

Tratamiento (Semi)Centralizado

T

Esta sección describe las tecnologías que se pueden usar para el tratamiento de lodos fecales y aguas negras. Estas tecnologías de tratamiento están diseñadas para recibir mayores volúmenes de flujo y, en la mayoría de los casos, ofrecer una mejor eliminación de nutrientes, materia orgánica y patógenos que las tecnologías de almacenamiento centradas en el hogar.





Nivel de Aplicación

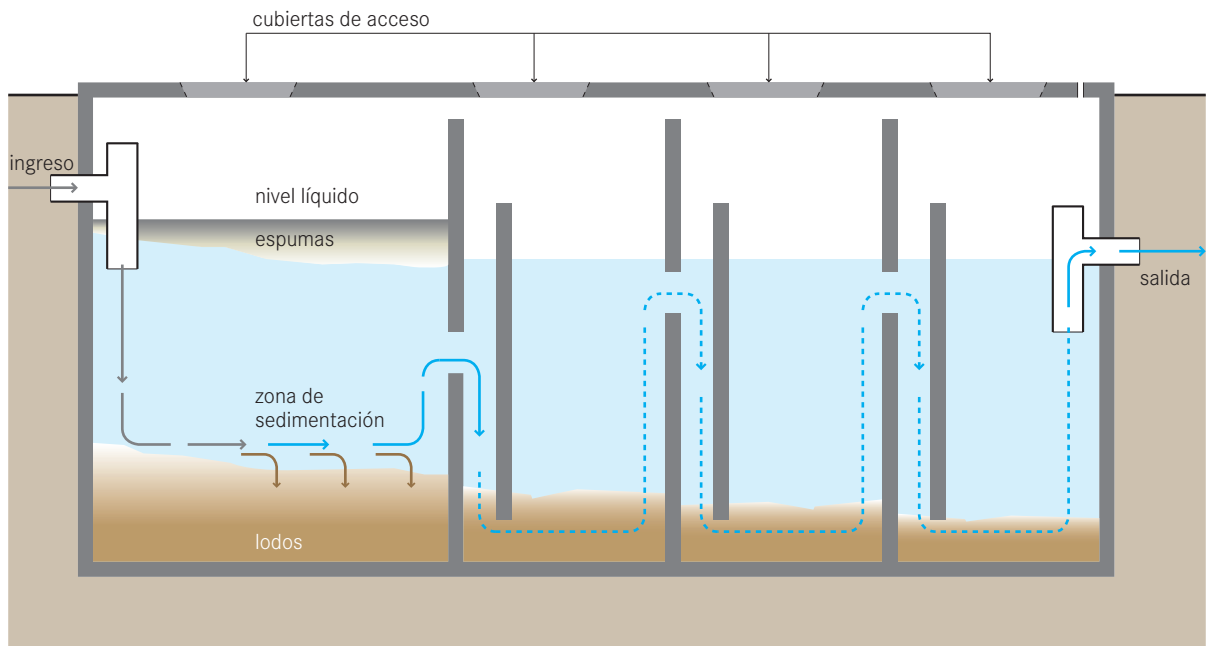
- ★★ Hogar
- ★★ Vecindario
- Ciudad

Nivel de Manejo

- ★★ Hogar
- ★★ Compartido
- ★★ Público

Entradas: ■ Aguas Negras ■ Aguas Grises

Salidas: ■ Lodos Fecales ■ Efluente



Un Reactor Anaeróbico con Deflectores (ABR, del inglés Anaerobic Baffled Reactor) es una fosa séptica mejorada debido a la serie de deflectores por los cuales se fuerza el flujo de las aguas residuales. El mayor tiempo de contacto con la biomasa activa (lodos) resulta en un mejor tratamiento.

Se elimina la mayoría de los sólidos sedimentables dentro de la cámara de sedimentación al inicio del ABR, que normalmente representa el 50% del volumen total. Las cámaras de flujo ascendente proporcionan eliminación adicional y digestión de la materia orgánica: la DBO puede reducirse hasta un 90% lo cual es muy superior a la fosa séptica convencional. Al irse acumulando los lodos, se requiere el desazolve cada 2 a 3 años. Los parámetros críticos de diseño incluyen un tiempo de retención hidráulica (HRT) entre 48 y 72 horas, velocidad de flujo ascendente de las aguas residuales de menos de 0.6 m/h y el número de cámaras de flujo ascendente (2 a 3).

Adecuación Esta tecnología es fácilmente adaptable y se puede aplicar a nivel vivienda o para un vecindario pequeño (favor de referirse a la Descripción Tecnológica S10: Reactor Anaeróbico de Biogás para información adicional sobre la aplicación de un ABR a nivel vivienda).

Un ABR (Semi)centralizado es apropiado cuando ya hay una tecnología de Transporte existente, tal como un Drenaje Libre de Sólidos (C5). Esta tecnología es también apropiada para áreas donde el terreno puede estar limitado ya que el tanque es instalado bajo tierra y requiere un área pequeña. No se debe instalar donde haya un alto nivel freático ya que la infiltración puede afectar la eficiencia del tratamiento y contaminar los acuíferos.

Se puede diseñar eficientemente esta tecnología para un flujo diario de hasta 200,000 L/día. El ABR no operará a plena capacidad por varios meses después de su instalación debido al largo tiempo de arranque requerido por la digestión anaeróbica de los lodos. Por lo tanto, no se debe usar la tecnología de ABR cuando la necesidad de un sistema de tratamiento es inmediata.

Como el ABR se debe desazolvar regularmente, un camión de vacío debe tener acceso a la instalación.

Los ABR pueden ser instalados en todo tipo de clima aunque la eficiencia se reduce en climas más fríos.

Aspectos de Salud/Aceptación Aunque la eliminación de patógenos no es alta, el ABR está contenido, así que los usuarios no entran en contacto con las aguas residuales o con patógenos que provocan enfermedades. El efluente y los lodos se deben manejar con cuidado ya que

contienen altos niveles de organismos patógenos. Para prevenir la liberación de gases potencialmente dañinos, el tanque debe tener ventilación.

Mantenimiento Los tanques ABR deben ser revisados para asegurar que son estancos y se deben monitorear los niveles de espuma y lodos para asegurar el buen funcionamiento. Dado lo delicado de la ecología, se debe tener cuidado de no descargar compuestos químicos en el ABR. Los lodos deben ser sacados anualmente usando un camión de vacío para asegurar el buen funcionamiento del ABR.

Pros y Contras:

- + Resistente a cargas de choque orgánicas e hidráulicas
- + No requiere energía eléctrica
- + Se pueden manejar las aguas grises simultáneamente
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Larga vida útil
- + No hay problemas con moscas ni olores si es usada correctamente
- + Alta reducción de materiales orgánicos
- + Costos de capital moderados, costos de operación moderados dependiendo del vaciado; puede ser de bajo costo dependiendo del número de usuarios
- Requiere una fuente constante de agua
- El efluente requiere tratamiento secundario y/o descarga adecuada
- Baja reducción de patógenos
- Requiere diseño y construcción por expertos
- Se requiere pretratamiento para prevenir las

obstrucciones

Referencias

- _ Bachmann, A., Beard, VL. y McCarty, PL. (1985). Performance Characteristics of the Anaerobic Baffled Reactor. *Water Research* 19 (1): 99-106.
- _ Foxon, KM., et al. (2004). The anaerobic baffled reactor (ABR): An appropriate technology for on-site sanitation. *Water SA* 30 (5) (Special edition). Disponible en: www.wrc.org.za
- _ Sasse, L. (1998). *DEWATS: Decentralized Wastewater Treatment in Developing Countries*. BORDA, Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen, Alemania. (Resumen de diseño incluyendo un programa de diseño basado en Excel®.)

