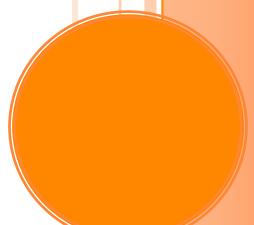


AGUA Y DESARROLLO HUMANO

MÓDULO 3: TPDH EN
PROYECTOS DE COOPERACIÓN
DE AGUA

TEMA 4: TECNOLOGÍAS PARA EL SANEAMIENTO



ÍNDICE

Tema 4: Tecnologías para el saneamiento.....	2
4.1 INTRODUCCIÓN.....	2
4.2 TIPOS DE INFRAESTRUCTURAS.....	3
4.2.1 Letrinas	3
4.2.2 Fosas sépticas.....	4
4.2.3 Tratamiento de aguas residuales Sistemas colectivos	5
4.2.4 Redes de saneamiento.....	7
4.3 SENSIBILIZACIÓN PARA SANEAMIENTO E HIGIENE	7
4.3.1 Saneamiento total liderado por la comunidad	7
4.4. NOCIONES DE INGENIERÍA AMBIENTAL.....	8
4.4.1 Procesos físicos	9
4.4.2 Procesos químicos.....	10
4.4.3 Procesos biológicos.....	11
4.5 BIBLIOGRAFÍA	12

TEMA 4: TECNOLOGÍAS PARA EL SANEAMIENTO

4.1 INTRODUCCIÓN

En este tema son descritas diferentes infraestructuras de saneamiento adaptadas a su uso rural o periurbano con bajo nivel de servicio. En todo caso, es importante tener en cuenta que los proyectos de saneamiento normalmente la mayor dificultad que enfrentan es la apropiación por parte de la población, ligado una mejora en las prácticas higiénicas para evitar problemas de salud.

Para la definición de un sistema de saneamiento mejorado se definida la escalera del saneamiento (JMP, 2008), donde el principal criterio es garantizar la separación de los excrementos con la persona:

- Defecación al aire libre: Defecación en el campo, en el bosque, en un cuerpo de agua o cualquier otro espacio abierto, así como deposición de las heces con el resto de residuos sólidos. Por lo tanto, consiste en la ausencia de cualquier tipo de infraestructura de saneamiento.
- Saneamiento no mejorado: Saneamiento que no garantiza la separación higiénica del contacto de las personas con sus excrementos. Se consideran infraestructuras no mejoradas las letrinas de fosa abierta, el servicio o letrina de cubeta (donde los excrementos se sacan manualmente).
- Saneamiento compartido: Instalación de saneamiento mejorada pero cuyo uso es compartido por más de una familia. Un ejemplo de saneamiento compartido son los baños públicos.
- Saneamiento mejorado: Instalación que impide de manera higiénica el contacto entre las personas con sus heces. Entre las instalaciones mejoradas hay que incluir la conexión a un alcantarillado público, la conexión a un tanque séptico, la letrina de sifón, la letrina de fosa simple, la letrina de fosa mejorada con ventilación y la letrina ecológica o abonera.

Estos peldaños constituyen lo que se denomina **escalera del saneamiento** en la que la evaluación de la cobertura en cada una de las categorías permite analizar la progresión gradual a lo largo del tiempo no sólo del tipo de tecnología sino también del tipo de uso de la infraestructura. De hecho, cada uno de los peldaños se puede descomponer en sub-categorías, en las que, cada una, representa un avance hacia una tecnología más adecuada. El objetivo es que cada ciudadano tienda a escalar peldaños de la escalera, mejorando así la calidad del acceso al saneamiento, es decir del nivel de servicio asociado (Pascual, 2012).

4.2 TIPOS DE INFRAESTRUCTURAS

En los proyectos de cooperación la infraestructura más utilizada es la letrina por su bajo coste en relación al resto. En este apartado se describen las particularidades de las letrinas y algunos de las tipologías más frecuentes, posteriormente se realiza un resumen de otro tipo de infraestructuras.

