

Versión 2, información pública.

ANEXO 3. SISTEMAS AUTÓNOMOS DE DEPURACIÓN

1. INTRODUCCIÓN	2
2. DEPURACIÓN AUTÓNOMA Y FASES DE TRATAMIENTO	3
3. SISTEMAS DE DEPURACIÓN	4
3.1. DISPOSITIVOS DE PRETRATAMIENTO	4
3.1.1. <i>Rejas de desbaste</i>	4
3.1.2. <i>Separadores de grasas</i>	5
3.1.3. <i>Tanques de pretratamiento externos</i>	6
3.2. EQUIPOS DE DEPURACIÓN COMPACTOS	6
3.2.1. <i>Tanque Imhoff</i>	7
3.2.2. <i>Fosa séptica</i>	7
3.2.3. <i>Fosa séptica con filtro percolador</i>	9
3.2.4. <i>Fosa de oxidación total</i>	10
3.2.5. <i>Recomendaciones para la instalación</i>	11
3.3. SISTEMAS NATURALES DE DEPURACIÓN	12
3.3.1. <i>Humedales artificiales de flujo superficial</i>	13
3.3.2. <i>Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal (FSH)</i>	15
3.3.3. <i>Humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical (FSV)</i>	17
3.3.4. <i>Lagunaje artificial</i>	19
3.4. SISTEMAS DE DESINFECCIÓN.....	22
4. SISTEMAS DE EVACUACIÓN	23
4.1. INFILTRACIÓN POR ZONA VERDE.....	23
4.2. ZANJAS DE INFILTRACIÓN.....	24
5. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DEPURACIÓN AUTÓNOMO	28
5.1. SISTEMA DE DEPURACIÓN	28
5.2. SISTEMA DE EVACUACIÓN	28
5.3. NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD	29
Tabla 1. Cálculo del número de habitantes equivalentes	30

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este apéndice es establecer una guía, para el diseño y la instalación de sistemas de saneamiento domestico autónomo.

Dicha guía podrá ser usada tanto por arquitectos e ingenieros como por los instaladores, respectivamente para la redacción de proyectos de sistemas de saneamiento domestico autónomo y para la ejecución los mismos.

La evacuación de las aguas residuales de tipo doméstico, mediante descarga a un sistema de alcantarillado sanitario, no siempre es técnicamente factible debido a factores como topografía accidentada, población bastante dispersa, caudal insuficiente para realizar la evacuación mediante un sistema hidráulico adecuado, etc.

En dichos casos, es necesario instalar unidades específicas de tratamiento y evacuación para evitar la contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua potable.

La fuerte presión antrópica provocada por las actividades humanas (vertidos de aguas residuales, uso masivo de fertilizantes nitrogenados, gestión de purines en explotaciones agrícolas etc.) ha llevado a que la Unión Europea elaborase la Directiva 91/676/CEE, relativa a la protección de las aguas en contra de la contaminación producidas por nitratos utilizados en agricultura, transpuesta a la legislación española a través del Real Decreto 261/1996. En varios acuíferos del territorio Balear se excede el límite de 50 mg/l, fijado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el agua de consumo humano (límite que administraciones como la Agencia para la Protección del Medio Ambiente Norteamérica (EPA) sitúa en 10 mg/l de nitrato). Además existen zonas de Baleares donde incluso se alcanzan concentraciones de nitratos de 400 mg/l.

El consumo de agua con una concentración alta de nitratos tiene efectos nocivos sobre la salud. Los nitratos ingeridos son transformados en nitritos en el sistema digestivo y éstos transforman la hemoglobina en metahemoglobina, incapaz de transportar oxígeno. Aunque la formación de metahemoglobina es un proceso reversible puede llegar a provocar la muerte, especialmente en niños. Asimismo, los nitratos pueden formar nitrosaminas y nitrosamidas, compuestos potencialmente cancerígenos.

Ante estos riesgos los sistemas de saneamiento, además de prevenir la contaminación biológica, deben prevenir la contaminación por nitratos. Por ello, para las zonas más sensibles a la contaminación de acuíferos (zonas vulnerables a nitratos, perímetros de protección de pozos de abastecimiento urbanos y zonas con vulnerabilidad del acuífero alta), se ha optado por establecer normas más

restrictivas, marcando un límite máximo de concentración de nitrógeno total en el efluente depurado.

2. DEPURACIÓN AUTÓNOMA Y FASES DE TRATAMIENTO

En la depuración autónoma, entendida como la depuración de pequeños caudales de aguas residuales domésticas (o asimilables) provenientes de instalaciones aisladas, se pueden distinguir las siguientes fases de tratamiento:

- Pretratamiento. Se realiza mediante un dispositivo que permite separar del efluente, restos sólidos voluminosos y sustancias en suspensión como grasas y aceites.
- Tratamiento primario. Se realiza mediante equipos compactos y permite eliminar la carga contaminante en suspensión. Durante esta fase, los procesos de depuración se realizan en condiciones anaeróbicas.
- Tratamiento secundario. Se realiza bien mediante equipos compactos o bien mediante sistemas naturales y permite eliminar la carga contaminante disuelta. Durante esta fase, los procesos de depuración se realizan en condiciones aeróbicas y anaeróbicas.
- Tratamiento terciario. Se realiza mediante un dispositivo que permite eliminar los microorganismos patógenos que sobreviven a las fases de tratamiento anteriores.
- Evacuación. Mediante infiltración por zona verde o zanja de infiltración. El primero se realiza mediante un sistema de riego superficial o subsuperficial, mientras que el segundo se realiza mediante un sistema de evacuación subterráneo. Los dos permiten realizar una ulterior depuración biológica del efluente y en el caso de la infiltración por zona verde, se realiza una reducción de Nitrógeno en el vertido por la absorción del mismo por parte de las plantas.

En los siguientes capítulos se describen los sistemas de depuración más comunes. Para cada uno de ellos se describen las características geométricas o los rendimientos que deben cumplir, y se especifican las recomendaciones para su instalación.

3. SISTEMAS DE DEPURACIÓN

Los sistemas de depuración son instalaciones que depuran las aguas residuales, mediante la realización de una o más fases de tratamiento conjuntas. Pueden estar constituidos por dispositivos prefabricados, equipos compactos prefabricados y sistemas naturales realizados en obra.

Los sistemas de depuración se pueden agrupar en las siguientes categorías:

1. Dispositivos de pretratamiento como: rejillas de desbaste, separadores de grasas y tanques de pretratamiento.
2. Equipos de depuración compactos como: tanque Imhoff y fosa séptica (realizan un tratamiento primario); o como fosa séptica con filtro percolador y fosa de oxidación total (realizan un tratamiento primario más un tratamiento secundario). Además pueden llevar integrado un dispositivo de pretratamiento.
3. Sistemas de depuración naturales. Realizan un tratamiento secundario, por lo tanto deben estar precedidos por un dispositivo de pretratamiento más un equipo de depuración compacto que realice al menos un tratamiento primario.
4. Dispositivos de desinfección.

3.1. DISPOSITIVOS DE PRETRATAMIENTO

Son dispositivos que deben instalarse aguas arriba del equipo de depuración compacto. Se trata de rejillas y separadores de grasas.

3.1.1. Rejillas de desbaste

Tienen por objetivo separar toda la materia sólida superior a un tamaño determinado que podría ser perjudicial para los equipos de depuración compactos o para los sistemas de depuración naturales, por eso deben situarse aguas arriba de éstos.

Algunos equipos de depuración compactos llevan integrado un tanque de pretratamiento, que permite la separación de la materia sólida de forma que no es necesaria la instalación una rejilla de desbaste.

La capacidad y la medida de la luz del enrejado dependerán del sistema general de depuración utilizado.

Estos dispositivos deben revisarse y limpiarse periódicamente, ya que un eventual atasco colapsaría todo el sistema de depuración.

Para viviendas se desaconseja la instalación de rejillas de desbaste. En estos casos es apropiada la instalación de un tanque de pretratamiento externo (ver 3.1.3.).

En caso de instalaciones en restaurantes, hoteles y similares, y en general cuando el contenido de materia sólida es importante, se desaconseja la instalación de rejillas de desbaste. En su lugar se aconseja la instalación de filtros de tamiz en los desagües de las cocinas, además de un tanque de pretratamiento externo, que resulta obligatorio también para los equipos de depuración con tanque de pretratamiento integrado.