Nivel de Aplicación

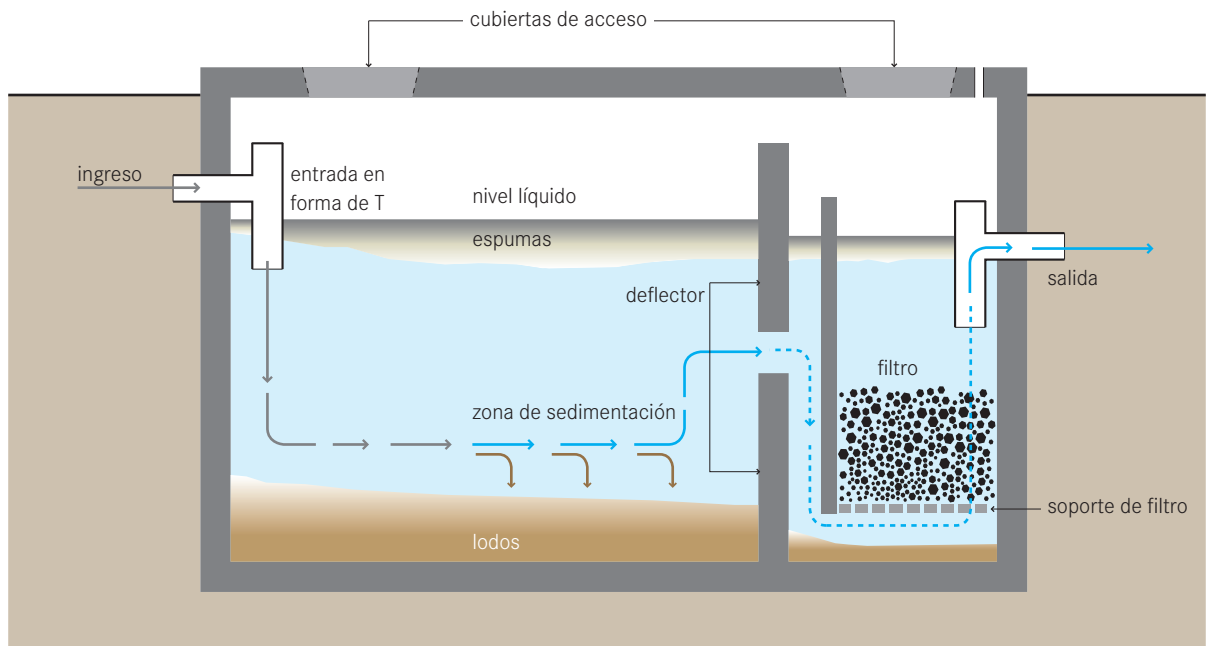
- ★★ Hogar
- ★★ Vecindario
- Ciudad

Nivel de Manejo

- ★★ Hogar
- ★★ Compartido
- ★★ Público

Entradas: Aguas Negras Aguas Grises

Salidas: Lodos Fecales Efluente



Un Filtro Anaeróbico es un reactor biológico de lecho fijo. Al fluir las aguas residuales por el filtro, se atrapan las partículas y se degrada la materia orgánica por la biomasa que está adherida al material del filtro.

Esta tecnología consiste en un tanque de sedimentación o fosa séptica (favor de referirse a la Descripción Tecnológica S9: Fosa Séptica), seguida de tres cámaras de filtro. Los materiales comúnmente usados para el filtro incluyen grava, piedras quebradas, carboncillo o piezas plásticas formadas especialmente. Los tamaños típicos del material abarcan de 12 a 55 mm de diámetro. De manera ideal el material proporcionará entre 90 y 300 m² de superficie por 1 m³ de volumen del reactor.

Al ofrecer una gran superficie para la masa bacteriana, hay un mayor contacto entre la materia orgánica y la biomasa activa que la degrada efectivamente.

Se puede operar el filtro anaeróbico en modo de flujo ascendente o descendente. Se recomienda el modo ascendente porque es menor el riesgo de que la biomasa fija sea arrastrada. El nivel de agua debe cubrir el material del filtro por lo menos 0.3 m para garantizar un régimen de flujo continuo. El pretratamiento es esencial para eliminar sólidos asentables y basura que pueda taponar el filtro.

Los estudios han demostrado que el TRH es el parámetro de diseño más importante que afecta el desempeño del filtro. Un TRH de 0.5 a 1.5 días es típico y recomendado. Se ha comprobado que es adecuada una tasa de carga superficial máxima (p.ej. flujo por área) de 2.8 m/d. La eliminación de sólidos suspendidos y de DBO puede alcanzar entre el 85% y el 90%, pero normalmente está entre el 50% y el 80%. La eliminación de nitrógeno es limitada y normalmente no excede el 50% en términos de nitrógeno total (N_T).

Adecuación Esta tecnología es fácilmente adaptable y se puede aplicar a nivel vivienda o para un vecindario pequeño (favor de referirse a la Descripción Tecnológica S11: Filtro Anaeróbico para ver información sobre la aplicación de un Filtro Anaeróbico a nivel vivienda).

Se puede diseñar un Filtro Anaeróbico para una sola vivienda o para un grupo de viviendas que usan una considerable cantidad de agua para lavado de ropa, baño y retretes de tanque. Sólo es apropiada si el uso de agua es elevado. Esto garantiza un suministro constante de agua.

El Filtro Anaeróbico no opera a toda su capacidad de seis a nueve meses después de la instalación debido al largo tiempo de arranque requerido por la biomasa para estabili-

zarse. Por lo tanto, la tecnología de Filtro Anaeróbico no debe ser usada cuando se necesita el sistema de tratamiento de inmediato. Cuando trabaja a pleno rendimiento, es una tecnología estable que requiere poca atención.

Aún cuando el Filtro Anaeróbico es estanco, no debe ser construido en áreas de alto nivel freático o donde hay inundaciones frecuentes.

Dependiendo de la disponibilidad de terreno y el gradiente hidráulico del drenaje, el Filtro Anaeróbico puede ser construido por encima o por debajo del suelo. Puede ser instalado en todo tipo de clima, aunque la eficiencia se reduce en climas más fríos.

Aspectos de Salud/Aceptación Como el Filtro Anaeróbico es subterráneo, los usuarios no deben entrar en contacto con el afluente o el efluente. Los organismos infecciosos no son suficientemente eliminados, así que el efluente debe ser tratado adicionalmente o descargado adecuadamente. El efluente, a pesar del tratamiento, aún tendrá un olor fuerte y se debe tener cuidado para diseñar y ubicar las instalaciones de manera que los olores no sean una molestia para los miembros de la comunidad.