4.2.1 Letrinas

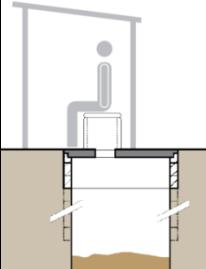
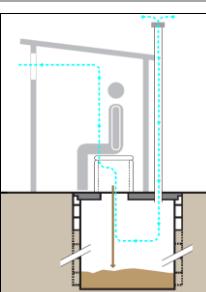
Lo que caracteriza a toda letrina es que es un agujero en el suelo donde se depositan:

- las excreciones fecales y/o urinarias humanas,
- el material de limpieza anal,

Los líquidos en ella recogidos se infiltran en el terreno que la rodea y la materia orgánica se descompone generando:

- Gases como el dióxido de carbono o el metano, que son liberados a la atmósfera o dispersado en el suelo circundante.
- Líquidos, que se infiltran en el terreno.
- Residuos sólidos en proceso de mineralización y consolidados.

En general, las letrinas se diseñan para que tengan una vida útil de 15-20 años como mínimo, aunque todo dependerá de su tipología, tamaño y de las condiciones del terreno.

NOMBRE	OBJETIVO	OBSERVACIONES	ESQUEMA
Letrina de fosa simple	Almacenamiento de los excrementos humanos higiénicamente separados.	Una vez el hoyo está lleno o bien se procede a su vaciado o bien se cierra y se construye una nueva letrina.	<p>Ventajas: Económica, culturalmente aceptada, de fácil mantenimiento y sencilla construcción.</p> <p>Desventajas: Entrada y salida de insectos, precisa de vaciado, precisa tapa.</p> 
Letrina ventilada mejorada	Almacenamiento de los excrementos humanos higiénicamente separados con reducción de olores e insectos (gracias al flujo de aire).	Requiere: <ul style="list-style-type: none"> - entradas de aire a la superestructura; - agujero de la fosa sin tapa; - chimenea de salida de la fosa; - salida de la chimenea con rejilla; - cabina de letrina oscura. 	<p>Ventajas: Evita la salida de insectos, reduce olores, no precisa tapa.</p> <p>Desventajas: Precisa de vaciado, coste del tubo de ventilación, para funcionar debe estar bien orientada y ventilada.</p> 

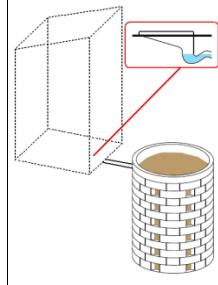
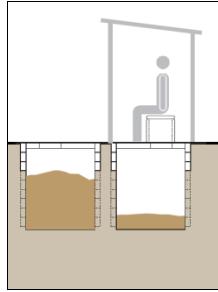
Letrina de cierre hidráulico	<p>Almacenamiento de los excrementos humanos higiénicamente separados con reducción de olores e insectos (gracias al sellado con agua).</p>	<p>Adecuado en contextos donde la limpieza anal se hace con agua</p> <p>Requiere:</p> <ul style="list-style-type: none"> - losa con sifón; y - entre 1 y 4 litros de agua para cada evacuación de heces. 	<p>Ventajas: Cierre hidráulico más confiable, menos olores, menos insectos, más " limpia".</p> <p>Desventajas: precisa de porte fiable de agua, mayor dificultad constructiva, mayor coste, materiales no locales.</p>	
Letrina ecosan	<p>Almacenamiento de los excrementos humanos higiénicamente separados y descomposición de estos para su reaprovechamiento.</p>	<p>Una de las variantes requiere dos fosas: mientras se usa una, la otra está cerrada; cuando la primera está llena se cierra y se pasa a usar la segunda. A los 3 años se puede abrir la primera donde se ha creado el <i>compost</i>.</p> <p>La fosa debe ser seca: impermeable y sin entrada de orina.</p>	<p>Ventajas: Sostenibilidad temporal (vaciado tras descomposición), aprovechamiento compost.</p> <p>Desventajas: Mayor coste, mayor capacitación (separar orina), no aceptación cultural (a veces).</p>	

Gráfico 1: Características de tipologías de letrinas. Fuente: Pascual, 2012.