3.1.2. Separadores de grasas

Son dispositivos diseñados para retener las grasas y los aceites contenidos en las aguas residuales.

Los separadores de grasas externos deben situarse tan cerca como se pueda del origen de las grasas (menos de 2 m de la edificación), libre de cualquier carga rodante o estática, y deberá ser accesible para poder llevar a cabo su mantenimiento. Se situará sobre un cojín de arena de 10 cm de grosor para conseguir estabilidad.

La abertura de control y vaciado debe ser del orden de 600 mm de diámetro.

El volumen del tanque del separador de grasas va en función del tipo de actividad y de su magnitud.

Para viviendas unifamiliares, el volumen mínimo del tanque de desengrase debe ser de unos 200 l cuando el agua sólo provenga de la cocina.

En el caso de restaurantes, debe calcularse en función del número de comidas previstas y de la capacidad máxima del local.

El separador debe ser revisado periódicamente y limpiado tantas veces como sea necesario.

Algunos equipos de depuración compactos llevan integrado un tanque de pretratamiento integrado, que permite la separación de la materia sólida, lo cual no hace necesaria la instalación de separadores de grasas.

Sin embargo, para restaurantes, hoteles y similares, y en general cuando el contenido de materia grasas y aceites vertido es importante, la instalación de separadores de grasas externos es obligatoria también para los equipos de depuración con tanque de pretratamiento integrado.

3.1.3. Tanques de pretratamiento externos

Son dispositivos diseñados para retener las grasas y los aceites, y separar la materia sólida que podría ser perjudicial para los equipos de depuración compactos o para los sistemas de depuración naturales.

La instalación de un tanque de pretratamiento sustituiría a la vez la instalación de una reja de desbaste y un separador de grasas.

El tanque de pretratamiento externo debe conectarse al conducto general de evacuación y deberá ser accesible para poder llevar a cabo su mantenimiento. A tal efecto la abertura de control y vaciado debe ser del orden de 600 mm de diámetro.

El volumen del tanque de pretratamiento va en función del tipo de actividad y de su magnitud.

En el caso de restaurantes, debe calcularse en función del número de comidas previstas y de la capacidad máxima del local.

Para viviendas individuales, el volumen mínimo del tanque de pretratamiento deberá ser de al menos 1000 l.

Debe ser revisado periódicamente y limpiado tantas veces como sea necesario.

Algunos equipos de depuración compactos llevan integrado un pequeño tanque de pretratamiento, que permite retener las grasas y los aceites, y separar la materia sólida, lo cual no hace necesaria la instalación de un tanque de pretratamiento externo.

Sin embargo, para restaurantes, hoteles y similares, y en general cuando el contenido de materia grasas y aceites vertido es importante, la instalación de tanques de pretratamiento externos es obligatoria también para los equipos de depuración con tanque de pretratamiento integrado.

3.2. EQUIPOS DE DEPURACIÓN COMPACTOS

Son instalaciones para la depuración de aguas residuales domésticas, que reproducen de forma concentrada, en un espacio limitado, un tratamiento primario (tanque Imhoff y fosa séptica) o un tratamiento primario más un tratamiento secundario (fosa séptica con filtro percolador y fosa séptica de oxidación total). Normalmente son soterrados, prefabricados y se montan en destino.

De acuerdo con la Directiva 89/106/CEE de Productos de Construcción: *“Los productos de construcción sólo podrán comercializarse si son idóneos para el uso al que se destinan. A este respecto, deberán permitir la construcción de obras que*

cumplan, durante un período de vida económicamente razonable, los requisitos esenciales en materia de resistencia mecánica y estabilidad, seguridad en caso de incendio, higiene, salud y medio ambiente, seguridad de utilización, protección contra el ruido, ahorro energético y aislamiento térmico, establecidos en el Anexo I de la Directiva".

Según el Anexo II, "Normas armonizadas con la Directiva 89/106/CEE de Productos de Construcción", de la Resolución de 21 de diciembre de 2009 (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio - Dirección General de Industria - B.O.E. N° 10 de 12/01/2010) - para Pequeñas instalaciones de depuración de aguas residuales (fosas sépticas) para poblaciones de hasta 50 habitantes equivalentes, la fecha de entrada en vigor del marcado CE es el 1-12-2005.

Debido a lo anterior, solo se permite la instalación de equipos de depuración con marcado CE.

3.2.1. Tanque Imhoff

Este equipo realiza un tratamiento primario del efluente. Está constituido por una cámara o cámaras superiores por las cuales pasan las aguas negras en su período de sedimentación, además de otra cámara inferior donde la materia sólida recibida por gravedad sedimenta para su digestión anaeróbica.

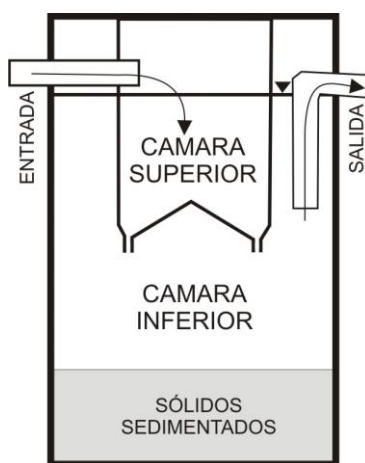


Figura 1.- Tanque Imhoff

Para una vivienda con una capacidad máxima de seis personas el volumen mínimo de la cámara inferior debe ser de 1.500 l y se aumentará en 250 l por cada habitante equivalente adicional.

3.2.2. Fosa séptica

Este dispositivo realiza un tratamiento primario del efluente. Generalmente está formado por dos compartimentos: un decantador donde tienen lugar los procesos de decantación, y un digestor donde tienen lugar los procesos de fermentación.

En el decantador, tiene lugar la decantación y sedimentación, así como el descenso de la velocidad de entrada de las aguas residuales. La materia más pesada se deposita en el fondo y la materia más ligera, asciende a la superficie dando lugar a una capa de espuma.

Tanto los sólidos sedimentados como la materia orgánica disuelta se descomponen por la acción de bacterias y hongos. Esta descomposición genera un ligero burbujeo de gases a través del líquido que puede obstaculizar la decantación de los sólidos, por lo que el equipo está dotado de un segundo compartimiento donde se dan unas mejores condiciones para la decantación.

En el digestor se producen los procesos de fermentación en unas condiciones anaerobias, es decir, sin presencia de oxígeno. Las bacterias anaerobias se encargan de metabolizar la materia orgánica, gasificando, hidrolizando y mineralizando.

La materia orgánica que queda retenida en la parte inferior del tanque sufre un proceso de descomposición anaeróbica y facultativa que desprende dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y sulfuro de hidrógeno (H_2S).

A pesar de la generación de estos gases no existen olores, debido a que el sulfuro de hidrógeno se combina con los metales presentes en los sólidos sedimentados dando lugar a la formación de sulfuros metálicos insolubles.

Si se producen olores es un síntoma de que se ha perdido el equilibrio biológico de la biomasa que trabaja en ella en beneficio de las bacterias acidófilas, que producen excesivos sulfuros de hidrógeno e impiden la degradación natural. En ese caso es necesario aplicar un activador biológico ya que en esas condiciones la fosa no trabaja y la materia orgánica se acumula (sin convertirse en gases) llenando rápidamente el equipo.

Aunque la descomposición anaeróbica y facultativa, reduce permanentemente el volumen de la materia sólida acumulada en el fondo del tanque hay una acumulación de fangos que conviene mantener para asegurar la actividad biológica en el dispositivo.

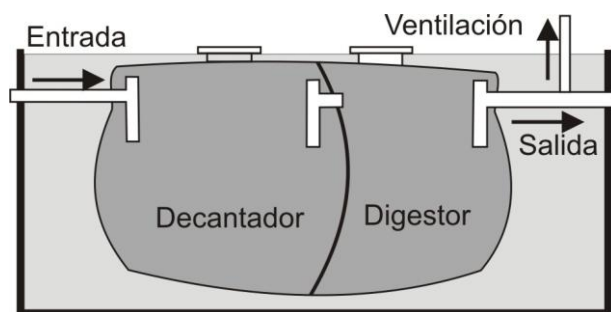


Figura 2. Fosa séptica.