Se deben ventilar los Filtros Anaeróbicos para prevenir la liberación de gases potencialmente dañinos.

El desazolve del filtro es peligroso y se deben tomar medidas de seguridad apropiadas.

Mantenimiento Se deben agregar bacterias activas para arrancar el Filtro Anaeróbico. Las bacterias activas pueden provenir de lodos de una fosa séptica que son rociadas sobre el material del filtro. El flujo debe incrementarse gradualmente y el filtro debe trabajar a pleno rendimiento entre seis y nueve meses.

Con el tiempo, los sólidos tapan los poros del filtro. De la misma manera, la creciente masa bacteriana se volverá muy gruesa, se romperá y tapan los poros. Se requiere un tanque de sedimentación antes del filtro para prevenir que entren en la unidad la mayoría de los sólidos. Algo de obstrucción aumenta la capacidad del filtro para retener sólidos. El filtro debe ser limpiado cuando baja su eficiencia. Se limpian los filtros haciendo funcionar el sistema en modo inverso para soltar la biomasa y las partículas acumuladas. De manera alternativa, se puede sacar y limpiar el material del filtro.

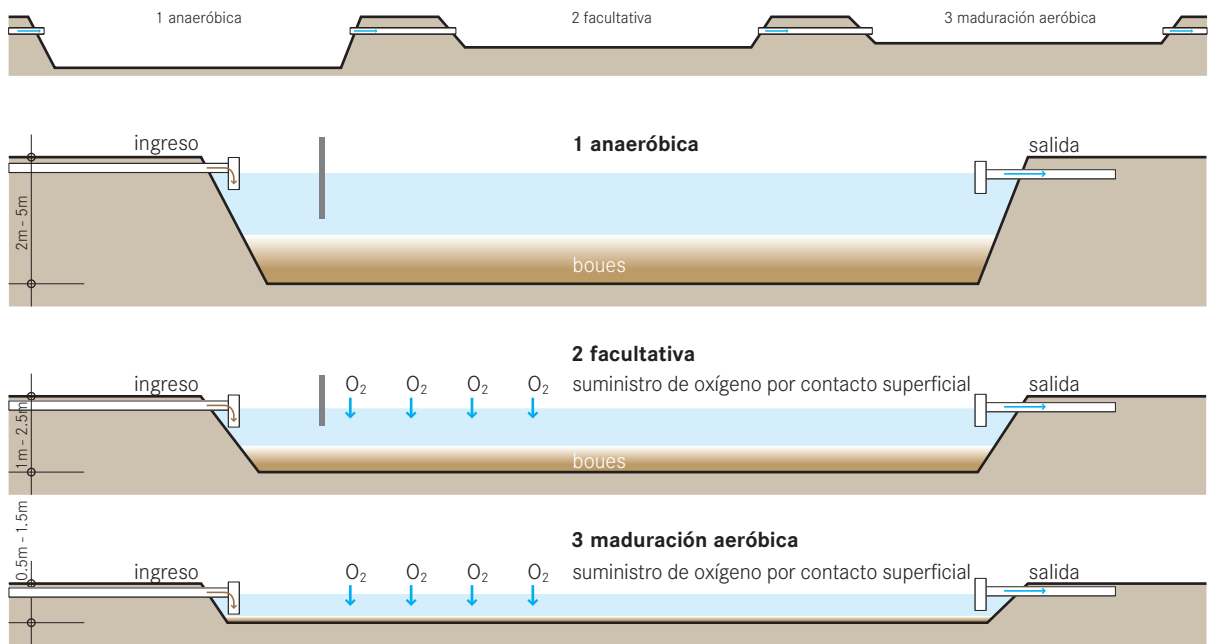
Pros y Contras:

- + Resistente a cargas de choque orgánicas e hidráulicas
- + No requiere energía eléctrica
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Larga vida útil
- + No hay problemas con moscas ni olores si se usan correctamente
- + Costos de capital moderados, costos de operación moderados dependiendo del vaciado; puede ser reducido dependiendo del número de usuarios
- + Alta reducción de DBO y sólidos
- Requiere una fuente constante de agua
- El efluente requiere tratamiento secundario y/o descarga adecuada
- Baja reducción de patógenos y nutrientes
- Requiere diseño y construcción por expertos
- Largo tiempo de arranque

Referencias

- _ Morel A. y Diener S. (2006). *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or neighbourhoods*. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), Dübendorf, Suiza. (Pequeño resumen incluyendo estudios de caso, Pág. 28.)
- _ Polprasert, C. y Rajput, VS. (1982). *Environmental Sanitation Reviews: Septic Tank and Septic Systems*. Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, Tailandia. pp. 68-74. (Breve resumen de diseño.)
- _ Sasse, L. (1998). *DEWATS: Decentralized Wastewater Treatment in Developing Countries*. BORDA, Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen, Alemania. (Resumen de diseño incluyendo un programa de diseño basado en Excel.)
- _ von Sperlin, M. y de Lemos Chernicharo, CA. (2005). *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions. Volume One*. IWA, Londres. pp. 728-804. (Instrucciones detalladas de diseño)
- _ Vigneswaran, S., et al. (1986). *Environmental Sanitation Reviews: Anaerobic Wastewater Treatment-Attached growth and Sludge blanket process*. Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, Tailandia. (Criterios de diseño y diagramas en el Capítulo 2.)

Nivel de Aplicación □ Hogar ★ Vecindario ★★ Ciudad	Nivel de Manejo □ Hogar ★ Compartido ★★ Público	Entradas: ■ Aguas Negras ■ Aguas Grises
		Salidas: ■ Lodos Fecales ■ Efluente



.Los Estanques de Estabilización de Desperdicios (WSP, del inglés Waste Stabilization Ponds) son cuerpos de agua artificiales y grandes. Los estanques se llenan con aguas residuales que son tratadas por procesos naturales. Los estanques pueden ser usados individualmente, o unidos en una serie de tratamiento mejorado. Hay tres tipos de estanques, (1) anaeróbico, (2) facultativo y (3) aeróbico (maduración), cada uno con diferente tratamiento y características de diseño.

Para el tratamiento más efectivo, los WSP se deben unir en una serie de tres o más, transfiriendo el efluente del estanque anaeróbico al facultativo y finalmente al aeróbico. El estanque anaeróbico reduce los sólidos y la DBO como un pretratamiento. El estanque es artificial y bastante profundo, donde toda la profundidad del estanque es anaeróbica. Los estanques anaeróbicos se construyen de 2 a 5 m de profundidad y tienen un tiempo de retención relativamente corto, de 1 a 7 días. El diseño real dependerá de las características de las aguas residuales y de la carga; se debe consultar un manual detallado de diseño para ver todos los tipos de WSP. Las bacterias anaeróbicas convierten el carbón orgánico en metano, y en el proceso elimina hasta el 60% de la DBO. Los estanques anaeróbicos pueden tratar aguas residuales fuertes.