4.2.2 Fosas sépticas

Una fosa séptica es un compartimento subterráneo al que llegan las aguas residuales domésticas o comunitarias a través de una conducción. Éstas son tratadas parcialmente por la decantación de los sólidos que se depositan en el fondo en forma de lodos. El efluente de la fosa se infiltra en el terreno a través de drenajes o fosos de infiltración.

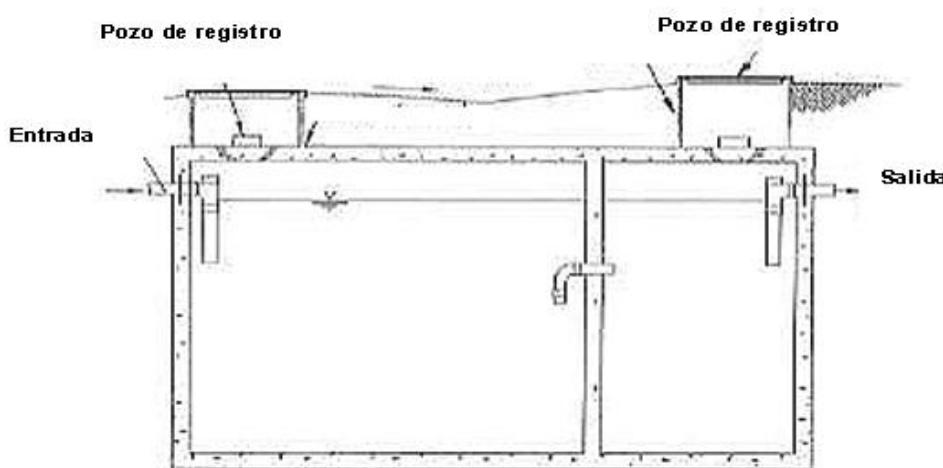


Gráfico 2. Esquema general de una fosa séptica. Fuente: Metcalf & Eddy, 1995

Este sistema es útil en aquellos lugares donde el terreno es permeable y no tiene tendencia a inundarse o saturarse. En muchos casos se obtienen rendimientos de eliminación de la materia en suspensión de hasta el 80%.

Para el cálculo de una fosa séptica es necesario conocer:

- Número de habitantes y viviendas.
- Caudal promedio punta.
- Factor punta.
- Consumo agua habitante/día.

La capacidad volumétrica de la fosa debe ser aproximadamente igual a 5 veces el caudal promedio.

Infiltración en el terreno y reutilización

En la siguiente tabla se dan una serie de valores experimentales sobre cuál debe considerarse que es la capacidad de infiltración de un determinado terreno. Estos datos son especialmente útiles si no se tiene experiencia sobre la infiltración del terreno en el que estamos trabajando. Existen varias soluciones como las combinaciones de pozos filtrantes y fosas sépticas.

Tipo de suelo	Capacidad de infiltración, agua residual en reposo (l/m ² •día)
Arena gruesa o media	50
Arena fina, arena margosa	33
Marga arenosa, marga	25
Arcilla limosa porosa y Marga arcillosa limosa porosa	20
Marga limosa compactada, marga arcillosa limosa compactada y arcillas no expansivas	10
Arcillas expansivas	<10

Gráfico 3. Capacidad filtrante del terreno. Fuente: Metcalf & Eddy, 1995

4.2.3 Tratamiento de aguas residuales Sistemas colectivos

Uno de los principales motivos por el que las condiciones de salubridad en las zonas con una densidad elevada de población suelen ser bastante malas, es la inadecuada situación de la evacuación y tratamiento de las aguas residuales. Los sistemas colectivos de saneamiento son aquellos sistemas que evacuan y tratan las aguas grises generadas en el ámbito de la comunidad.