El volumen mínimo de la fosa séptica será de 3.000 l para una vivienda con una capacidad máxima de seis personas. El volumen se aumentará en 500 l por cada habitante equivalente adicional.

3.2.3. Fosa séptica con filtro percolador

Este equipo realiza un tratamiento primario y un tratamiento secundario. Tras la realización del tratamiento primario, el efluente pasa al filtro percolador. En esta fase el efluente se reparte por encima de un volumen de un material inerte — normalmente, figuras de plástico de alta superficie de contacto o gravas de una granulometría determinada— sobre cuya superficie se forma una película biológica que metaboliza la materia orgánica que transportan las aguas residuales. El flujo de aire que pasa entre el material inerte puede provenir de un tiro natural o forzado.

En el mercado hay distintas combinaciones prefabricadas, como el conjunto decantador-digestor-filtro percolador. En algunos casos se incluye un clarificador.

Esta tipología de equipo no es recomendable en actividades estacionales o de temporada, en las que es apropiada la instalación de una fosa de oxidación total.

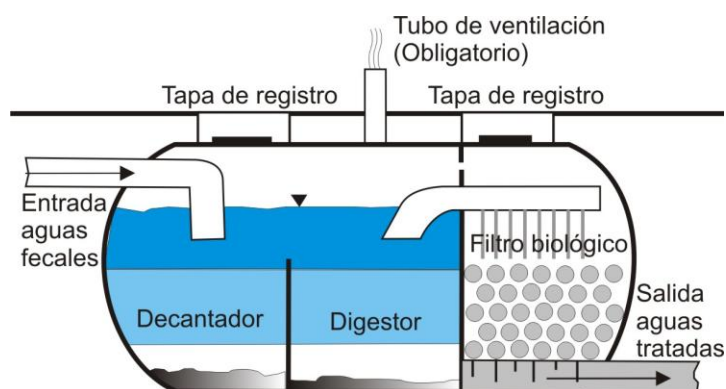


Figura 3. Fosa séptica con filtro percolador.

Para este equipo de depuración compacto no se fijan parámetros geométricos mínimos, dejando a discreción de los fabricantes la elección del diseño de cada equipo, así como de sus características geométricas.

Los rendimientos proporcionados por este tipo de equipos deben cumplir con los rendimientos establecidos por la normativa vigente en función del riesgo de contaminación del acuífero y estar certificados mediante el correspondiente marcado CE.

Dado que para esta tipología de equipo el proceso de depuración es muy simple y los rendimientos proporcionados no son muy elevados, la fosa séptica con filtro percolador sólo se debe instalar en zonas con vulnerabilidad a la contaminación baja o moderada, fuera de perímetro de protección de pozos y fuera de zona con vulnerabilidad a la contaminación por nitratos.

3.2.4. Fosa de oxidación total

Este dispositivo realiza un tratamiento primario y un tratamiento secundario mediante fangos activos. La depuración por fangos activos se realiza en un depósito lleno de agua residual, donde se mezcla el aire (oxígeno) y el fango activo en suspensión.

A partir de este esquema general, se han desarrollado una gran variedad de equipos en función de la existencia de un pretratamiento integrado, del sistema de aireación (difusores-inyectores) o de la existencia de un decantador secundario.

Si se ha suprimido el decantador el sistema puede funcionar de forma secuencial (SBR) o disponer de membranas filtrantes (BRM).

Estos sistemas tienen un rendimiento muy estable cosa que los hace muy adecuados para actividades estacionales.

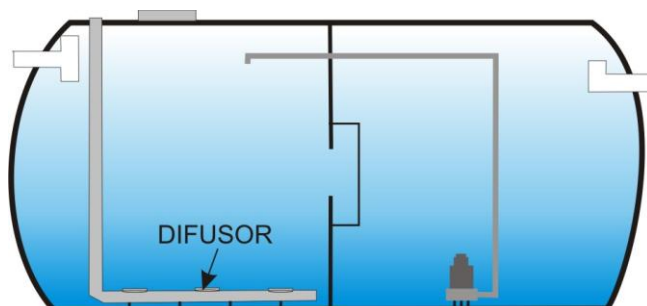


Figura 4. Fosa de oxidación total

Para este equipo de depuración compacto no se fijan parámetros geométricos mínimos, dejando a discreción de los fabricantes la elección del diseño de cada dispositivo, así como de sus características geométricas.

Los rendimientos proporcionados por este tipo de equipos deben cumplir con los rendimientos establecidos por la normativa vigente en función del riesgo de contaminación del acuífero y estar certificados mediante el correspondiente marcado CE.

3.2.5. Recomendaciones para la instalación

Las medidas proporcionadas en este apartado (grosos y armados de solera, anchura de excavación, etc.) se consideran las mínimas aplicables. Será el proyectista el que, mediante el correspondiente proyecto, realizará el dimensionado de las estructuras a ejecutar.

De forma general, el equipo debe instalarse cerca de la edificación, preferentemente a menos de 10 m.

La pendiente del conducto de conexión debe ser de entre el 2 y el 4 %.

Nunca debe instalarse el equipo dentro de un local cerrado.

No habrá árboles de raíces fuertes y profundas al lado de la obra de instalación.

La excavación se debe realizar de manera que el equipo, una vez colocado, quede a unos 50 cm de las paredes de la excavación.

Las paredes de la excavación deberán quedar libres de cantos cortantes.

Cuando el terreno sea de buena resistencia mecánica, el equipo se situará en el fondo de la excavación, sobre un lecho de arena compactada a fin de evitar cualquier daño estructural o problema de estabilidad.

Si el terreno sea de escasa resistencia mecánica, el equipo se colocará sobre una solera de hormigón que reunirá las siguientes características mínimas: hormigón armado de resistencia HA-25; espesor 20 cm; mallazo superior e inferior con diámetro 12 mm y cuadro 30 x 30 cm. La solera de hormigón deberá colocarse sobre una capa de hormigón de limpieza.

Si el terreno presenta una capa freática que puede alcanzar el fondo de la excavación, se construirán unos muros perimetrales que absorberán el empuje lateral del terreno y protegerán el equipo. El equipo no se anclará a dichos muros, para evitar que posibles movimientos provoquen la ruptura de los depósitos.

La excavación se debe rellenar de acuerdo con las instrucciones técnicas proporcionadas por el fabricante.

Las conexiones de entrada y salida serán flexibles (juntas de caucho o de elastómero) para prevenir los asentamientos. Con el ajuste final de las conexiones de todas las tuberías, la instalación debe resultar estanca.

Los equipos generan gases a causa de la fermentación biológica que pueden producir olores desagradables y que, además, son corrosivos. Por este motivo, dichos gases deben evacuarse mediante una ventilación eficaz por encima de las viviendas.

En el caso en que se realice una losa superior, esta deberá disponer de aberturas de acceso cómodas para el control y para la extracción de los fangos.

Además de las mencionadas recomendaciones, se deberán tener en cuenta las instrucciones indicadas por escrito por el fabricante.

3.3. SISTEMAS NATURALES DE DEPURACIÓN

En los sistemas de depuración naturales como los humedales y lagunas artificiales, se reproducen los procesos de eliminación de contaminantes que tienen lugar en los humedales y en las lagunas naturales.

El carácter artificial de este tipo de sistemas de depuración viene definido por las siguientes particularidades:

- Construcción de una superficie de fondo impermeable para evitar infiltraciones de las aguas residuales en el suelo.
- Substitución del sustrato de tierra con un medio filtrante de gravillas y gravas para garantizar la conductividad hidráulica y minimizar el riesgo de colmatación.
- Elección, por parte del proyectista, de la vegetación macrófita que colonizará el humedal y contribuirá a la oxigenación del sustrato, a la eliminación de nutrientes y al desarrollo de la biopelícula.

La vegetación que se emplea en este tipo de humedales es la misma que coloniza los humedales naturales. Se trata de plantas acuáticas emergentes como carrizos, juncos, aneas, espadañas, etc.

Los dos objetivos primarios de este sistema de depuración de aguas residuales son:

1. La digestión de la materia orgánica (medida en demanda biológica de oxígeno (DBO), y sólidos en suspensión totales (SS)) a través de la digestión aeróbica y anaeróbica.
2. La conversión del amonio en gas nitrógeno, a través de los procesos de nitrificación y de desnitrificación.