En una serie de WSP, el efluente del estanque anaeróbico es transferido al estanque facultativo, donde se elimina más DBO. Un estanque facultativo es menos profundo que el anaeróbico y en él se dan ambos procesos, aeróbico y anaeróbico. La capa superior del estanque recibe oxígeno de la difusión natural, mezclado por el viento y fotosíntesis de algas. La capa inferior no cuenta con oxígeno y se convierte en anóxica o anaeróbica. Los sólidos se sedimentan y son digeridos en el fondo del estanque. Los organismos aeróbicos y los anaeróbicos trabajan juntos para alcanzar reducciones de DBO hasta de un 75%. Se debe construir el estanque con una profundidad de 1 a 2.5 m y tener un tiempo de retención entre 5 y 30 días.

Después de los estanques anaeróbico y facultativo puede haber cualquier número de estanques aeróbicos (de maduración) para alcanzar un efluente muy limpio. Frecuentemente se llama al estanque aeróbico de maduración, de limpieza o de acabado debido a que usualmente es el último paso en una serie de estanques y proporciona el nivel final de tratamiento. Es el estanque menos profundo, usualmente con una profundidad de 0.5 a 1.5 m para asegurar que la luz solar penetra hasta el fondo para facilitar la fotosíntesis. Como la fotosíntesis se realiza con la luz solar, los niveles de oxígeno disuelto son mayores durante el día y decaen por la noche.

Aunque los estanques anaeróbicos y facultativos son diseñados para la eliminación de DBO, los estanques de maduración son diseñados para la eliminación de patógenos. El oxígeno disuelto en el estanque es provisto por la mezcla natural del viento y por las algas fotosintéticas que liberan oxígeno en el agua. Si es usado en combinación con el cultivo de algas y/o la crianza de peces, este tipo de estanque es efectivo para eliminar la mayoría del nitrógeno y del fósforo del efluente.

Para prevenir la infiltración, los estanques deben estar recubiertos. El recubrimiento puede ser arcilla, asfalto, tierra compactada, u otro material impermeable. Para proteger el estanque del deslavado y la erosión, se debe construir un muro de contención alrededor del estanque usando el material excavado.

Adecuación Los WSP están entre los métodos de tratamiento de aguas residuales más comunes y eficientes en todo el mundo. Son especialmente apropiados para comunidades rurales que cuentan con terrenos grandes y sin uso, lejos de viviendas y de espacios públicos. No son apropiados para áreas muy densas o urbanas.

Los WSP funcionan en la mayoría de los climas, pero son más eficientes en los climas cálidos y soleados. En el caso de los climas fríos, los tiempos de retención y las tasas de carga se pueden ajustar de manera que se logre un tratamiento eficiente.

Aspectos de Salud/Aceptación Aunque el efluente de los estanques aeróbicos es generalmente bajo en patógenos, de ninguna manera se deben usar los estanques para actividades recreativas o como una fuente de agua para el consumo o uso doméstico.

Mejora Lo ideal sería construir varios estanques aeróbicos en serie para lograr un alto nivel de eliminación de patógenos. Se puede usar un estanque final de acuicultura para generar ingresos y proporcionar una fuente de alimentación local.

Mantenimiento Para mantener los estanques, es esencial un pretratamiento (con trampas de grasa) para evitar la entrada de sólidos en exceso y basura en los estanques y la formación de espuma. El estanque debe ser desazolado cada 10–20 años. Se debe instalar una reja para asegurar que la gente y los animales no se acerquen y para que no caiga un exceso de basura en los estanques. Puede haber roedores que invadan el muro de contención y provoquen

daño al recubrimiento. Se les puede alejar elevando el nivel de agua. Se debe tener cuidado para asegurar que no caigan plantas en los estanques. La vegetación y los macrófitos que están presentes en el estanque se deben sacar ya que pueden establecer un ambiente propicio para la proliferación de mosquitos y tapar la luz que penetra a través de la columna de agua.

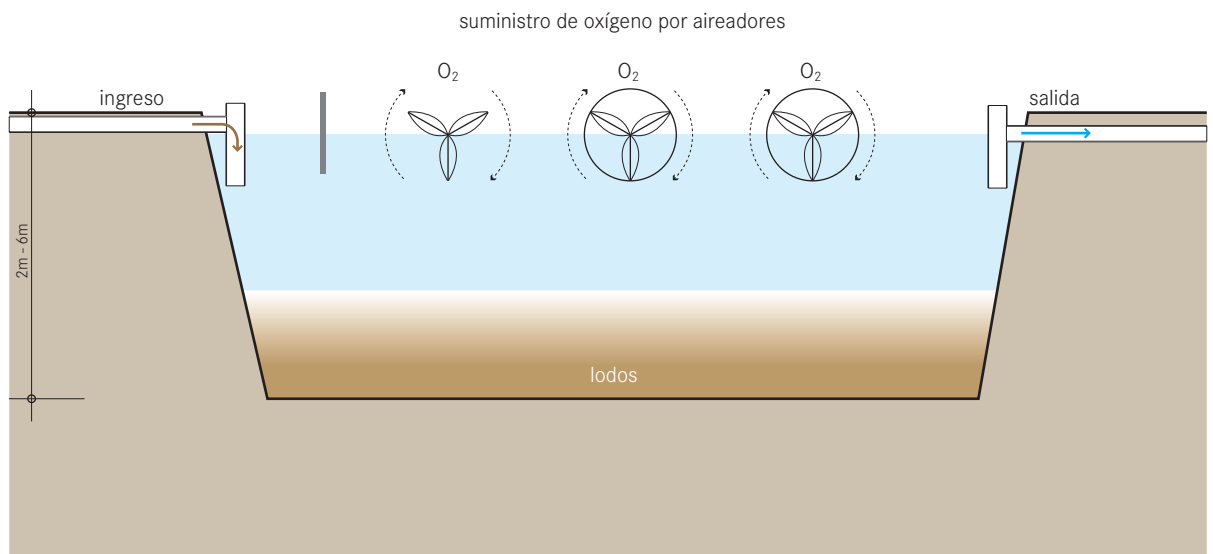
Pros y Contras:

- + Alta reducción de patógenos
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + La construcción puede proporcionar empleo temporal a gente de la localidad
- + Bajo costo de operación
- + No requiere energía eléctrica
- + No hay problemas con moscas ni olores si se diseñan correctamente
- Requiere diseño y supervisión por expertos
- Costos variables de capital dependiendo del precio de la tierra
- Se requiere una gran área de terreno
- El efluente y los lodos requieren tratamiento secundario y/o descarga adecuada

Referencias

- _ Arthur, JP. (1983). *Notes on the Design and Operation of Waste Stabilization Ponds in Warm Climates of Developing Countries*. El Banco Mundial + UNDP, Washington.
- _ Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB y McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU.
- _ Mara, DD. y Pearson, H. (1998). *Design Manual for Waste Stabilization Ponds in Mediterranean Countries*. Lagoon Technology International Ltd., Leeds, Inglaterra.
- _ Mara, DD. (1997). *Design Manual for Waste Stabilization Ponds in India*. Lagoon Technology International Ltd., Leeds, Inglaterra.
- _ Sasse, L. (1998). *DEWATS: Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. BORDA, Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen, Alemania.
(Descripción detallada y códigos de Hoja de Cálculo de Excel ® para el diseño.)
- _ von Sperlin, M. y de Lemos Chernicharo, CA. (2005). *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions. Volume One*. IWA, Londres. pp. 495–656.

