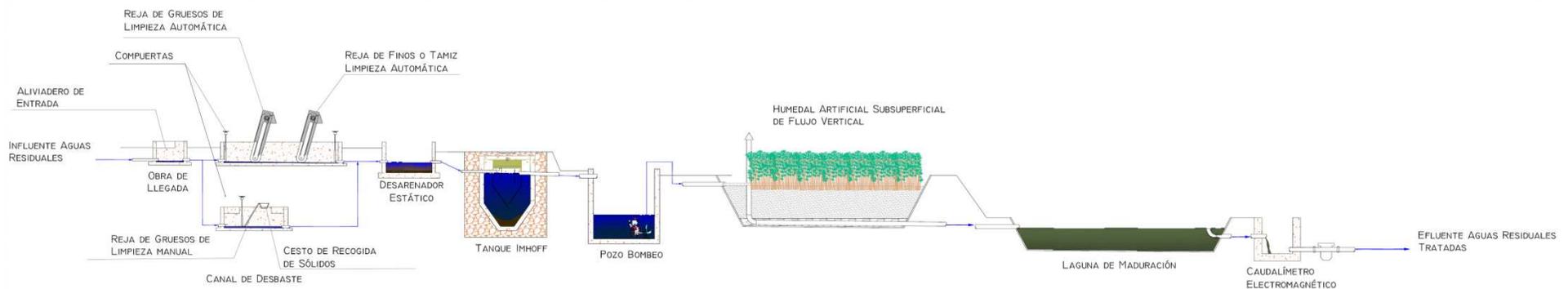


Rhizopur®

Empleo de un Humedal Artificial en cola de un Lecho Bacteriano

Combinación de tecnologías

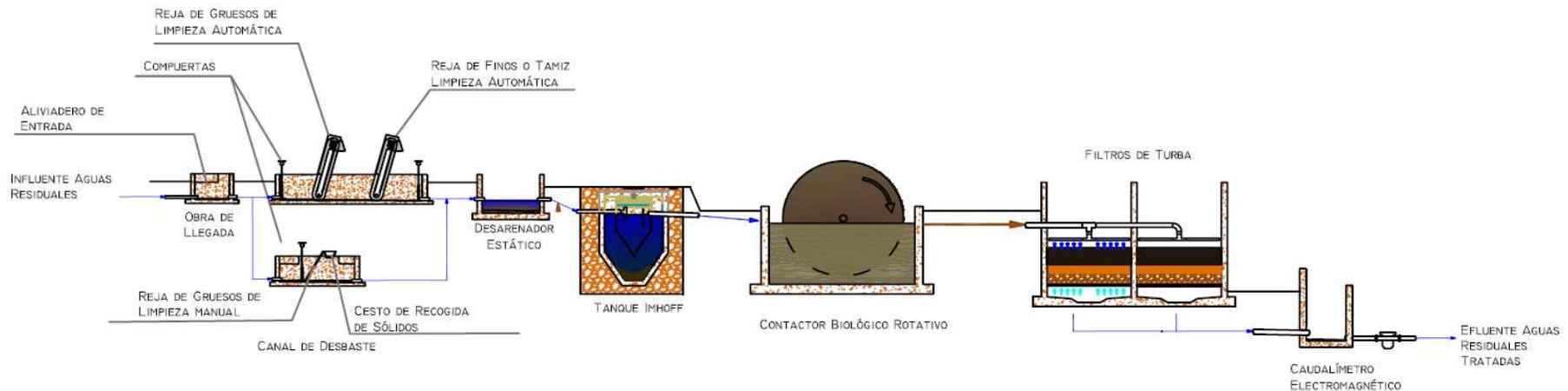
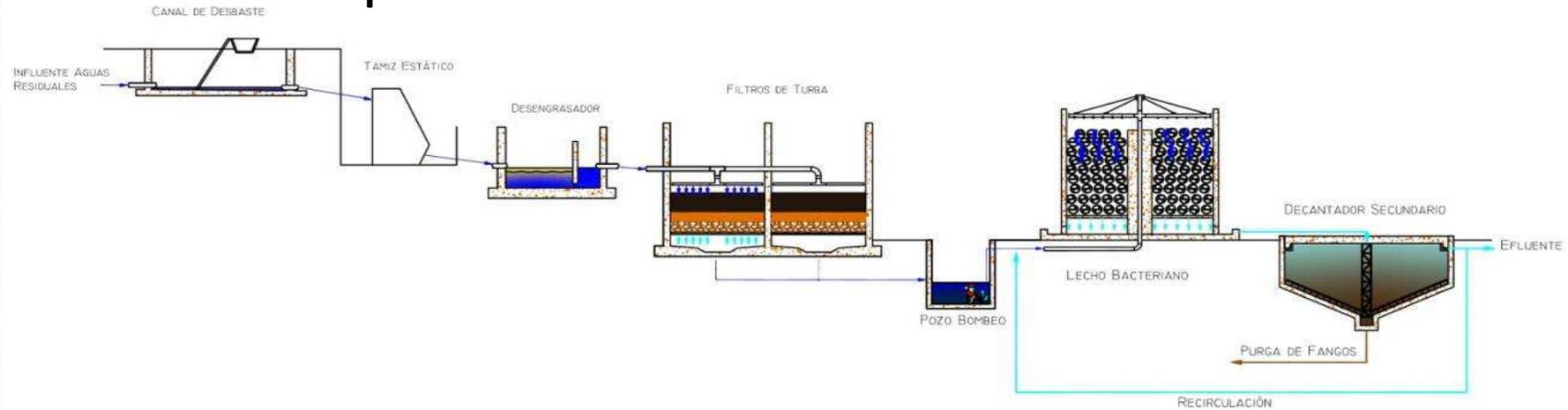
Desinfectar y almacenar los efluentes depurados



Empleo de Lagunas de Maduración como tratamiento de desinfección y almacenamiento