Dependiendo de la forma de circulación de las aguas residuales se pueden distinguir humedales artificiales de flujo superficial y humedales artificiales de flujo subsuperficial.

Según la dirección en la que circulan las aguas a través del sustrato, los humedales artificiales de flujo subsuperficial pueden ser de flujo subsuperficial vertical y de flujo subsuperficial horizontal.

3.3.1. Humedales artificiales de flujo superficial

El humedal está constituido por una excavación con fondo impermeable, sobre el que se dispone un sustrato y vegetación. La profundidad de la lámina de agua debe ser de unos 0,4 m.

En este tipo de humedales el agua se encuentra expuesta directamente a la atmósfera y circula, preferentemente, a través de los tallos de las plantas.

La alimentación se da de forma continua y la depuración tiene lugar en el tránsito de las aguas a través de los tallos y raíces de la vegetación emergente implantada. Tallos, raíces y hojas caídas sirven de soporte para la fijación de la película bacteriana responsable de los procesos de biodegradación, mientras que las hojas que están por encima de la superficie del agua dan sombra a la masa de agua, limitando el crecimiento de microalgas.

La principal fuente de oxígeno para la nitrificación en los humedales es la aireación atmosférica de la superficie del agua. Aunque el humedal es poco profundo, la mayoría del líquido está en condiciones anaerobias. Como resultado, la nitrificación se llevará a cabo en la parte cercana a la superficie del agua y la desnitrificación en el resto del líquido.

Las fuentes de carbono para la desnitrificación son la capa de restos de vegetación que se encuentra sumergida, otros restos en el bentos y la DBO del agua residual.

Esta tipología de humedal necesita un pretratamiento, un tratamiento primario y un tratamiento secundario aguas arriba (fosa séptica con filtro percolador o similares).

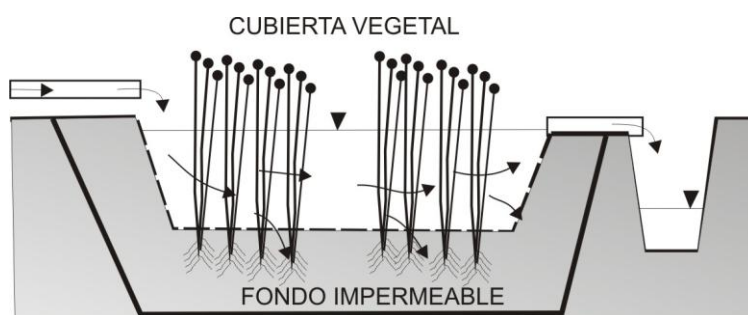


Figura 5. Humedal artificial de flujo superficial.

Dimensionado

La superficie del humedal será de al menos 6 m² por habitante equivalente.

La relación entre longitud y anchura será de aproximadamente 5/1.

La profundidad de la lámina de agua será de aproximadamente 0,4 m.

La pendiente del fondo entre entrada y salida será de de aproximadamente 0,5%.

Los taludes laterales se realizarán a 45°.

El ratio de 6 m² por habitante equivalente se considera el mínimo aplicable, mientras que los demás datos proporcionados se deben de entender como orientativos. Será el proyectista el que, mediante el correspondiente proyecto, realizará el dimensionado de las estructuras a ejecutar.

Recomendaciones para la ejecución

El terreno que corresponde a la cubierta vegetal debe retirarse de forma cuidadosa para que pueda reservarse para ser utilizado como base para la vegetación.

El fondo del humedal debe ser cuidadosamente alisado antes de la colocación del impermeabilizante, sobre todo si el impermeabilizante a utilizar es de alguna fibra sintética, que pueda llegar a perforarse. El fondo debe ser nivelado cuidadosamente de lado a lado del humedal y en la totalidad de la longitud del lecho.

Se debe impermeabilizar el fondo mediante una lamina plástica de PEAD de espesor no inferior a 2 mm, protegida por debajo y por encima de una lamina de geotextil de 150-300 gr/cm². Las tres láminas se anclaran en la coronación del talud mediante grapas metálicas u otro método alternativo

Para evitar la generación de flujos preferenciales no se debe transitar con vehículos pesados por el fondo del humedal una vez impermeabilizado.

La cubierta vegetal que se reservó anteriormente, se colocará sobre la superficie impermeabilizada, de forma que sirve de base para las raíces de la vegetación.

Para el reparto de las aguas a tratar, se instalaran vertederos o tuberías perforadas para distribuir uniformemente el agua a tratar en la zona de entrada al humedal.

En el diseño se tendrán en cuenta medidas para minimizar el escape de flotantes en la zona de salida del efluente.

Las plantas acuáticas emergentes a las que se suele recurrir para la colonización del humedal son: juncos (*Juncus sp*), iris (*Iris sp*), espadaña (*Typha angustifolia*), masiega (*Claudium mariscus*), juncia (*Cyperus sp*), etc., que se plantarán mediante el empleo de rizomas o semillas.

3.3.2. Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal (FSH)

Este tipo de sistemas combina la acción de un sustrato determinado (grava principalmente), con la de plantas acuáticas emergentes.

El sustrato retiene los sólidos en suspensión, a la vez que facilita una gran superficie de fijación para las bacterias que descomponen la materia orgánica; y por su parte, las plantas acuáticas absorben los nutrientes (nitrógeno y fósforo) y aportan oxígeno a través de sus raíces, lo que favorece la descomposición bacteriana.

En los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal (FSH) la alimentación se efectúa de forma continua. El agua residual fluye horizontalmente a unos 0,1 m por debajo de un sustrato filtrante de gravilla-grava de unos 0,6 m de espesor (colocado por encima de un forro impermeable), en el que se fija la vegetación. En este tipo de humedal se producen procesos de desnitrificación.

Los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal se pueden subdividir en dos categorías: con alta carga y con baja carga, dependiendo de si el agua que reciben proviene de un tratamiento primario o de un tratamiento secundario.

Más concretamente: un humedal de alta carga, necesitará de un pretratamiento y de un tratamiento primario aguas arriba (fosa séptica, tanque Imhoff o similares), mientras que un humedal de baja carga, necesitará de un pretratamiento, de un tratamiento primario y de un tratamiento secundario aguas arriba (fosa séptica con filtro percolador o similares).

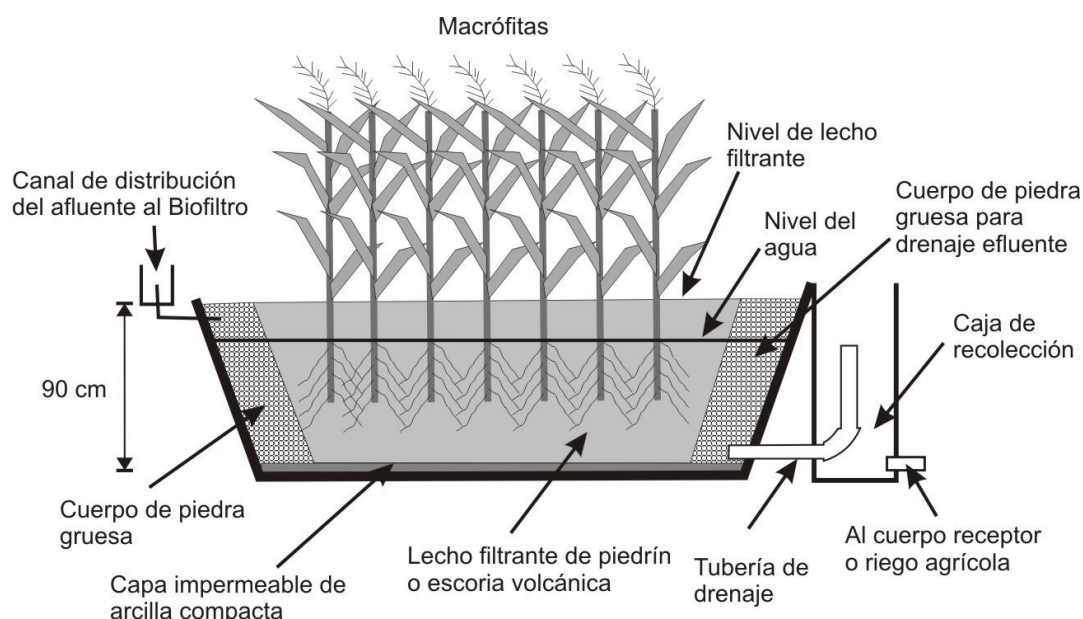


Figura 6. Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal (FSH)

Dimensionado

Los humedales artificiales de alta carga (o sea los que reciben aguas provenientes de un pretratamiento y de un tratamiento primario), deberán tener una superficie de 5 m² por habitante equivalente.