Nivel de Aplicación <input type="checkbox"/> Hogar <input checked="" type="checkbox"/> Vecindario <input checked="" type="checkbox"/> Ciudad	Nivel de Manejo <input type="checkbox"/> Hogar <input checked="" type="checkbox"/> Compartido <input checked="" type="checkbox"/> Público	Entradas: <input checked="" type="checkbox"/> Aguas Negras <input type="checkbox"/> Aguas Grises
		Salidas: <input checked="" type="checkbox"/> Lodos Fecales <input type="checkbox"/> Efluente



Un Estanque de Aireación es un reactor aeróbico grande, exterior y mezclado. Los aireadores mecánicos proporcionan el oxígeno y mantienen los organismos aeróbicos suspendidos y mezclados con el agua para alcanzar una alta tasa de degradación orgánica y de eliminación de nutrientes.

El mezclado y la aireación adicional generada por las unidades mecánicas hacen que los estanques puedan ser más profundos y puedan tolerar cargas de materiales orgánicos mucho más altas que los estanques de maduración. La aireación adicional permite una mayor degradación y eliminación de patógenos. De la misma manera, como el oxígeno es introducido por las unidades mecánicas y no por fotosíntesis, los estanques pueden funcionar en climas más alejados del ecuador. El afluente debe ser pretratado y pasado por una pantalla para eliminar basura y partículas gruesas que pudieran interferir con los aireadores. Como las unidades de aireación mezclan el estanque, se requiere un tanque de sedimentación posterior para separar el efluente de los sólidos.

La menor área requerida (comparada con un estanque de maduración) significa que es apropiado tanto para ambientes rurales como periurbanos.

El estanque debe ser construido con una profundidad de 2 a 5 m y tener un tiempo de retención de 3 a 20 días.

Para prevenir la infiltración, el estanque debe estar recubierto. El recubrimiento puede ser arcilla, asfalto, tierra compactada, u otro material impermeable. Se debe construir un muro de contención con el material excavado para proteger al estanque de la escorrentía y de la erosión.

Adecuación Un estanque aireado puede manejar eficientemente un afluente de alta concentración y reducir significativamente los niveles de patógenos. Es especialmente importante que no se interrumpa el servicio eléctrico y se cuente con piezas de repuesto para prevenir largos periodos de inactividad que pueden provocar que el estanque se vuelva anaeróbico.

Los estanques aireados pueden funcionar en un rango de climas mayor que los WSP. Son más adecuados para regiones con grandes extensiones de tierras baratas que estén lejos de viviendas y negocios.

Aspectos de Salud/Aceptación El estanque es una gran área de aguas residuales patógenas; se debe tener cuidado para asegurar que nadie entre en contacto con el agua o que entre en ella.

Las unidades de aireación pueden ser peligrosas para los humanos y los animales. Se deben instalar rejas, señales y otras medidas para prevenir la entrada en el área.

Mantenimiento Se requiere personal cualificado y permanente para reparar y mantener la maquinaria de aireación. El estanque debe ser desazolvado cada 2-5 años.

Se debe tener cuidado para asegurar que el estanque no sea usado como vertedero de basura, considerando especialmente los daños que se pueden provocar al equipo de aireación.

Pros y Contras:

- + Buena resistencia a las cargas de impacto
- + Elevada reducción de patógenos
- + La construcción puede proporcionar empleo temporal a gente de la localidad
- Se requiere una gran área de terreno
- + No hay problemas con insectos ni olores si se diseña correctamente
- El efluente y los lodos requieren tratamiento secundario y/o descarga adecuada
- Requieren diseño por expertos y supervisión de la construcción
- Requiere de operación, funcionamiento y mantenimiento de tiempo completo por parte de personal cualificado
- No todas las piezas y materiales pueden estar disponibles a nivel local
- Se requiere una fuente constante de electricidad
- Costos de capital de moderados a altos y costos de operación variables dependiendo del precio de la tierra y de la electricidad

Referencias

- _ Arthur, JP. (1983). *Notes on the Design and Operation of Waste Stabilization Ponds in Warm Climates of Developing Countries*. El Banco Mundial + UNDP, Washington. (Notas sobre la aplicabilidad y efectividad.)
- _ Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Pequeñas y Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB y McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU. pp. 527-558. (Capítulo de resumen detallado.)
- _ Tchobanoglous, G., Burton, FL. y Stensel, H D. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4a Edición*. Metcalf & Eddy, Nueva York. pp. 840-85 . (Diseño detallado y problemas de ejemplo.)

Nivel de Aplicación

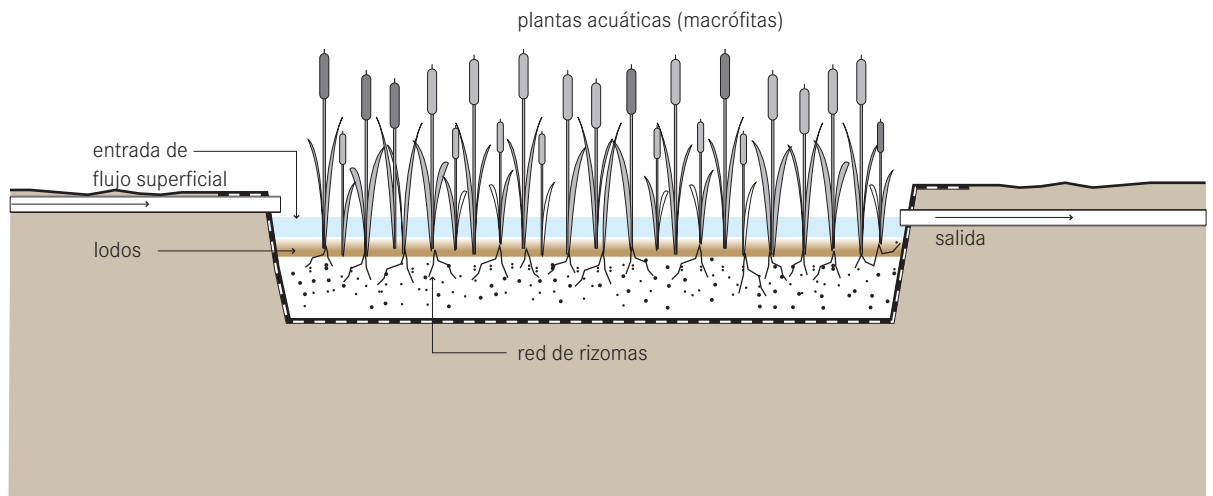
- ★ Hogar
- ★★ Vecindario
- ★★ Ciudad

Nivel de Manejo

- ★ Hogar
- ★★ Compartido
- ★★ Público

Entradas: Aguas Negras Aguas Grises

Salidas: Efluente



Un Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre es una serie de canales inundados cuyo objetivo es imitar los procesos naturales de un humedal natural, marisma o humedal. Al ir fluyendo suavemente por el humedal, las partículas se asientan, los patógenos son destruidos y los organismos y las plantas usan los nutrientes.