Combinación de tecnologías

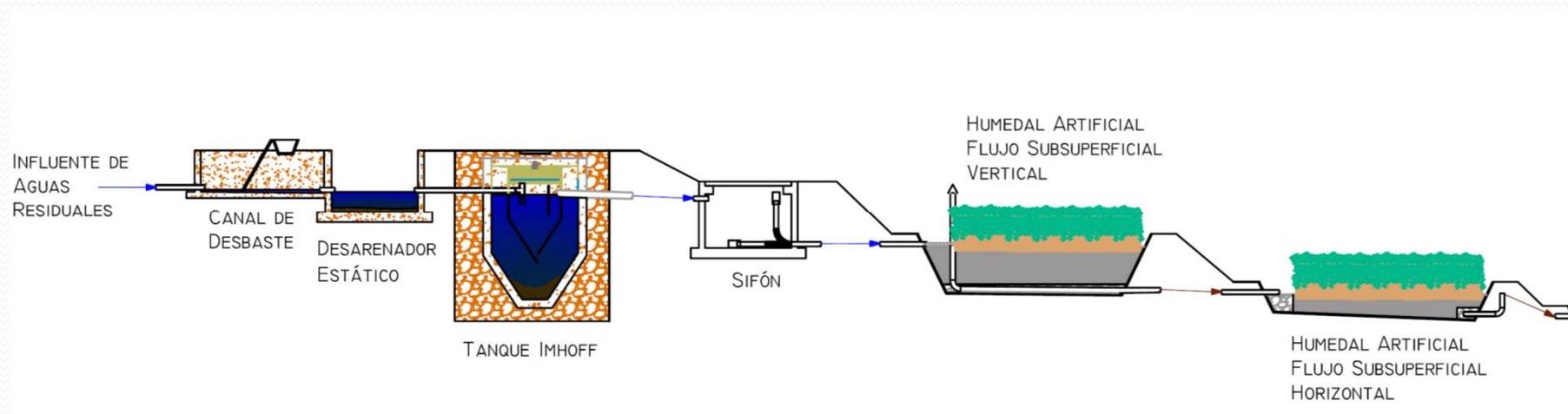
Aprovechar infraestructuras existentes



Empleo de Filtros de Turba existentes a modo de pretratamiento y en sustitución de la etapa de decantación secundaria

Combinación de tecnologías

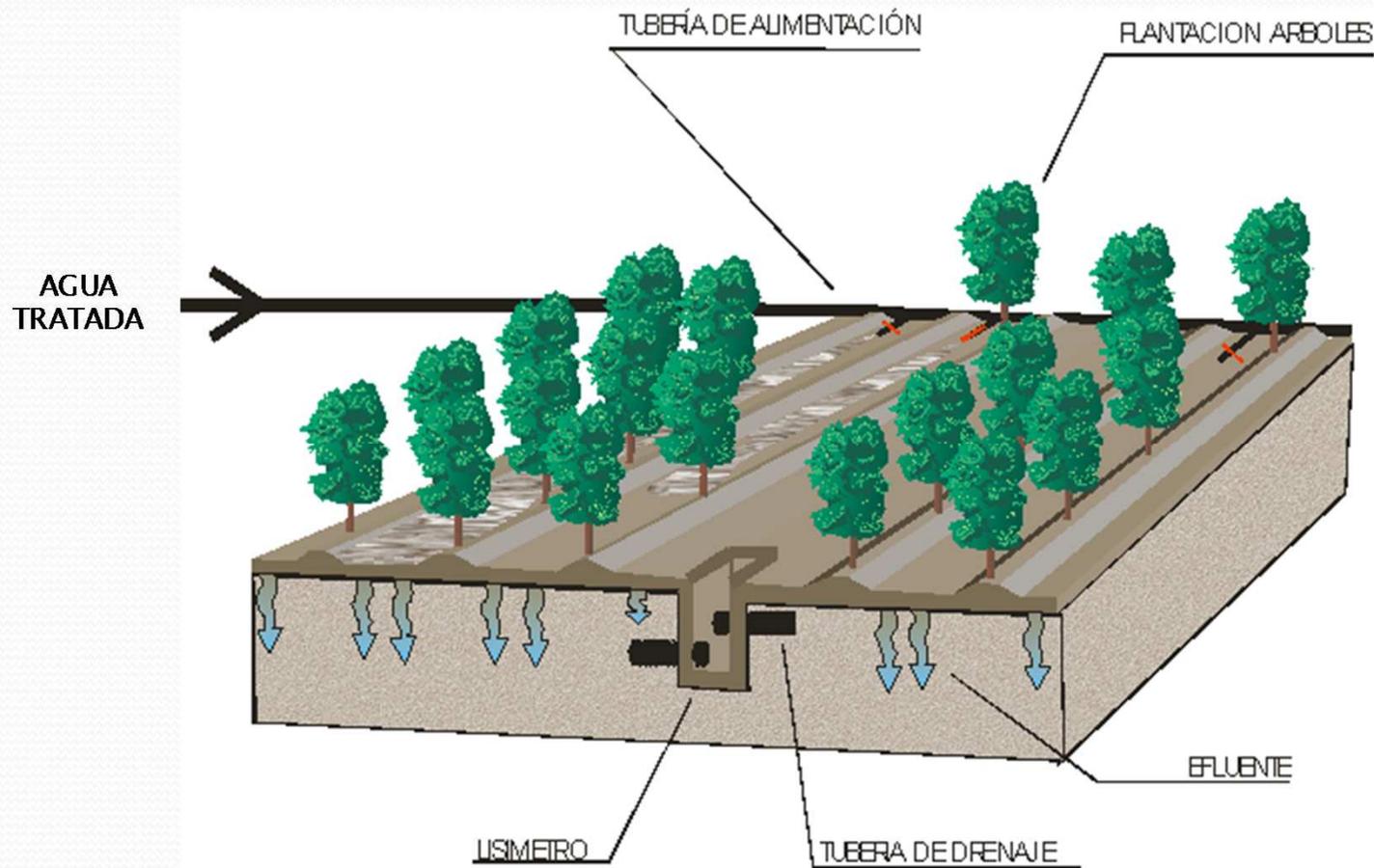
Eliminación de nutrientes



Combinación de Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial Verticales y Horizontales para la eliminación de nitrógeno

Combinación de tecnologías

Permitir el vertido de los efluentes depurados al terreno



Empleo de Filtros Verdes para el vertido de efluentes tratados

*Presentación del
Manual para la implantación de sistemas de
depuración para pequeñas poblaciones*



***GESTIÓN DE FANGOS EN PEQUEÑAS
POBLACIONES***

Gestión del fango en pequeñas poblaciones

■ **Fango no estabilizado:**

- ✓ No está previsto un uso local → traslado a otra EDAR con línea de tratamiento de fangos o centro de transferencia de residuos.
- ✓ Sí está previsto un uso local → estabilización y deshidratación en humedales artificiales.