Un sistema de tratamiento de aguas residuales está compuesto básicamente por dos subsistemas: **evacuación** y **tratamiento**. A nivel colectivo, los sistemas de **evacuación** de aguas grises disponibles son:

- Cunetas.
- Alcantarillado.

Concepto	Alcantarillado	Cunetas
		
Configuración	Subterránea	Superficial
Prevención	Mejor	Peor
Presupuesto	Alto	Reducido

Gráfico 4. Comparación entre alcantarillado y cunetas.

En cuanto al **tratamiento**, existen diversas posibilidades, cada una de ellas con un nivel de servicio y unos requerimientos técnicos y presupuestarios distinto, como los sistemas de lagunaje y las depuradoras. Debido a la inversión necesaria para afrontar un sistema colectivo completo de tratamiento de aguas, este tipo de sistemas se suelen afrontar como un proyecto en sí mismos, y no como un complemento de un sistema de abastecimiento. Los proyectos colectivos de saneamiento tienen varias **ventajas**:

- La salubridad de la zona mejora sustancialmente en un tiempo breve.
- Ayudan a conformar el tejido urbano en la zona de actuación.

Aunque también cuenta con varias **desventajas** respecto a una actuación con sistemas autónomos de tratamiento:

- Alta inversión inicial.
- Apropiación del proyecto no asegurada por parte de los beneficiarios.

Con el fin de que el proyecto sea sostenible, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

Económico: los costes de operación y mantenimiento deben ser garantizados localmente, con las cuotas recogidas entre los beneficiarios o con una administración.

Técnico: utilizar tecnología de bajo coste y mantenimiento sencillo.

Medioambiental: vigilar posibles contaminaciones por filtración en acuíferos cercanos.

Institucional: las autoridades locales deben estar implicadas en el proyecto.

Operacional: debe existir un comité de agua que gestione el sistema, fije las cuotas, etc.

Integración con otros proyectos: recogida de residuos sólidos, capacitaciones en materia de salud.

4.2.4 Redes de saneamiento

La función de una red de saneamiento es **evacuar** las aguas residuales con el objetivo de evitar los problemas de enfermedades y olores que se derivarían en caso contrario. Muy a menudo estas redes también recogen las aguas pluviales. Una vez las aguas han sido recogidas por la red de saneamiento, deberían ser **llevadas a un sistema de tratamiento**.

Las soluciones adaptadas son altamente sostenibles desde el punto de vista técnico, pues su operación es sencilla y el nivel de servicio bastante alto. Desde el punto de vista económico, su sostenibilidad dependerá absolutamente de la capacidad y voluntad de los beneficiarios para cubrir los gastos mediante una cuota.

4.3 SENSIBILIZACIÓN PARA SANEAMIENTO E HIGIENE

La parte más importante y complicada para el éxito de un proyecto de saneamiento es la aceptación y apropiación por parte de la comunidad de las nuevas infraestructuras. Normalmente el uso de estas infraestructuras, especialmente en zonas rurales donde la defecación al aire libre es más usual, significa una modificación de hábitos adquiridos desde siempre.

Igualmente, unas prácticas higiénicas seguras en relación al uso del agua, y a su evacuación cuando está sucia, necesitan una fuerte componente de formación. Puede ser difícil entender el peligro de un almacenamiento y transporte inadecuado del agua, debido a que los agentes patógenos no son visibles.

En las últimas décadas se han desarrollado técnicas de sensibilización utilizadas en los proyectos de agua y saneamiento para mejorar las prácticas higiénicas de los beneficiarios. Son citadas aquí algunas de ellas, existiendo muchas otras. Es aconsejable siempre realizar una evaluación a medio plazo para verificar si los hábitos son más seguros después del proyecto.