A diferencia del Humedal Artificial de Flujo Horizontal sub-superficial (T6), el Humedal Artificial de Flujo Superficial libre permite que el agua fluya sobre el terreno, expuesta a la atmósfera y al sol directo. El canal o represa es recubierto con una barrera impermeable (arcilla o geomembrana) cubierta con piedras, grava y tierra y se planta vegetación de la región (p.ej. cola de zorro y/o juncos). El humedal es inundado con aguas residuales hasta una profundidad de 10 a 45 cm por encima del nivel del terreno. Al fluir suavemente por el humedal, el agua residual pasa por procesos físicos, químicos y biológicos simultáneos, se filtran los sólidos, se degrada la materia orgánica y se eliminan los nutrientes.

Las aguas negras deben ser pretratadas para prevenir un exceso de acumulación de sólidos y de basura. Una vez en el estanque, las partículas más pesadas se sedimentan, eliminando así los nutrientes sujetos a ellas. Las plantas, y las comunidades de microorganismos que ellas soportan (en

los tallos y raíces), toman los nutrientes como nitrógeno y fósforo. Las reacciones químicas pueden provocar que otros elementos se precipiten. Los patógenos son eliminados del agua por la descomposición natural, la depredación de organismos superiores, sedimentación y radiación ultravioleta.

Aunque la capa de tierra bajo el agua es anaeróbica, las raíces de las plantas liberan oxígeno en el área que rodea a los pelos radiculares, creando un entorno propicio para actividades químicas y biológicas complejas.

La eficiencia del Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre también depende de la buena distribución de agua en la entrada. Las aguas residuales pueden ingresar en el humedal usando represas o perforando hoyos en un tubo de distribución para permitirle entrar en intervalos regulares.

Adecuación Los Humedales Artificiales de Flujo Superficial Libre pueden lograr la eliminación de una gran cantidad de sólidos suspendidos y de una moderada eliminación de patógenos, nutrientes y de otros contaminantes como metales pesados. Como la sombra de las plantas y la protección para que el viento no mezcle las aguas limitan la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, esta tecnología sólo es adecuada para aguas residuales con poca fuerza.

Usualmente esto requiere que los humedales Artificiales de Flujo Superficial Libre sean adecuados sólo cuando se usan después de otro tipo de tratamiento primario para reducir la DBO.

Dependiendo del volumen del agua, y por lo tanto del tamaño, los humedales pueden ser adecuados para pequeñas secciones de áreas urbanas o más adecuados para comunidades periurbanas y rurales. Esta es una buena tecnología de tratamiento para las comunidades que cuentan con instalaciones de tratamiento primario (p.ej. Fosa Séptica (S9)). Esta es una buena opción en lugares donde la tierra es barata y disponible siempre que la comunidad esté suficientemente organizada para planear y mantener a conciencia el humedal durante su vida útil.

Esta tecnología es más adecuada para climas cálidos pero se puede diseñar para tolerar algunos periodos de congelación y de baja actividad biológica.

Aspectos de Salud/Aceptación La superficie abierta actúa como campo potencial de proliferación de mosquitos. Sin embargo, un buen diseño y mantenimiento puede prevenir esto.

Los Humedales artificiales de Flujo Superficial Libre son generalmente agradables a la vista, especialmente cuando están integrados en áreas naturales existentes.

Se debe procurar evitar que la gente entre en contacto con el efluente dado el potencial de transmisión de enfermedades y el riesgo de ahogo en aguas profundas.

Mantenimiento Un mantenimiento regular debe garantizar que el agua no se regrese debido a ramas caídas o basura que bloquee la salida del humedal. Puede ser necesario recortar la vegetación periódicamente.

Pros y Contras:

- + Estéticamente agradable y proporciona un hábitat animal
- + Alta reducción de DBO y sólidos; eliminación moderada de patógenos
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + La construcción puede proporcionar empleo temporal a gente de la localidad
- + No requiere energía eléctrica
- + No hay problemas de moscas ni olores si se usan correctamente
- Puede facilitar la reproducción de mosquitos
- Largo tiempo de arranque para operar a plena capacidad
- Se requiere una gran área de terreno
- Requiere diseño y supervisión expertos
- Costo moderado de capital dependiendo de la tierra, recubrimiento, etc.: bajo costo de operación

Referencias

- Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB and McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU pp. 582-599. (Capítulo de resumen detallado incluyendo problemas resueltos.)
- Mara, DD. (2003). *Domestic wastewater treatment in developing countries*. Earthscan, Londres, Reino Unido. pp. 85-187.
- Poh-Eng, L. y Polprasert, C. (1998). *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment and Resource Recovery*. Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, Tailandia.
- Polprasert, C., et al. (2001). *Wastewater Treatment II, Natural Systems for Wastewater Management*. IHE Delft, Países Bajos. Capítulo 6.
- QLD DNR (2000). *Guidelines for using free water surface constructed wetlands to treat municipal sewage*. Gobierno de Queensland, Secretaría de Recursos Naturales, Brisbane, Australia.
Disponible en: www.epa.qld.gov.au

Nivel de Aplicación

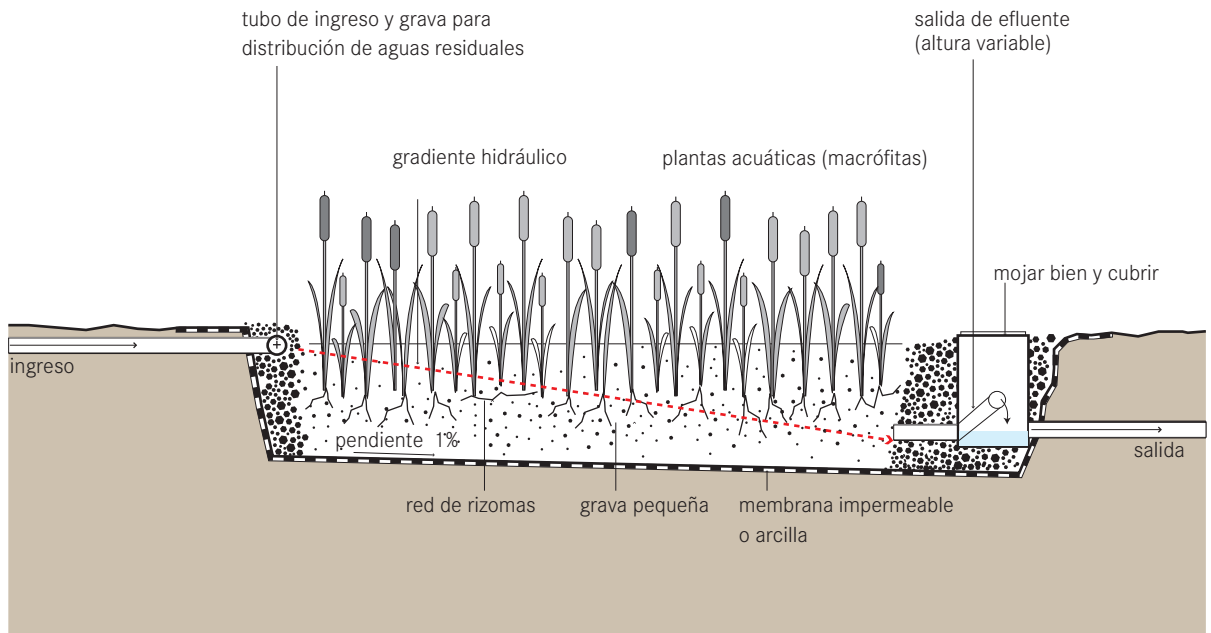
- ★ Hogar
- ★★ Vecindario
- ★ Ciudad

Nivel de Manejo

- ★ Hogar
- ★★ Compartido
- ★★ Público

Entradas: Aguas Negras Aguas Grises

Salidas: Efluente



Un Humedal Artificial de Flujo Horizontal subsuperficial es un canal grande relleno con grava y arena donde se planta vegetación acuática. Al fluir horizontalmente las aguas residuales por el canal, el material filtra partículas y microorganismos y degrada el material orgánico.