Los humedales artificiales de baja carga (o sea los que reciben aguas provenientes de un pretratamiento y de un tratamiento primario y de un tratamiento secundario), deberán tener una superficie de 2 m² por habitante equivalente.

La relación entre longitud y anchura será de aproximadamente 2,5/1.

El substrato filtrante de gravilla-grava será de aproximadamente 0,6 m de espesor.

La pendiente del fondo entre entrada y salida será de aproximadamente 1%

Los taludes laterales se realizarán a 45°.

El ratio de 5 y el de 2 m² por habitante equivalente se considera el mínimo aplicable, mientras que los demás datos proporcionados se deben de entender como orientativos. Será el proyectista el que, mediante el correspondiente proyecto, realizará el dimensionado de las estructuras a ejecutar.

Recomendaciones para la ejecución

El fondo del humedal debe ser cuidadosamente alisado antes de la colocación del impermeabilizante, sobre todo si el impermeabilizante a utilizar es de alguna fibra sintética, que pueda llegar a perforarse. El fondo debe ser nivelado cuidadosamente de lado a lado del humedal y en la totalidad de la longitud del lecho.

Se impermeabilizará el fondo mediante una lamina plástica de PEAD de espesor no inferior a 2 mm, protegida por debajo y por encima de una lamina de geotextil de 150-300 gr/cm². Las tres láminas se anclaran en la coronación del talud mediante grapas metálicas u otro método alternativo

El substrato filtrante no deberá contener finos, que podrán dar lugar a posibles atascamientos. Por ello, en la realización del substrato filtrante, si se utiliza piedra proveniente de trituración, ésta deberá estar lavada. Concretamente los áridos empleados para la ejecución del estrato filtrante serán áridos con tamaños que oscilan entre 3-6 mm para baja carga y 6-12 mm para alta carga.

Para el reparto uniforme de las aguas a tratar, se instalaran una tubería perforada, embutida en una zona de gravas gruesas (50 mm), dispuesta en la entrada y paralelamente al lado más corto.

La evacuación del efluente se realizará mediante una tubería de drenaje, embutida en el fondo de una zona de bolos gruesos (50 mm), dispuesta en la salida y paralelamente al lado más corto.

La planta acuática emergente a las que se suele recurrir para la colonización del humedal es el carrizo (*Phragmites sp*). Para el establecimiento de una óptima densidad vegetativa se puede recurrir a la multiplicación vegetativa a partir de trozos de 5 cm de rizomas plantados en el sustrato (5 trozos/m²), o en alternativa a partir de trozos de 30 cm de tallo de carrizo plantados inclinados en el sustrato.

3.3.3. Humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical (FSV)

Este tipo de sistemas combina la acción de un sustrato determinado (grava principalmente) con la de plantas acuáticas emergentes. El sustrato retiene los sólidos en suspensión, a la vez que facilita una gran superficie de fijación para las bacterias que descomponen la materia orgánica; y por su parte, las plantas acuáticas absorben los nutrientes (nitrógeno y fósforo) y aportan oxígeno a través de sus raíces, lo que favorece la descomposición bacteriana.

En los humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical (FSV) la alimentación se efectúa de forma intermitente, es decir, tienen fases de llenado, reacción y vertido.

Las aguas circulan verticalmente a través de un sustrato de arena-gravilla, de aproximadamente 1 m de espesor, en el que se fija la vegetación. En el fondo del humedal una red de drenaje permite la recogida del efluente depurado. A esta red de drenaje se conectan un conjunto de chimeneas, que sobresalen de la capa de áridos, al objeto de incrementar la oxigenación de la capa del sustrato filtrante. En este tipo de humedal se producen procesos de nitrificación.

Los humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical se pueden subdividir en dos categorías: con alta carga y con baja carga, dependiendo de si el agua que reciben proviene de un tratamiento primario o de un tratamiento secundario.

Más concretamente: un humedal de alta carga, necesitará de un pretratamiento y de un tratamiento primario aguas arriba (fosa séptica, tanque Imhoff o similares), mientras que un humedal de baja carga, necesitará de un pretratamiento, de un tratamiento primario y de un tratamiento secundario aguas arriba (fosa séptica con filtro percolador, fosa de oxidación total o similares).

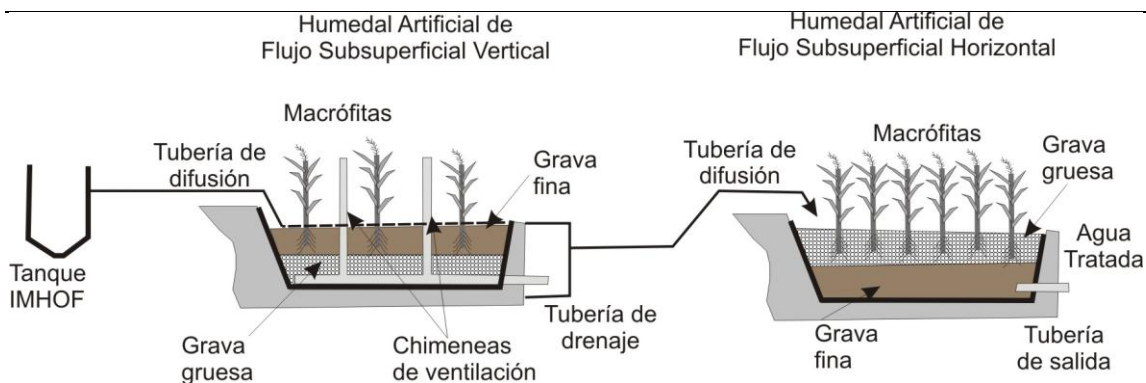


Figura 7. Combinación de humedales artificiales

Dimensionado

Los humedales artificiales de alta carga (o sea los que reciben aguas provenientes de un pretratamiento y de un tratamiento primario), deberán tener una superficie de 5 m² por habitante equivalente.

Los humedales artificiales de baja carga (o sea los que reciben aguas provenientes de un pretratamiento y de un tratamiento primario y de un tratamiento secundario), deberán tener una superficie de 2 m² por habitante equivalente.

La relación entre longitud y anchura será de aproximadamente 2,5/1.

El substrato filtrante de arena-gravilla será de aproximadamente 1 m de espesor.

La pendiente del fondo entre entrada y salida será de aproximadamente el 1%

Los taludes laterales se realizarán a 45°.

El ratio de 5 y el de 2 m² por habitante equivalente se considera el mínimo aplicable, mientras que los demás datos proporcionados se deben de entender como orientativos. Será el proyectista el que, mediante el correspondiente proyecto, realizará el dimensionado de las estructuras a ejecutar.

Recomendaciones para la ejecución

El fondo del humedal debe ser cuidadosamente alisado antes de la colocación del impermeabilizante, sobre todo si el impermeabilizante a utilizar es de alguna fibra sintética, que pueda llegar a perforarse. El fondo debe ser nivelado cuidadosamente de lado a lado del humedal y en la totalidad de la longitud del lecho.

Se impermeabilizará el fondo mediante una lamina plástica de PEAD de espesor no inferior a 2mm, protegida por debajo y por encima de una lamina de geotextil de 150-300 gr/cm². Las tres láminas se anclaran en la coronación del talud mediante grapas metálicas u otro método alternativo

El substrato filtrante no deberá contener finos, que podrán dar lugar a posibles atascamientos. Por ello, en la realización del substrato filtrante, si se utiliza piedra proveniente de trituración, deberá estar lavada. Concretamente el árido empleado para la ejecución del estrato filtrante será arena con un d10 comprendido entre 0,25 y 1,2 mm, y con un d60 comprendido entre 1 y 4 mm. El coeficiente de uniformidad (d60/d10) debe ser inferior a 3,5. Los contenidos en arcilla y finos debe ser inferior a 0,05%.

Para el reparto uniforme de las aguas a tratar, se instalaran canaletas o tuberías perforadas en la totalidad de la superficie del humedal.