■ **Fango estabilizado:**

- ✓ No está previsto un uso local → traslado a otra EDAR con línea de tratamiento de fangos o centro de transferencia de residuos.
- ✓ Sí está previsto un uso local → deshidratación en eras de secado, humedales artificiales o centrífugas (entidades mancomunadas).

Gestión del fango en pequeñas poblaciones



Era de secado

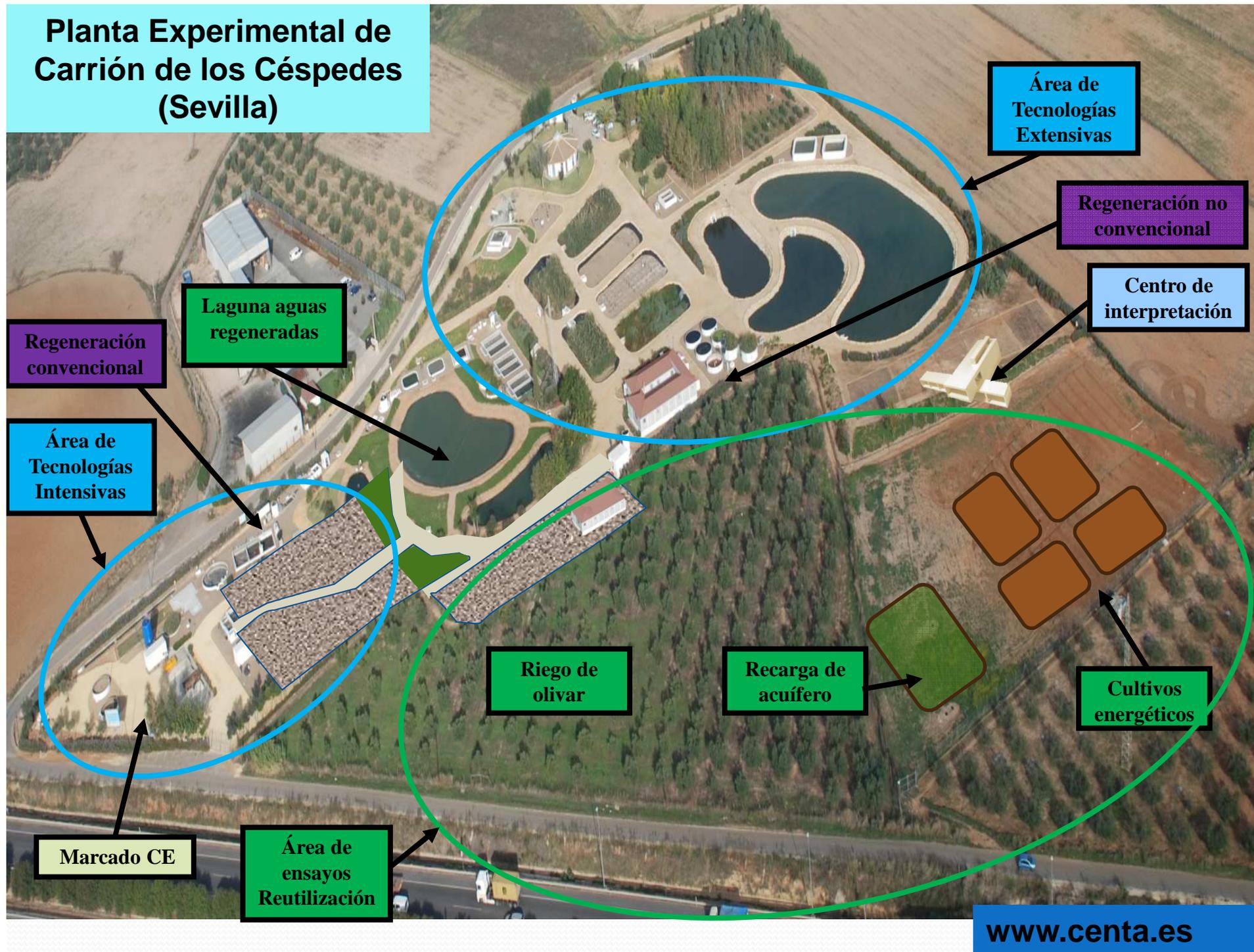


*Humedal Artificial para
deshidratación de fangos*



Centrífuga de fangos (móvil)

Planta Experimental de Carrión de los Céspedes (Sevilla)



**Presentación del
Manual para la implantación de sistemas de
depuración en pequeñas poblaciones**

| Tecnología | Rango de población (h-e) | Costes de explotación (€/h-e.año) |
|---|---|-----------------------------------|
| LA | 100-1.000 | 34-8 |
| HFSV | 100-1.000 | 48-18 |
| Capacidad de adaptación a las sobrecargas hidráulicas | | 48-18 |
| - | | 44-14 |
| + | | 44-15 |
| AP | HFSV / FT _m / FIA / FIA _γ / IP | 44-15 |
| | SBR / CBR / LB / MBBR / HSFH | 41-14 |
| | LA | 24-16 |
| Capacidad de adaptación a las sobrecargas orgánicas | | 25-17 |
| - | | 34-22 |
| + | | |
| | HFSV / HSFH / FT _m / FIA / FIA _γ / IP | |
| | CBR / LB / MBBR | |
| | LA | |
| | AP / SBR | |

**CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS
DE TRATAMIENTO**

Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento

- **Criterios de selección:**
 - ✓ Criterios técnicos
 - ✓ Criterios económicos
 - ✓ Criterios ambientales

Acrónimos empleados para las tecnologías de depuración

| Tratamiento | Acrónimo | Tratamiento | Acrónimo |
|--|-----------------------------------|--|------------------------|
| Fosa Séptica | FS | Filtro Intermitente de Arena (con recirculación) | FIA_r |
| Tanque Imhoff | TI | Infiltración- Percolación | IP |
| Decantación Primaria | DP | Contactador Biológico Rotativo | CBR |
| Lagunaje | LA | Lecho Bacteriano | LB |
| Humedal de Flujo Subsuperficial Vertical | HFSV | Aireación Prolongada | AP |
| Humedal de Flujo Subsuperficial Horizontal | HFSH | Reactor Secuencial | SBR |
| Filtro de Turba modificado | FT_m¹ | Reactor de Biopelícula Sobre Lecho Móvil | MBBR |
| Filtro Intermitente de Arena | FIA | | |

•¹ Filtro de Turba diseñado de acuerdo a los nuevos criterios y parámetros recogidos en el Capítulo 6 del presente Manual.

Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento

■ Criterios técnicos

- ✓ Calidad requerida del efluente según el medio receptor

Nivel de tratamiento alcanzado según la tecnología implantada

| Tecnología | Nivel de tratamiento | SS (%) | DBO ₅ (%) | DQO (%) | N-NH ₄ ⁺ (%) | N _T (%) | P _T (%) |
|-----------------|---|--------|----------------------|---------|------------------------------------|--------------------|--------------------|
| FS o TI | Primario | 50-60 | 20-30 | 20-30 | ----- | ----- | ----- |
| DP | Primario | 60-65 | 30-35 | ----- | ----- | ----- | ----- |
| LA | Secundario (a excepción de los SS) ¹ | 40-80 | 75-85 | 70-80 | 30-70 | 40-80 | 30-60 |
| HFSH | Secundario | 90-95 | 85-90 | 80-90 | 20-25 | 20-30 | 20-30 |
| HFSV | Secundario con nitrificación | 90-95 | 90-95 | 80-90 | 60-70 | 60-70 | 20-30 |
| FT _m | Secundario con nitrificación | 85-95 | 90-95 | 80-90 | 85-95 | 15-20 | 70-80 |
| FIA | Secundario con nitrificación | 90-95 | 90-95 | 80-90 | 70-80 | 40-50 | 15-30 |
| FIAr | Secundario con nitrificación | 90-95 | 90-95 | 80-90 | 70-80 | 40-50 | 15-30 |
| IP | Secundario con nitrificación | 90-95 | 90-95 | 80-90 | 70-80 | 40-50 | 15-30 |
| CBR | Secundario o Secundario con nitrificación ² | 85-95 | 85-95 | 80-90 | 60-80 | 20-35 | 10-35 |
| LB | Secundario o Secundario con nitrificación ² | 85-95 | 85-95 | 80-90 | 60-80 | 20-35 | 10-35 |
| AP | Secundario con nitrificación o Secundario con eliminación de N _T ² | 85-95 | 85-95 | 80-90 | 90-95 | 80-85 | 20-30 |
| SBR | Secundario con nitrificación o Secundario con eliminación de N _T ² | > 90 | > 90 | 80-90 | 90-95 | 80-85 | 55-65 |
| MBBR | Secundario o Secundario con nitrificación o Secundario con eliminación de N _T ² | 85-95 | 85-95 | 80-90 | 90-95 | 70-80 | 20-30 |

¹ El lagunaje no cumple el requisito de los SS, si no es en una muestra filtrada, debido a la presencia de microalgas en el efluente.

² Según como se diseñe el proceso se alcanza uno u otro nivel de tratamiento.

Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento

■ Criterios técnicos

- ✓ Superficie del terreno disponible para la implantación de la EDAR

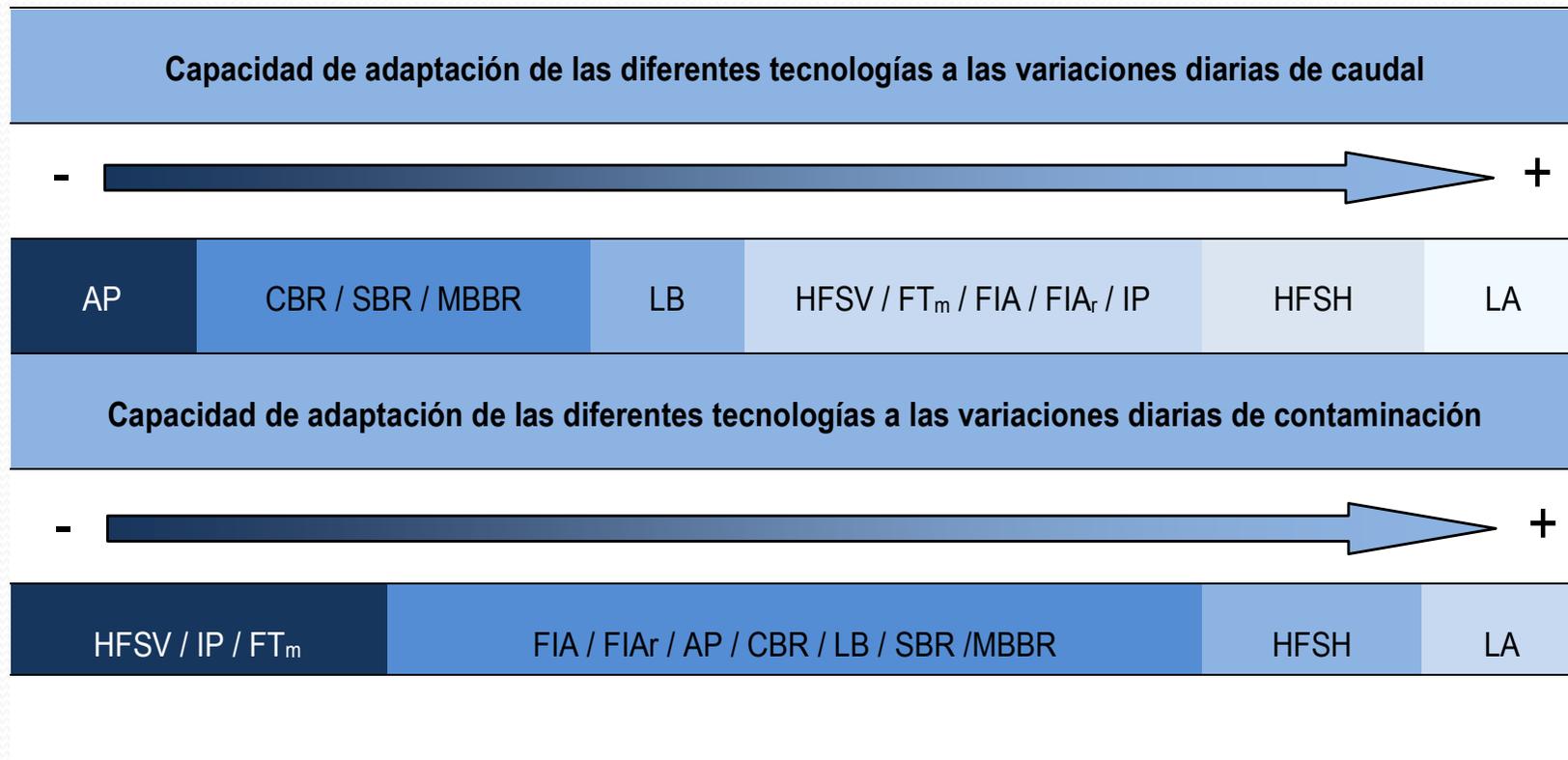
Clasificación de tecnologías según superficie requerida para su implantación

| Requerimiento de superficie | Tecnologías |
|---|-----------------------------|
| Muy Bajo (< 1 m ² / habitante equivalente) | AP, LB, CBR, MBBR, SBR |
| Bajo (1 - 3 m ² / habitante equivalente) | FIA _r |
| Medio (3 - 5 m ² / habitante equivalente) | FIA, FT _m , HFSV |
| Alto (5 - 7 m ² / habitante equivalente) | IP |
| Muy Alto (> 7 m ² / habitante equivalente) | LA , HFSH |

Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento

- **Criterios técnicos**

- ✓ Versatilidad del tratamiento



Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento

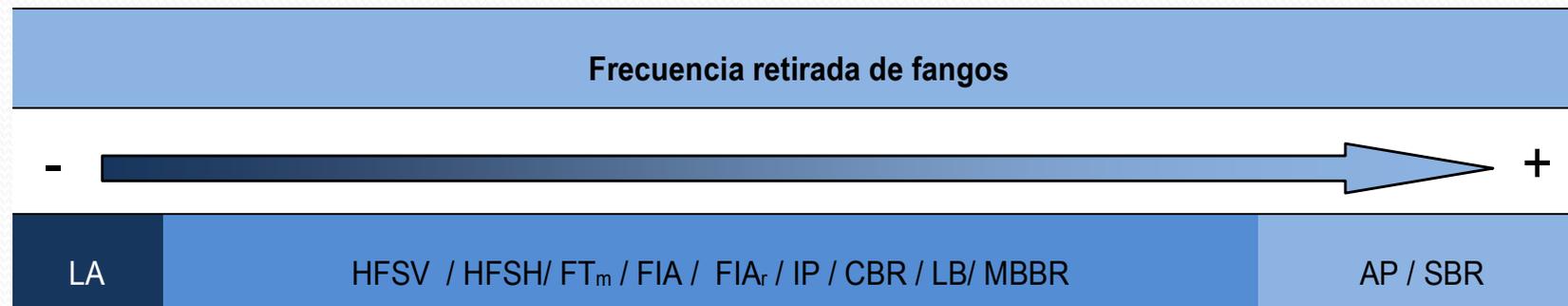
■ Criterios técnicos

- ✓ Producción y calidad de los fangos generados



¹ En caso de emplear decantador primario en lugar de Tanque Imhoff, la cantidad de fango generada sería equiparable a la de un proceso de Aireación Prolongada o SBR.

² En caso de emplear decantador primario en lugar de Tanque Imhoff, la cantidad de fango generada sería superior a la de un proceso de Aireación Prolongada o SBR.



Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento

■ Criterios técnicos

- ✓ Producción y calidad de los fangos generados

Clasificación de tecnologías según el grado de estabilización de los fangos generados