El nivel de agua en un Humedal Artificial de Flujo Horizontal Subsuperficial se mantiene entre 5 y 15 cm para asegurar el flujo de superficie. El lecho debe ser ancho y poco profundo para que el flujo de agua sea maximizado. Se debe usar una ancha zona de entrada para distribuir uniformemente el flujo. Para evitar taponamientos y asegurar un tratamiento eficiente es esencial un pretratamiento.

Se debe usar un recubrimiento impermeable (arcilla o geotextil) para evitar la infiltración. Comúnmente se usa grava pequeña, redonda y de tamaño uniforme (3–32 mm de diámetro) para rellenar el lecho hasta una profundidad de 0.5 a 1 m. La grava debe estar limpia y sin polvillo para limitar los taponamientos. También es aceptable la arena, pero es más propensa a los taponamientos. En años recientes se han usado exitosamente otros materiales de filtración como el PET.

La eficiencia de eliminación del humedal depende de la superficie (longitud multiplicada por ancho), mientras que el área transversal (ancho por profundidad), determina el

máximo flujo posible. Es importante que la entrada sea bien diseñada que permita la distribución uniforme para prevenir el retroflujo. La salida debe ser variable de manera que se pueda ajustar la superficie de agua para optimizar el desempeño del tratamiento.

El medio filtrante actúa tanto como filtro para eliminar sólidos, como una superficie fija para que las bacterias se sujeten, y como una base para la vegetación. Aunque las bacterias facultativas y anaeróbicas degradan la mayor parte de la materia orgánica, la vegetación transfiere una pequeña cantidad de oxígeno a la zona de raíces, de manera que pueden ser colonizadas por bacterias aeróbicas que también degradan el material orgánico. Las raíces de las plantas juegan un papel importante al mantener la permeabilidad del filtro.

Es apropiada cualquier planta con raíces anchas y profundas que pueda crecer en el ambiente acuático rico en nutrientes. El *Phragmites australis* (carrizo) es una elección común porque forma rizomas horizontales que penetran toda la profundidad del filtro. La eliminación de patógenos se logra por la descomposición natural, la depredación por organismos superiores, y la sedimentación.

Adecuación Las obstrucciones son un problema común y por lo tanto el afluente debe estar bien sedimentado con

un tratamiento primario antes de desembocar en el humedal. Esta tecnología no es apropiada para aguas residuales no tratadas (aguas negras). Este es un buen tratamiento para las comunidades que cuentan con tratamiento primario (p.ej. Fosas Sépticas (S9) o WSP (T3)) pero que buscan alcanzar una mayor calidad de efluente. Esta es una buena opción donde el terreno es barato y está disponible, aunque el humedal requerirá mantenimiento durante toda su vida útil.

Dependiendo del volumen del agua y, por lo tanto, del tamaño, este tipo de humedal puede ser adecuado para pequeñas secciones de áreas urbanas, periurbanas y comunidades rurales. También se pueden diseñar para una única vivienda.

Los Humedales Artificiales de Flujo Horizontal subsuperficial son más adecuados para climas cálidos, pero pueden ser diseñados para tolerar algunos periodos de congelación y de baja actividad biológica.

Aspectos de Salud/Aceptación El riesgo de procreación de mosquitos es reducido, ya que no hay agua estancada, en comparación con el riesgo asociado con los Humedales Artificiales de Flujo Superficial Libre (T5). El humedal es agradable a la vista y se puede integrar en áreas silvestres o parques.

Mantenimiento Con el tiempo se taponará la grava con los sólidos y la capa bacteriana. El material del filtro puede requerir reemplazo entre los 8 y 15 años, o más. Las actividades de mantenimiento se deben enfocar en asegurar que el tratamiento primario es efectivo al reducir la concentración de sólidos en las aguas residuales antes de entrar en el humedal. También debe asegurarse que no crezcan árboles en el área, ya que las raíces pueden dañar el recubrimiento.

Pros y Contras:

- + Requiere menos espacio que un Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre
- + Alta reducción de DBO, de sólidos suspendidos y de patógenos
- + No presenta los problemas de mosquitos del Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre (T5)
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + La construcción puede proporcionar empleo temporal a gente de la localidad
- + No requiere energía eléctrica
- Requiere diseño y supervisión expertos
- Costo moderado de capital dependiendo de la tierra, recubrimiento, relleno, etc.; bajo costo de operación
- Se requiere pretratamiento para prevenir las obstrucciones

Referencias

- Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB and McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU. pp. 599-609. (Capítulo de resumen detallado incluyendo problemas resueltos.)
- Mara, DD. (2003). *Domestic wastewater treatment in developing countries*. Earthscan, Londres. pp. 85-187.
- Poh-Eng, L. y Polprasert, C. (1998). *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment and Resource Recovery*. Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, Tailandia.
- Polprasert, C., et al. (2001). *Wastewater Treatment II, Natural Systems for Wastewater Management*. Notas de Conferencia, IHE Delft, Países Bajos. Capítulo 6.
- Reed, SC. (1993). *Subsurface Flow Constructed Wetlands For Wastewater Treatment, A Technology Assessment*. United States Environmental Protection Agency, EE.UU. Disponible en: www.epa.gov (Manual detallado de diseño.)