La evacuación del efluente se realizará mediante unas tuberías de drenaje, embutidas en el fondo con una capa de grava (30 mm), dispuestas de forma paralela al lado más largo.

Para favorecer la oxigenación se conectarán chimeneas verticales a las tuberías de drenaje, que deben sobresalir por encima del medio filtrante.

La planta acuática emergente a las que se suele recurrir para la colonización del humedal es el carrizo (*Phragmites sp*). Para el establecimiento de una optima densidad vegetativa se puede recurrir a la multiplicación vegetativa a partir de trozos de 5 cm de rizomas plantados en el substrato (5 trozos /m²), o como alternativa a partir de trozos de 30 cm de tallo de carrizo plantados inclinados en el substrato.

3.3.4. Lagunaje artificial

Las lagunas permiten el almacenamiento de las aguas residuales durante un tiempo variable en función de la carga aplicada (cantidad de materia orgánica contenida en el agua residual) y las condiciones climáticas, de forma que la materia orgánica es degradada mediante la actividad de bacterias presentes en el medio. El contenido en oxígeno disuelto en las lagunas está fuertemente relacionado con la profundidad de las mismas, ya que las fuentes de oxígeno están asociadas a fenómenos de superficie como:

- La actividad fotosintética de las algas microscópicas.
- La aireación a través de la interfase aire-agua.

En función del contenido en oxígeno disuelto que presenten las aguas y por tanto, del tipo de mecanismos responsables de la depuración, las lagunas suelen clasificarse en:

- Anaerobias: Los procesos de descomposición son mayoritariamente anaeróbicos (en ausencia de oxígeno).
- Facultativas: Los procesos aeróbicos y anaeróbicos coexisten

- **Aerobias:** Los procesos de descomposición son mayoritariamente aeróbicos (con presencia de oxígeno).

En el presente apartado se hablará en general de laguna en referencia a laguna aerobia.

La tipología de laguna propuesta es un lagunaje con bajas cargas orgánicas, con un espesor de lámina de agua variable: de unos 0,3 m en la zona de entrada, hasta 1,5 m en la zona de salida.

En esta laguna al darse las condiciones propicias para la penetración de la radiación solar, (aguas relativamente claras y pocos profundas), adecuadas por lo tanto para el desarrollo de las microalgas, predominan las condiciones de presencia de oxígeno y, en consecuencia, en ellas predominan los microorganismos heterótrofos aerobios.

El medio aerobio es adecuado para el desarrollo de organismos nitrificantes que realizan la conversión del ión amonio a nitrato.

Parte de los nitratos transformados son asimilados por las algas, que lo transforman en nitrógeno orgánico.

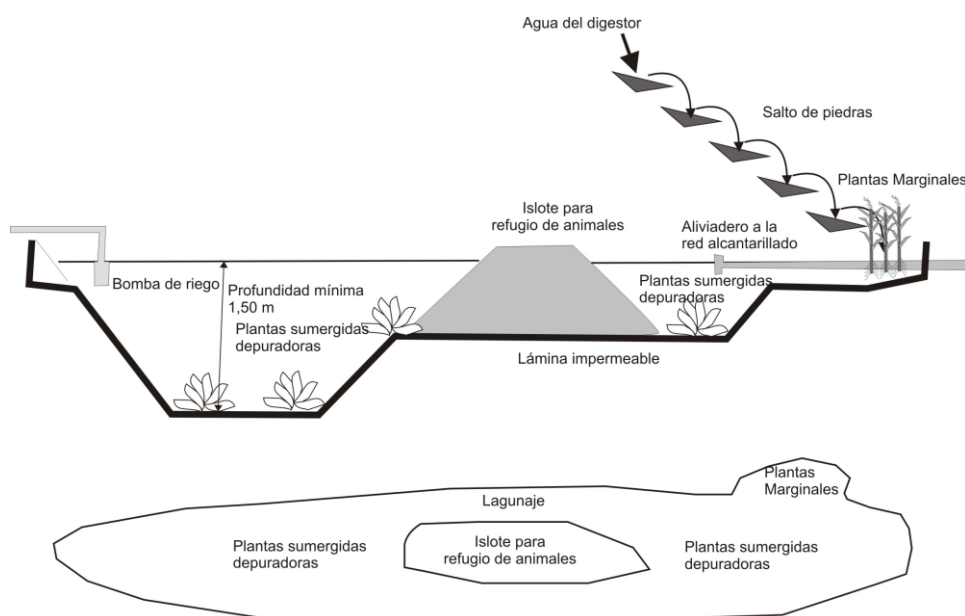


Figura 8. Ejemplo de sistema de lagunaje. Los elementos ornamentales como el salto de piedras y el islote son optativos.

Durante la noche disminuye la concentración de oxígeno disuelto y tienen lugar procesos de desnitrificación, que conducen a la pérdida neta de nitrógeno hacia la atmósfera.

Esta tipología de lagunaje necesita de un pretratamiento, de un tratamiento primario y de un tratamiento secundario aguas arriba (fosa séptica con filtro percolador o similares).

Dimensionado

El volumen total del agua debe ser de 4 metros cúbicos por persona; el tiempo del tratamiento será, como mínimo de 28 días.

Se prevén tres zonas:

- zona de entrada con superficie de al menos 1m² por habitante equivalente;
- zona intermedia con superficie de al menos 1m² por habitante equivalente;
- zona de salida con superficie restante necesaria.

La relación entre longitud y anchura será de aproximadamente 3/1.

La profundidad de la lámina de agua será de aproximadamente 0,25 m en la zona de entrada; 1 m en la zona intermedia y 1,5 m en la zona de salida.

La pendiente del fondo entre entrada y salida será del 0,5%.

Los taludes laterales se realizarán a 45°.

Recomendaciones para la ejecución

El terreno que corresponde a la cubierta vegetal debe retirarse de forma cuidadosa para que pueda reservarse para ser utilizado como base para la vegetación.

El fondo del humedal debe ser cuidadosamente alisado antes de la colocación del impermeabilizante, sobre todo si el impermeabilizante a utilizar es de alguna fibra sintética, que pueda llegar a perforarse. El fondo debe ser nivelado cuidadosamente de lado a lado del humedal y en la totalidad de la longitud del lecho.

Se impermeabilizará el fondo mediante una lamina plástica de PEAD de espesor no inferior a 2mm, protegida por debajo y por encima de una lamina de geotextil de 150-300 g/cm². Las tres láminas se anclaran en la coronación del talud mediante grapas metálicas u otro método alternativo

Para evitar la generación de flujos preferenciales no se debe transitar con vehículos pesados por el fondo del humedal una vez impermeabilizado.

La cubierta vegetal que se reservó anteriormente, se colocará sobre la superficie impermeabilizada, de forma que sirve de base para las raíces de la vegetación.

Para el reparto de las aguas a tratar, se instalaran vertederos o tuberías perforadas en la zona de entrada al humedal.

En el diseño se tendrán en cuenta medidas para minimizar el escape de flotantes en la zona de salida del efluente.

En la zona de entrada se plantaran plantas marginales como: cálamo aromático (*Acorus calamus*), juncos (*Juncus sp.*), espadaña (*Typha angustifolia*), junco enano (*Scirpus holoschoenus*), junco lacustre (*Scirpus lacustris*), salicaria (*Lythrum salicaria*), ranúnculo de agua (*Ranunculus aquatilis*), cárex (*Carex sp.*)...

En la zona intermedia y de salida se plantaran plantas sumergidas como: lenteja de agua (*Lemna minuta*, *L. Minuta*, *L. Gibba*), filigrana mayor (*Myriophyllum spicatum*), nenúfares (*Nymphaea sp.*), ranúnculo de agua (*Ranunculus aquatilis*), sagitaria (*Sagittaria sagittifolia*).

3.4. SISTEMAS DE DESINFECCIÓN

Entre los sistemas de desinfección, que realizan un tratamiento terciario del efluente, los más conocidos son los sistemas de cloración. La cloración es el procedimiento de desinfección de aguas mediante el empleo de cloro o compuestos clorados.

Se puede emplear gas cloro, pero normalmente se emplea hipoclorito de sodio (lejía) por su mayor facilidad de almacenamiento y dosificación. En algunos casos se emplean otros compuestos clorados, como dióxido de cloro, hipoclorito de calcio o ácido cloroisocianúrico.