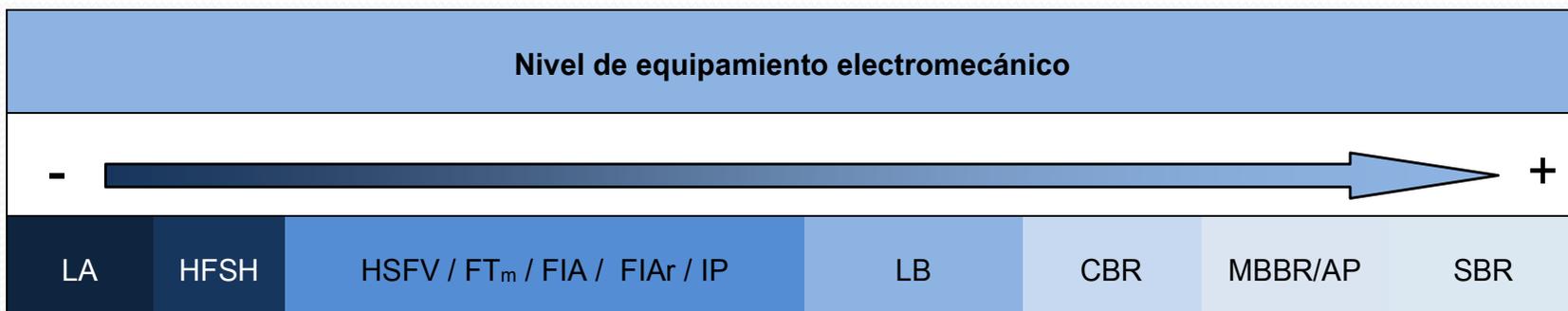
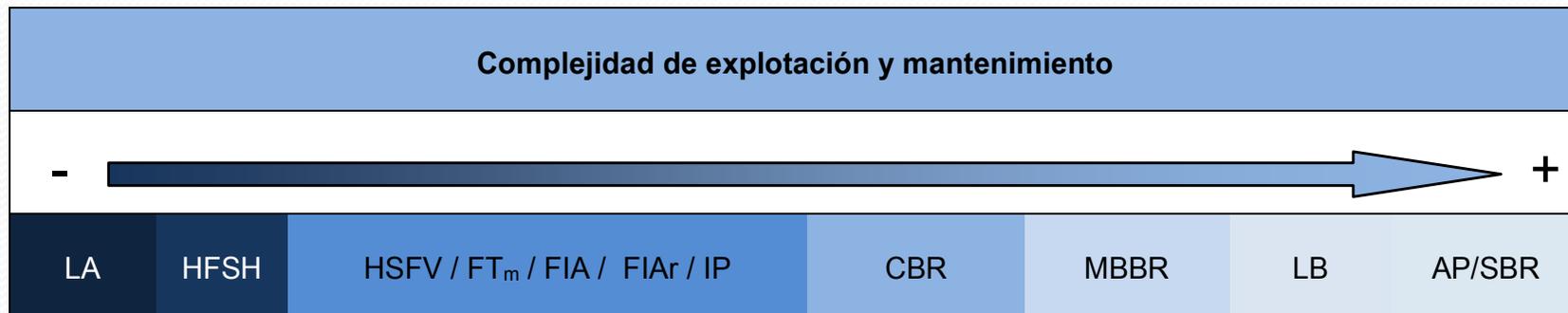
| Tecnología | Estabilización del fango | |
|-------------------|--------------------------|----|
| | Si | No |
| FS | X | |
| TI | X | |
| DP | | X |
| LA | X | |
| CBR ¹ | | X |
| LB ¹ | | X |
| AP | X | |
| SBR | X | |
| MBBR ¹ | | X |

¹ Si se dispone como tratamiento primario FS/TI o Laguna Anaerobia, a los que se envían también los fangos en exceso, se puede lograr la estabilización de los mismos.

Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento

■ Criterios técnicos

- ✓ Complejidad en la explotación y mantenimiento



Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento

■ Criterios técnicos

- ✓ Tamaño de la población a tratar

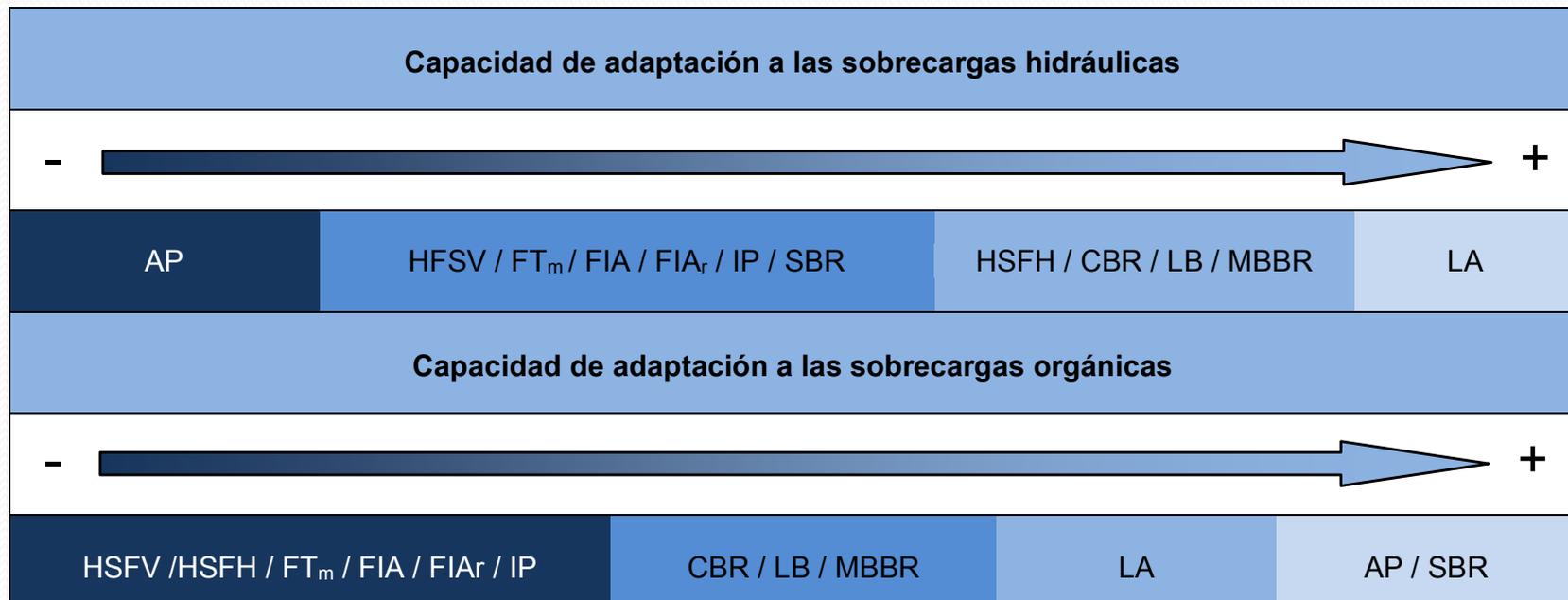
| Tecnología | Rango de población (h-e) | | | |
|------------------|--------------------------|-----------|-------------|---------------|
| | 50 - 200 | 200 - 500 | 500 - 1.000 | 1.000 - 2.000 |
| FS | | | | |
| TI | | | | |
| DP | | | | |
| Laguna Anaerobia | | | | |
| LA | | | | |
| HFSV y HFSH | | | | |
| FT _m | | | | |
| FIA | | | | |
| FIAr | | | | |
| IP | | | | |
| CBR | | | | |
| LB | | | | |
| AP | | | | |
| SBR | | | | |
| MBBR | | | | |

| | | | |
|-------------------|--|---------------------------------|--|
| Rango recomendado | | Rango especialmente recomendado | |
|-------------------|--|---------------------------------|--|

Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento

- Criterios técnicos

- ✓ Flexibilidad del tratamiento



Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento

■ Criterios técnicos

- ✓ Grado de contaminación de las aguas residuales a tratar

| Tipo de Agua Residual | Tecnologías | | |
|--|--|--|-----------------------|
| | Muy adecuado | Adecuado | Menos adecuado |
| De contaminación fuerte (350 – 500 mg/l DBO ₅) | AP / SBR | HFSV / FT _m / FIA / FIA _r / IP / CBR / LB / MBBR | LA / HFSH |
| De contaminación media (150 – 350 mg/l DBO ₅) | Todos los tratamientos son adecuados | | |
| De contaminación débil (< 150 mg/l DBO ₅) | LA / HFSV / HFSH / FIA / FIA _r / IP / LB / CBR / MBBR | FT _m | AP / SBR ¹ |

¹Las tecnologías AP y SBR pueden presentar problemas de operación cuando la concentración de DBO₅ es inferior a 100 mg/l.

- ✓ Presencia de tóxicos en las aguas residuales a tratar: las tecnologías de biopelícula (LB, CBR, MBBR) presentan un mejor comportamiento.

Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento

■ Criterios técnicos

- ✓ Climatología: la temperatura es el principal factor a tener en cuenta, en condiciones de temperaturas muy bajas.

- Se van favorecidos aquellos tratamientos que pueden cubrirse con relativa facilidad.

- Los Lechos Bacterianos tienen la opción de aislarse térmicamente y trabajar con ventilación forzada.

- Dentro de los tratamientos extensivos, aquellos en los que el flujo de agua es subsuperficial, presentan un mejor comportamiento.

- Los tratamientos extensivos (FIA, FIA_r, IP y FT_m), pueden presentar problemas por congelación de los sistemas de sistemas de alimentación/distribución del agua residual.

Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento

■ Criterios económicos

✓ Costes de implantación

Costes de implantación estimados para cada tecnología.

| Tecnología | Rango de población (h-e) | Costes de implantación (€/h.e) |
|------------------|--------------------------|--------------------------------|
| LA | 50 - 1.000 | 800 - 250 |
| HFSV | 50 - 1.000 | 450 - 250 |
| HFSH | 50 - 1.000 | 450 - 270 |
| FT _m | 50 - 1.000 | 440 - 220 |
| FIA | 50 - 1.000 | 420 - 220 |
| FIA _r | 50 - 1.000 | 400 - 160 |
| IP | 50 - 1.000 | 390 - 260 |
| CBR | 200 - 2.000 | 490 - 340 |
| LB | 200 - 2.000 | 700 - 200 |
| AP | 500 - 2.000 | 300 - 100 |
| SBR | 500 - 2.000 | No estimado |
| MBBR | 500 - 2.000 | No estimado |

* Estimado en base a información aportada por las empresas suministradoras.

Costes de implantación (€/h-e) estimado para una población de 1.000 h-e.

| Costes de implantación | Tecnologías |
|---------------------------------|--|
| 100-200 €/habitante equivalente | FIA _r / AP |
| 200-300 €/habitante equivalente | LA / HFSV / HFSH / FT _m / FIA / IP / LB |
| > 300 €/habitante equivalente | CBR |

Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento

■ Criterios económicos

- ✓ Costes de explotación y mantenimiento

Costes de explotación y mantenimiento estimados para cada tecnología.

| Tecnología | Rango de población (h-e) | Costes de explotación (€/h-e.año) |
|------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| LA | 100 - 1.000 | 34 - 8 |
| HFSV | 100 - 1.000 | 48 - 18 |
| HFSH | 100 - 1.000 | 48 - 18 |
| FT _m | 100 - 1.000 | 44 - 14 |
| FIA | 100 - 1.000 | 44 - 15 |
| FIA _r | 100 - 1.000 | 44 - 15 |
| IP | 100 - 1.000 | 41 - 14 |
| CBR | 500 - 2.000 | 24 - 16 |
| LB | 500 - 2.000 | 25 - 17 |
| AP | 500 - 2.000 | 34 - 22 |
| SBR | 500 - 2.000 | No estimado |
| MBBR | 500 - 2.000 | No estimado |