4.3.1 Saneamiento total liderado por la comunidad

Esta técnica de sensibilización utiliza el marketing social para conseguir el cambio de comportamiento. El objetivo de dicha estrategia es acabar con la defecación al aire libre en las comunidades. Esta metodología fue desarrollada por Village Education Resource Center (VERC) en Bangladesh, su nombre más usual son sus siglas en inglés CLTS.

La estrategia busca incitar un cambio de hábitos en la comunidad, trabajando con el conjunto de la misma en lugar de trabajar con un grupo. No incluye subsidios para la construcción de letrinas ni tampoco promociona tipos de saneamiento. Pretende que la propia comunidad se conciencie de los inconvenientes que provoca la defecación al aire libre y que sea ella la que decida las medidas necesarias para eliminarla. Y esto se hace a través de preguntas y

actividades que despierten en la comunidad la sensación de vergüenza por su situación y empiecen un trabajo solidario y cooperativo con el fin de eliminar este hábito (Kar and Chambers, 2008). Se apoya en el orgullo generado y compartido por toda la comunidad al quedar “libre” de defecación al aire libre, recibiendo incluso un “certificado” por ello. La base de esta estrategia es comprender que por mucho que haya iniciativas privadas de saneamiento, hasta que toda la comunidad no quede libre de malas prácticas individuales que afecten al saneamiento ambiental no se podrá asegurar la salud de todos los miembros (Pascual, 2012).

En la última década, dicha estrategia se ha extendido rápidamente, pudiéndose encontrar gran cantidad de proyectos en todo el mundo que siguen sus pautas.

La ONG americana IRD, en la provincia de Zambezia (Mozambique), desarrolló un programa de abastecimiento de agua, saneamiento e higiene (WASH) donde utilizaba la estrategia del STLC en todas las comunidades donde intervino, el 100% de las familias beneficiarias del proyecto construyeron sus propias letrinas, con medios locales. No puede negarse que gran parte del éxito de la iniciativa fue colocar la autoconstrucción de letrinas como condición para la construcción de la fuente de agua.

4.4. NOCIONES DE INGENIERÍA AMBIENTAL

El término ingeniería ambiental se confunde con el término ingeniería sanitaria y recoge todo el conocimiento tecnológico alrededor de la depuración y tratamiento de aguas, tanto potables como residuales. Sirve principalmente para definir las actuaciones necesarias para garantizar la calidad del agua.

En función del tipo de proceso al que se someta el agua, se pueden distinguir tres ámbitos en la ingeniería sanitaria:

- Procesos físicos.
- Procesos químicos.
- Procesos biológicos.

A menudo los procesos de mejora de la calidad del agua incluyen tanto aspectos físicos, como químicos y biológicos. De este modo se consigue aplicar cada proceso en aquello que es más eficiente, consiguiendo un resultado mejor que el obtenido con cualquiera de estos procesos de forma individual.

4.4.1 Procesos físicos

Las operaciones físicas unitarias tienen su origen en la observación directa de procesos que se dan en la naturaleza y, por tanto, constituyen los primeros métodos de tratamiento empleados por el hombre.

En el ámbito de los proyectos de cooperación, los procesos físicos más destacables son:

Desbaste

El desbaste es un proceso físico unitario que tiene como objetivo la eliminación de sólidos gruesos y sedimentables por intercepción. La intercepción se lleva a cabo por medio de elementos separadores constituidos por barras, alambres o varillas paralelas, rejillas, telas metálicas o placas perforadas.

No debe olvidarse que en el proceso de desbaste se generan unos residuos que deben ser eliminados diariamente.

Sedimentación

La sedimentación es un proceso físico unitario que consiste en la separación, por la acción de la gravedad, de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua. El objetivo es obtener un efluente clarificado y un fango fácilmente eliminable.

En general los términos sedimentación y decantación se utilizan indistintamente.

También en el proceso de sedimentación se generan unos residuos fangosos que deben ser eliminados periódicamente.