La cloración genera alteraciones físicas, químicas y bioquímicas en la pared de toda bacteria, de esta forma se destruye su barrera protectora dejándola indefensa, disminuyendo sus funciones vitales hasta llevarla a la muerte; como conclusión, el cloro no permite que la bacteria crezca, se reproduzca o cause ninguna enfermedad.

Existen en el mercado diversos equipos de cloración. Sin embargo los más adecuados para instalaciones de depuración autónomas son los que suministran cloro en proporción al caudal del efluente evacuado.

De acuerdo con la normativa vigente, la cloración es obligatoria en el caso de evacuación del efluente dentro de perímetro de protección de restricción máxima de pozos. En estos casos por lo tanto será necesario instalar un equipo de cloración antes del sistema de evacuación.

4. SISTEMAS DE EVACUACIÓN

Son sistemas que se construyen aguas abajo del sistema de depuración compacto (o en su caso del sistema de depuración natural), y permiten la evacuación de las aguas residuales.

Los sistemas de evacuación permitidos, son los que se realizan mediante la aplicación del efluente al terreno. Los sistemas más comunes son: las zanjas de infiltración y la infiltración por zonas verdes.

Las zanjas de infiltración efectúan una ulterior depuración biológica del efluente, mientras que la infiltración por zona verde además de dicha depuración, disminuye la concentración de nitrógeno del efluente, mediante la absorción de las plantas.

Como norma general no se permite la instalación de zanjas de infiltración a excepción de aquellos casos en que no sea posible la infiltración por zonas verdes, ya que éstos últimos proporcionan mejores rendimientos de depuración.

4.1. INFILTRACIÓN POR ZONA VERDE

Los sistemas de infiltración por zonas verdes están constituidos por una superficie de terreno sembrada con plantas superiores, y por un sistema de riego en superficie, o bien subsuperficial.

Las plantas superiores son organismos autótrofos que pueden sintetizar sus propios componentes moleculares orgánicos a partir de nutrientes inorgánicos obtenidos del medio ambiente. Esta incorporación de nutrientes minerales en sustancias orgánicas tales como pigmentos, enzimas, cofactores, lípidos, ácidos nucleicos o aminoácidos se denomina asimilación de nutrientes.

La asimilación del nitrógeno requiere una serie compleja de reacciones bioquímicas con un alto costo energético. En la asimilación del nitrato (NO_3^-), el nitrógeno es convertido en una forma de energía superior, nitrito (NO_2^-), luego en una mayor forma de energía, amonio, (NH_4^+) y finalmente en nitrógeno amídico.

Por lo tanto el sistema de infiltración por zona verde reduce la infiltración en el subsuelo de los nitratos contenidos en el efluente depurado, actuando como filtro para los acuíferos frente a la contaminación por nitratos.

Las altas concentraciones de nitratos existentes en las aguas tratadas por algunas tipologías de sistemas de saneamiento, hacen necesario la evacuación del efluente mediante la infiltración por zonas verdes, sobre todo en aquellas zonas con un riesgo alto de contaminación de acuíferos.

Dimensionado

La superficie de riego será la que minimice la infiltración al terreno. En la normativa se recoge la superficie que se ha de destinar al sistema de infiltración por zona verde por habitante-equivalente.

Recomendaciones para la ejecución

El sistema de vertido debe disponer de:

- Un depósito de almacenamiento para las aguas depuradas.
- Un sistema de cloración (obligatorio solo en determinados casos)
- Un equipo de bombeo.
- Una red de riego (goteo, trasudación o similares).
- Una zona verde que debe estar plantada con árboles, arbustos, setos, plantas ornamentales, plantas tapizantes, etc., es decir con especies que puedan ser regadas con sistema de goteo o por trasudación.

El riego por aspersión, con agua que proceda del sistema de depuración queda prohibido. Las eventual existencia de superficies sembradas con césped, grama o similares, que necesitan de un riego por aspersión, deberán regarse con agua que no proceda del sistema de depuración.

La zona verde debe estar a al menos 50 m de pozos de abastecimiento urbano.

4.2. ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Son sistemas de evacuación constituidos por una tubería perforada colocada dentro de una zanja drenante.

Las aguas depuradas, provenientes de los sistemas de depuración compacto o en su caso de los sistemas de depuración naturales, desde el depósito de acumulación se envían por gravedad, o mediante equipo de bombeo, hacia cada una de las zanjas de infiltración proyectadas, previo paso por una caja de distribución de flujos que asegure la distribución igualitaria del efluente.

Los sólidos en suspensión del efluente quedan retenidos en la superficie del terreno. La formación de una película biológica en la interfase se produce conforme las bacterias y demás microorganismos empiezan a crecer y crear colonias sobre la materia particulada. El grosor de la película biológica crece a medida que los microorganismos metabolizan la materia orgánica existente en el efluente. La película biológica que normalmente se observa en los sistemas de infiltración al terreno resulta ser muy efectiva en la eliminación de virus y patógenos.

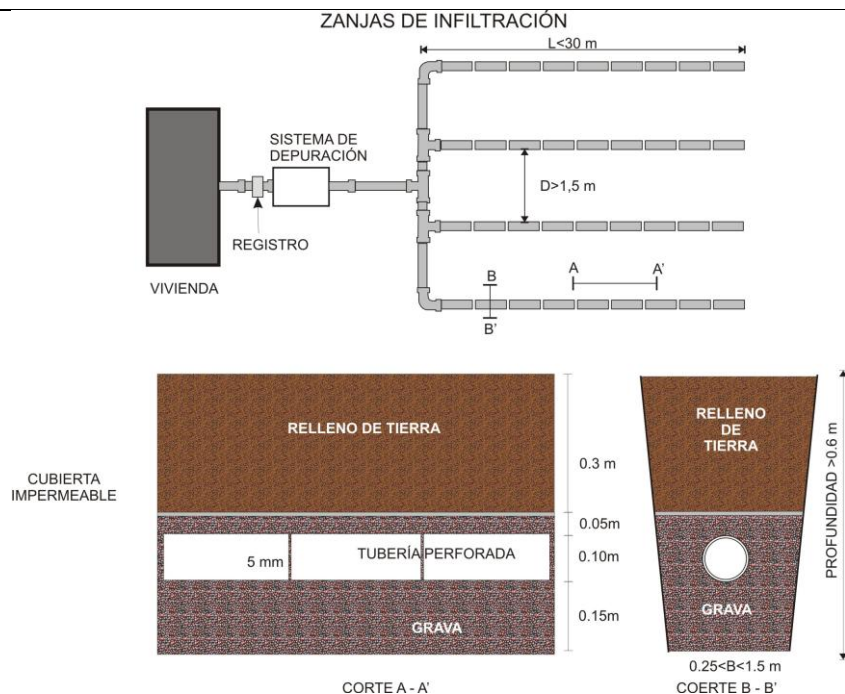


Figura 9. Zanja de infiltración

Dimensionado

El área de absorción (A), o sea los metros cuadrados de suelo necesarios para infiltrar el efluente, se calcula con la siguiente relación:

$$A = Q \times P/R$$

Donde:

Q es la aportación en litros/habitante/día (1 habitante equivalente = 130 litros/día)

P es el número de habitantes equivalentes

R es la tasa de infiltración en litros/m²/día

Calculada el área de absorción (A), para determinar la longitud de la zanja de infiltración (L) se aplicará la siguiente relación:

$$L = A/B$$

Donde:

B es el ancho de la zanja.

Para la determinación de la tasa de infiltración (R) será necesario efectuar una prueba de infiltración. A continuación se expone el procedimiento que hay que seguir:

Se efectuarán al menos dos pruebas de infiltración para dispositivos de tratamiento hasta 12 habitantes equivalentes. Se añadirá una prueba de más por cada 10 habitantes equivalentes adicionales.

Para la realización de cada prueba de infiltración se excavará, hasta la profundidad de la zanja de absorción propuesta, un pozo con lados de 0,30 m o con un diámetro de 0,30 m.

Las paredes del pozo deben ser raspadas (procurando eliminar el material suelto) con el propósito de lograr una interfase natural del suelo, y se agregará una capa de arena gruesa o grava fina de 0,05 m de espesor para proteger el fondo.