* Estimado en base a información aportada por las empresas suministradoras

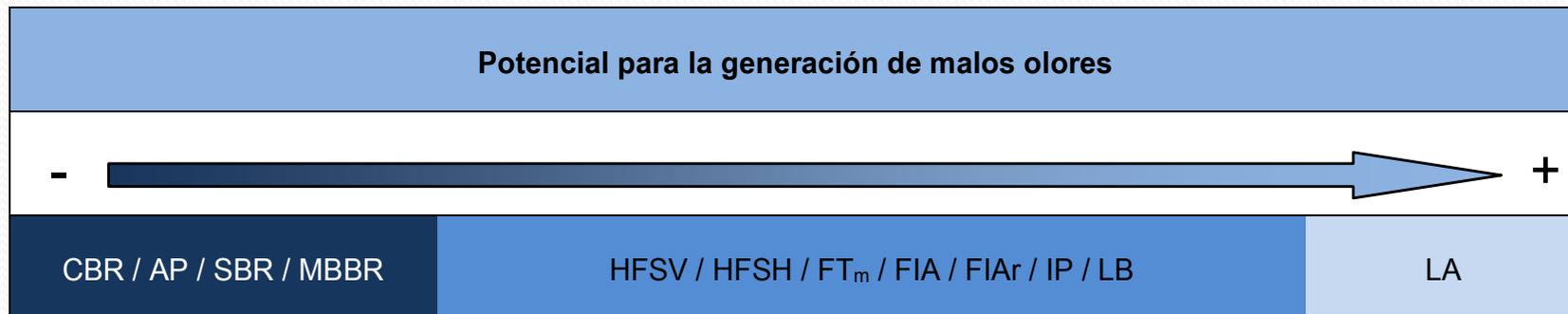
Costes de explotación (€/año) estimado para una población de 1.000 h-e.

| Costes de explotación | Tecnologías |
|-------------------------------------|--|
| ≤ 10 €/habitante equivalente.año | LA |
| 10 - 20 €/habitante equivalente.año | HFSV / HFSH / FT _m / FIA / FIA _r / IP / CBR / LB |
| > 20 €/habitante equivalente.año | AP |

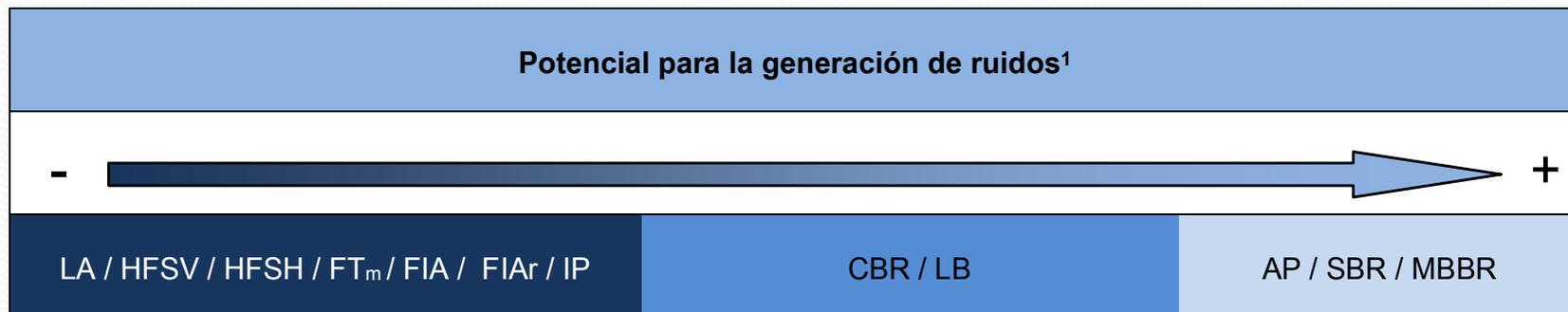
Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento

■ Criterios ambientales

- ✓ Producción de malos olores



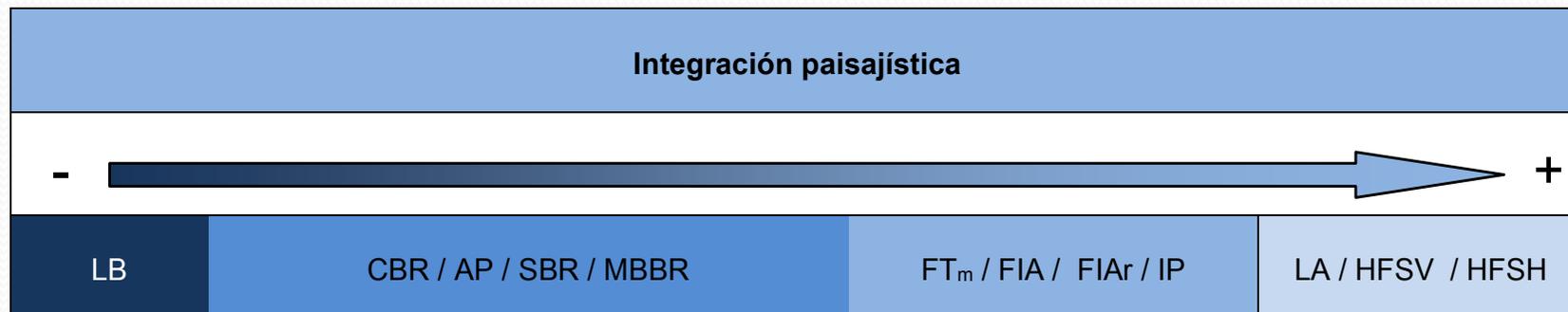
- ✓ Generación de ruidos



Criterios de selección de las tecnologías de tratamiento

- Criterios ambientales

- ✓ Integración paisajística



<http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/default.aspx>

Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO

Adquisición on-line

[Tienda virtual](#). A través de este enlace se pueden adquirir las publicaciones en venta editadas por el Departamento.

Punto de venta

Punto de venta del Centro de Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

P.º Infanta Isabel, 1

Tel. 91 347 55 41

Horario: de 9 a 17:30 h, de lunes a viernes

Metro: Estación de Atocha

Autobuses: líneas 10-14-19-26-27-32-34-37-45-59-85-86 y Circular

Adquisición por correo certificado

Tel. 91 347 55 52

Adquisición por suscripción

Tel. 91 347 55 50

Otras formas de adquisición

En librerías y distribuidoras especializadas.

Para más información

Centro de Publicaciones

P.º Infanta Isabel, 1

28071- Madrid

Tel.: 91 347 55 51

Fax: 91 347 57 22

e-mail: centropublicaciones@magrama.es

*Presentación del
Manual para la implantación de sistemas de
depuración en pequeñas poblaciones*

Gracias por su atención

enrique.ortega@cedex.es

jjsalas@centa.es

yasmina.ferrer@cedex.es



CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS Y
EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS
PÚBLICAS