Gráfico 5. Ejemplo de tanque de sedimentación. Fuente: ESF – El Salvador

Flotación

La flotación es un proceso físico unitario que se emplea para la separación de partículas sólidas o líquidas flotantes de una fase líquida. Para ello a veces se deben introducir finas burbujas de aire en la fase líquida, de modo que las burbujas se adhieran a las partículas

menos pesadas y las hagan subir a la superficie. Este proceso también suele favorecer la ascensión de los aceites. Una vez se hallan las partículas en superficie, pueden recogerse mediante un rascado superficial.

En el caso de no tener que insuflar aire a la fase líquida para conseguir que floten las partículas o aceites, el diseño es relativamente sencillo. Es importante colocar un deflector para impedir el paso de los cuerpos flotantes a la siguiente fase del proceso, y diseñar un mecanismo de barrido de flotantes para eliminarlos de la fase líquida.

No debe olvidarse que en el proceso de flotación se generan unos residuos aceitosos que deben ser eliminados periódicamente.

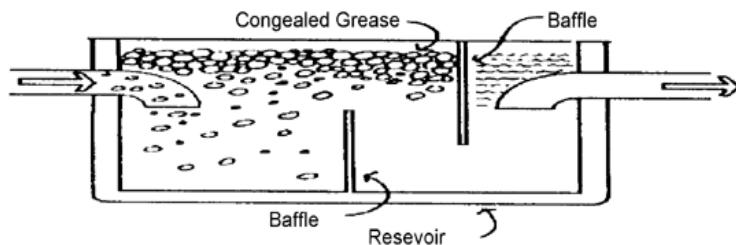


Gráfico 6. Esquema de trampa de grasas.

En general los procesos físicos son fundamentalmente sustractivos, por lo que se suele producir una disminución de los constituyentes disueltos en el agua. El coste de operación, comparado con el de procesos químicos o biológicos, suele ser bajo, siempre y cuando no se requiera de energía externa.

4.4.2 Procesos químicos

Las operaciones químicas unitarias se basan en su mayoría en la adición de un compuesto químico para eliminar otro presente en el agua residual.

En el ámbito de los proyectos de cooperación pocos proyectos con tratamiento químico se realizan, por su necesidad de insumos, se comenta a continuación la precipitación química. Por otro lado, la desinfección por cloro es altamente extendida en los pequeños sistemas de abastecimiento de agua, por su eficiencia frente a patógenos.

Precipitación química

La precipitación química consiste en la adición de productos químicos con la finalidad de alterar el estado físico de los sólidos disueltos y en suspensión, y facilitar su eliminación por sedimentación. Se suelen utilizar las siguientes sustancias: Sulfato de alúmina, cal, sulfato de hierro y cal, cloruro férrico, cloruro férrico y cal, sulfato férrico y cal.

El más habitual es el sulfato de alúmina que, al ser añadido al agua residual, genera, entre otras sustancias, hidróxido de aluminio. Este compuesto es un flóculo gelatinoso insoluble que sedimenta lentamente arrastrando consigo materia suspendida.

La teoría de las reacciones químicas de precipitación es compleja, principalmente debido a que la composición de las aguas residuales suele ser bastante variable, pueden producirse reacciones secundarias con otras sustancias presentes en el agua y frecuentemente no son reacciones completas, al agotarse uno de los componentes.

Desinfección

El principal objetivo de la desinfección es la eliminación de microorganismos patógenos, y puede realizarse por cloración o por yodo. En el caso de la desinfección por cloración, el cloro reacciona con el agua produciendo iones cloro residual. En función del pH del agua, se debe seleccionar una de las siguientes formas desinfectantes: ácido hipocloroso, hipoclorito, monocloramina.

Para su aplicación existen diversos productos en el mercado en fase líquida (concentrada o disuelta) o sólida (polvos o pastillas). Se debe procurar que exista una porción de cloro residual al finalizar la desinfección, para asegurar la calidad del agua durante el transporte de la misma por las tuberías.