Inundar el pozo con un tirante de 0,30 m que se deberá mantener al menos durante un periodo de 4 horas.

A las 24 horas de haberse llenado el pozo, añadir agua hasta lograr un tirante de 0,15 m por encima de la capa de grava. Medir el descenso del nivel de agua en el intervalo que va del minuto 25' al minuto 30'.

El descenso (h), que ocurre durante ese intervalo, se usa para calcular la tasa de infiltración (R).

$$R = 315,5 \times (h/300)^{1/2}$$

Donde:

R es la tasa de infiltración en litros/m²/día

h es el descenso del nivel del agua producido en el intervalo que va del minuto 25' al minuto 30' (mm).

Para una tasa de infiltración inferior a 37 litros/m²/día no se recomienda el uso de zanjas de infiltración.

Recomendaciones para la ejecución

Las zanjas no se deben excavar cuando el suelo tiene altas concentraciones de humedad.

La distancia mínima de cualquier punto de la zanja de infiltración a viviendas, tuberías de aguas y pozos de abastecimiento será respectivamente de 5, 15 y 50 m.

La distancia mínima entre la zanja y cualquier árbol debe ser de 3 m.

La longitud de una zanja de infiltración no debe superar los 30 m.

Cuando se dispongan de dos o más zanjas de infiltración en paralelo, la alimentación se realizará mediante un dispositivo que asegure la distribución

igualitaria de los efluentes dentro de la red de tuberías (por ej. caja de distribución de flujos con pantalla de atenuación).

El reparto subterráneo debe llevarse a cabo mediante zanjas de infiltración cuyas tuberías de distribución deberán estar colocadas lo más horizontal posible (la pendiente promedio recomendable es de 0,25%, no debiendo exceder al 0,50%).

La profundidad de las zanjas se determinará de acuerdo con la elevación del nivel freático y la tasa de infiltración.

La distancia de eje a eje de las zanjas debe ser, al menos, de 1,50 m.

El ancho de las zanjas se determinará de acuerdo con la tasa de infiltración. La dimensión recomendable es de un mínimo de 0,50 m hasta un máximo de 1,50 m., con un mínimo de 0,25 m para terreno de alta permeabilidad.

Se situarán arquetas de control para poder observar y comprobar los flujos de agua en las tuberías.

Una vez excavada la sección de la zanja se debe efectuar un raspado a las paredes y fondo se retirará el material sobrante y se rellenará la zanja con una capa de 0,15 m de espesor mínimo de grava (granulometría variable comprendida entre 20 y 50 mm), hasta obtener el nivel sobre el cual deben localizarse las tuberías de distribución.

Las tuberías de distribución deben tener un diámetro igual o superior a 100 mm y deben estar constituidas por elementos rígidos en materiales resistentes provistos de perforaciones de un mínimo de 5 mm de diámetro.

Se recubrirá la tubería con una nueva capa de grava de manera que quede cubierta y deje una capa de 50 mm de espesor mínimo por encima del borde superior de la tubería.

El terraplén de las zanjas debe realizarse después de la interposición, por encima del grueso de gravas, de un forro geotextil que separará la grava filtrante del mantillo aplicado para rellenar toda la excavación.

Las zanjas de infiltración poseen una vida útil de aproximadamente 10 años. Cabe matizar que la vida útil de las zanjas de infiltración dependerá de la granulometría del suelo, de la capacidad de infiltración, de la altura y variaciones del nivel freático, y del correcto funcionamiento y limpieza de la fosa séptica, que evitará el paso de sólidos a las zanjas de infiltración. Debido a esta cantidad de variables, la duración estimada (aproximadamente 10 años) puede sufrir fuertes variaciones y por esta razón es conveniente disponer de un sitio de reemplazo en caso de fallo o término de la vida útil del sitio original.

5. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DEPURACIÓN AUTÓNOMO

De acuerdo con la normativa vigente, el sistema de depuración autónomo, deberá ser sometido a mantenimiento periódico.

5.1. SISTEMA DE DEPURACIÓN

Los equipos de depuración compactos deberán estar provistos del correspondiente Manual de Instrucciones, en el que se reflejan las tareas necesarias para el correcto funcionamiento del equipo, como:

- Periodicidad (estimada) de extracción de fangos.
- Periodicidad (estimada) de sustitución de elementos que sufren deterioración.
- Limpieza periódica de elementos.
- Listado exhaustivo de incidencias y relación de elementos afectados.
- Instrucciones para la sustitución de elementos deteriorados y averiados.
- Cuanta otra información se considere necesaria para la realización de las tareas de mantenimiento.

Los profesionales encargados del mantenimiento deberán atenerse a las indicaciones proporcionadas por el Manual de Instrucciones del equipo a instalar. No deberán utilizarse manuales de otros equipos, ni realizarse tareas diferentes a las indicadas en el correspondiente manual.

5.2. SISTEMA DE EVACUACIÓN

Además del mantenimiento del sistema de depuración, se deberán realizar las correspondientes tareas de mantenimiento del sistema de vertido.

Serán objeto de inspección:

- El depósito de almacenamiento de agua depurada
- El equipo de bombeo
- Los filtros
- El equipo de cloración
- Todo los demás equipos auxiliares.

- En el caso de zanjas de infiltración se inspeccionaran las correspondientes arquetas de inspección y se vigilará sobre la correcta distribución igualitaria de los efluentes dentro de la red de tuberías.
- En el caso de infiltración por zona verde se inspeccionará la red de riego y se vigilará el buen estado de las especies vegetales.

5.3. NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD

Los trabajadores encargados de las tareas de mantenimiento deberán llevar equipos de protección individual, debidamente homologados. Concretamente se trata de:

- Gafas antiproyecciones, para protección frente a proyección de partículas o líquidos, aerosoles, gases irritantes, etc., que puedan producirse durante las operaciones.
- Guantes de protección frente a productos químicos y microorganismo patógenos. Deben ser estancos al aire y al agua y resistentes a la degradación por los productos químicos. (ver norma UNE-EN 374).
- Equipos de protección respiratoria filtrantes que protejan contra los aerosoles sólidos o líquidos o contra gases irritantes y/o tóxicos. Si el nivel de oxígeno está por debajo del 20,5% deberá proveerse al trabajador de equipos aislantes con suministro de aire. (Norma UNE-EN 132 a 149).
- Calzado de protección que proteja frente a golpes por caída de herramientas en manipulación, y de la humedad, y con suela antideslizante para evitar caídas por resbalones.
- Ropa de trabajo antihumedad y que proteja frente a riesgos para la salud producidos por agentes patógenos. (Norma UNE-EN 340).

Al salir de la zona de trabajo, el trabajador deberá quitarse las ropas de trabajo y los equipos de protección personal que puedan estar contaminados, y deberá guardarlos en los lugares que no contengan otras prendas, quedando prohibido llevarlos a su domicilio.

Las ropas de trabajo y los equipos de protección personal se deberán lavar y descontaminar.

Se deberá disponer de productos para la limpieza ocular y antisépticos para la piel. El personal deberá lavarse siempre que haya habido contacto con aguas residuales.

Se deberá llevar a cabo una vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a riesgos biológicos, siguiendo unos protocolos específicos. (Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales y Real Decreto 664/1997, de 12 de

mayo, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo).

TABLA 1. CÁLCULO DEL NÚMERO DE HABITANTES EQUIVALENTES

Tipo de uso* / actividad*	Número de habitantes equivalentes (h-e)
Viviendas	1 persona = 1 h-e
Casas de colonias	1 plaza = 1 h-e
Casas rurales	1 plaza = 1 h-e
Casas para seminarios, cursos, etc.	1 alumno = 1 h-e
Hoteles	1 cama = 1,1 h-e
Campings	1 plaza = 1 h-e
Restaurantes	1 comensal = 1/4 h-e
Salas de fiesta y similares	1 lugar = 1/4 h-e
Espacios de ocio o deportivos de más de 4 h de actuación	1 lugar = 1/3 h-e
Espacios de ocio o deportivos de menos de 4 h de actuación	1 lugar = 1/4 h-e
Trabajadores residentes de las actividades anteriores	1 trabajador = 1 h-e
Trabajadores no residentes de las actividades anteriores	1 trabajador = 1/4 h-e

* El cálculo de diseño del sistema de saneamiento debe considerar la ocupación máxima permitida.