Algunas de las consecuencias más importantes de la desinfección por cloración son la eliminación de materia orgánica, olor, gusto y color.

En el caso de la desinfección por adición de yodo existen una serie de ventajadas, como la independencia del pH (excepto a temperaturas bajas), su eficacia contra los organismos patógenos más agresivos, y la persistencia de valores residuales.

Sin embargo, las desventajas son su alto costo (20 veces más caro que el cloro), y el ligero olor y sabor.

Algunos comentarios

Los procesos químicos son en su mayoría procesos aditivos, por lo que se suele producir un incremento neto de los constituyentes disueltos en el agua. El coste de operación suele ser importante debido principalmente al coste de los reactivos y al energético.

4.4.3 Procesos biológicos

Los objetivos principales del tratamiento biológico del agua residual son la eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables, coagulación, estabilización de la materia orgánica y la eliminación de nutrientes (nitrógeno, fósforo).

En la mayoría de los casos, con un análisis y control adecuados del entorno, es posible tratar por vía biológica la práctica totalidad de las aguas residuales.

Los tratamientos de carácter biológico se basan en el crecimiento microbiano. Este proceso se consigue gracias a la acción de una variedad de microorganismos, principalmente bacterias que, para poder reproducirse y funcionar de manera correcta, necesitan los siguientes elementos:

-
- Fuente de energía: se obtiene de la luz o de la energía química de oxidación.
 - Carbono para la síntesis de materia celular nueva: se obtiene de la materia orgánica o del dióxido de carbono.
 - Nutrientes inorgánicos: nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, calcio, magnesio.

Los procesos biológicos de aplicación más común son:

Fangos activados

En este caso se realiza a través de un tanque o reactor biológico, donde se mantiene un cultivo bacteriano aerobio en suspensión y se realiza la oxidación de la materia orgánica. El ambiente aerobio en el reactor se consigue mediante el uso de difusores, que también sirve para mantener el líquido mezcla en estado de mezcla completa.

Al cabo de un periodo determinado de tiempo, la mezcla de las nuevas células con las viejas es conducida hasta un tanque de sedimentación para su separación del agua residual tratada.

Una parte de las células sedimentadas se hace circular de nuevo para mantener en el reactor la concentración de células deseada, mientras que la otra parte se purga del sistema (fango en exceso).

En el proceso de fangos activados, las bacterias son los microorganismos más importantes, ya que son los causantes de la descomposición de la materia orgánica del efluente.

En el reactor, o tanque biológico, las bacterias aerobias o facultativas utilizan parte de la materia orgánica del agua residual, con el fin de obtener energía para la síntesis del resto de la materia orgánica en forma de células nuevas.

Lagunas aireadas

Este proceso se basa en la disposición de una laguna que contiene oxígeno, donde el agua residual se estabiliza parcialmente mediante la actividad metabólica de bacterias y algas. Las lagunas pequeñas (menores de 0,2 hectáreas y 0,9 metros de profundidad) pueden mantener condiciones aerobias sin aeración mecánica.

Esta técnica tiene menos costo de construcción que una planta de lodos activados, utilizando generalmente estanques excavados en tierra. En el caso de no necesitar aireación artificial suele ser una buena opción en zonas rurales donde hay bastante espacio para colocarlas.

4.5 BIBLIOGRAFÍA

JMP (2008), *Progress on Drinking Water and Sanitation: Special Focus on Sanitation*, Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. WHO/UNICEF

Kar, K. & Chambers, R. (2008) *Manual sobre Saneamiento Total Liderado por la Comunidad*, Institute of Development Studies and Plan UK

Metcalf & Eddy (1995), Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización, McGrawHill

Pascual i Ferrer, Jordi (2012), *Infraestructuras de saneamiento básico*, GRECDH, ETCG, ETSECCPB, Universitat Politècnica de Catalunya, UPC.