Nivel de Aplicación

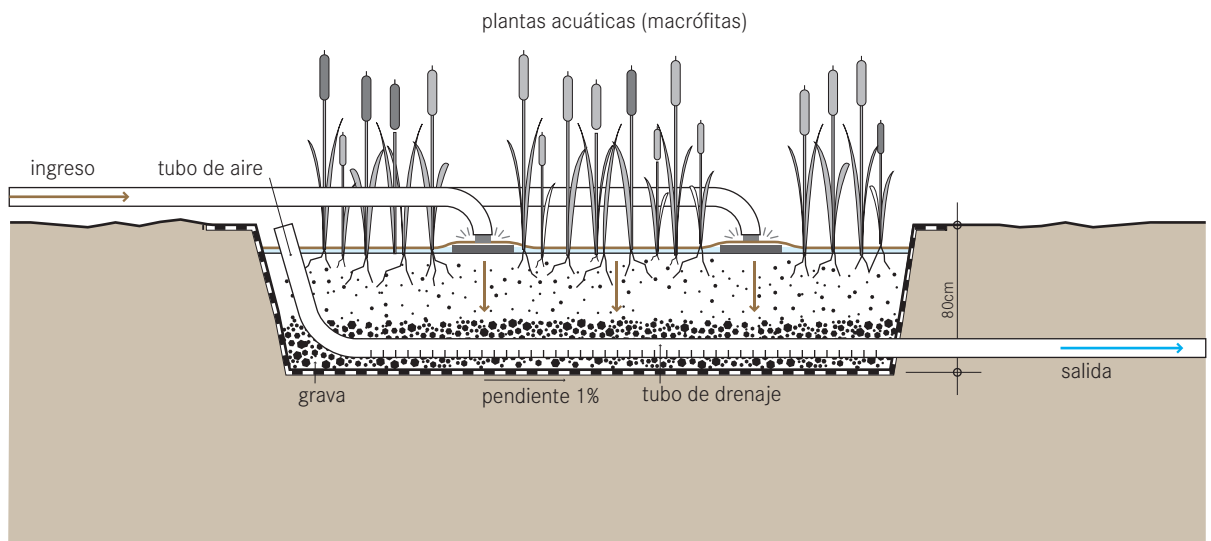
- ★ Hogar
- ★★ Vecindario
- ★★★ Ciudad

Nivel de Manejo

- ★ Hogar
- ★ Compartido
- ★★ Público

Entradas: Aguas Negras Aguas Grises

Salidas: Efluente



Un Humedal Artificial de Flujo Vertical es un lecho de filtración que se planta con vegetación acuática. Las aguas residuales se vierten o dosifican a la superficie del humedal desde arriba usando un sistema mecánico de dosificación. El agua fluye verticalmente hacia abajo por la matriz del filtro. La diferencia importante entre el humedal vertical y el horizontal no sólo es la dirección del flujo, sino las condiciones aeróbicas.

Al dosificar intermitentemente el humedal (de cuatro a diez veces al día), el filtro pasa por periodos de saturación y falta de saturación y, por lo tanto, diferentes condiciones aeróbicas y anaeróbicas. La frecuencia de dosificación se debe ajustar para que la dosis anterior de aguas residuales tenga tiempo de filtrarse por el material para que el oxígeno tenga tiempo de difundirse por el medio y llenar los espacios vacíos.

Se puede diseñar el Humedal Artificial de Flujo Vertical como una excavación poco profunda o como una construcción sobre el nivel del suelo. Cada filtro debe tener un recubrimiento impermeable y un sistema de recolección de efluente. Habitualmente los Humedales Artificiales de flujo Vertical se diseñan para tratar aguas residuales que han pasado por un pretratamiento. Estructuralmente, hay una capa de grava para drenar (un mínimo de 20 cm), seguida

de capas de arena y grava (para efluente ya asentado) o arena y grava fina (para efluente primario).

El medio filtrante actúa tanto como filtro para eliminar sólidos, como una superficie fija para que las bacterias se sujeten, y como una base para la vegetación. La capa superior es plantada con vegetación que puede desarrollar raíces profundas y gruesas, que entran en el medio de filtración.

Dependiendo del clima, las opciones comunes son *Phragmites australis*, *Typha cattails* o *Echinochloa Pyramidalis*. La vegetación transfiere una pequeña porción de oxígeno a la zona de raíces de manera que las bacterias aeróbicas pueden colonizar el área y degradar la materia orgánica. Sin embargo, la función primaria de la vegetación es mantener la permeabilidad en el filtro y proporcionar un hábitat para los microorganismos.

Durante la etapa de inundación, el agua residual fluye hacia abajo por el lecho no saturado y es filtrada por la mezcla de arena y grava. Los nutrientes y la materia orgánica son absorbidos y degradados por las densas poblaciones microbianas sujetas a la superficie del material del filtro y las raíces. Al forzar a los organismos a una etapa de 'hambre' entre las dosis, el crecimiento excesivo de la biomasa se reduce y se incrementa la porosidad. Una red de drenaje en la base recolecta el efluente.

El diseño y el tamaño del humedal dependen de las cargas hidráulica y orgánica.

La eliminación de patógenos se logra por la descomposición natural, la depredación de organismos superiores, y la sedimentación.

Adecuación La obstrucción es un problema común. Por lo tanto, el afluente debe estar bien asentado con tratamiento primario antes de fluir al humedal. Esta tecnología no es apropiada para aguas residuales domésticas sin tratamiento (aguas negras).

Este es un buen tratamiento para las comunidades que cuentan con tratamiento primario (p.ej. Fosas Sépticas (S9) o WSP (T3)) pero que buscan alcanzar una mayor calidad de efluente. Esta es una buena opción donde el terreno es barato y está disponible, aunque el humedal requerirá mantenimiento durante toda su vida útil.

Entran en juego muchos procesos complejos, por lo tanto, hay una reducción significativa de DBO, sólidos y patógenos. En muchos casos el efluente será adecuado para su descarga sin tratamiento adicional. Dado el sistema mecánico de dosificación, esta tecnología es más apropiada para comunidades que disponen de personal cualificado para el mantenimiento, una fuente constante de energía y piezas de repuesto.

Los Humedales Artificiales de Flujo Vertical son más adecuados para climas cálidos, pero pueden ser diseñados para tolerar algunos periodos de congelación y de baja actividad biológica.

Aspectos de Salud/Aceptación Es bajo el riesgo de procreación de mosquitos ya que no hay agua estancada. El sistema es generalmente agradable a la vista y se puede integrar a las áreas silvestres o parques. Se debe tener cuidado para asegurar que la gente no entre en contacto con el afluente por el riesgo de infección.

Mantenimiento Con el tiempo se obstruirá la grava con los sólidos acumulados y la capa bacteriana. El material puede requerir ser remplazado cada 8 a 15 años, o más. Las actividades de mantenimiento se deben orientar a asegurar que el tratamiento primario baje efectivamente la concentración de la materia orgánica y de los sólidos antes de entrar en el humedal. Se pueden requerir pruebas para determinar las plantas locales más adecuadas con el agua residual específica. El sistema vertical requiere más mantenimiento y experiencia técnica que las otras tecnologías de humedal.

Pros y Contras:

- + No presenta los problemas de mosquitos del Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre (T5)
- + Se presentan menos obstrucciones que en el Humedal Artificial del Flujo Horizontal Subsuperficial
- + Requiere menos espacio que un Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre
- + Alta reducción de BOD, de sólidos suspendidos y de patógenos
- + La construcción puede proporcionar empleo temporal a gente de la localidad
- Se requiere una fuente constante de electricidad
- No todas las piezas y materiales pueden estar disponibles localmente
- Requiere diseño y supervisión de expertos
- Costo moderado de capital dependiendo de la tierra, recubrimiento, relleno, etc.; bajo costo de operación
- Se requiere pretratamiento para prevenir las obstrucciones
- El sistema de dosificación requiere ingeniería más compleja

Referencias

- Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB and McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU. pp. 599-609. (Capítulo de resumen detallado incluyendo problemas resueltos.)
- Mara, DD. (2003). *Domestic wastewater treatment in developing countries*. Earthscan, Londres. pp. 85-187.
- Poh-Eng, L. y Polprasert, C. (1998). *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment and Resource Recovery*. Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, Tailandia.
- Polprasert, C., et al. (2001). *Wastewater Treatment II, Natural Systems for Wastewater Management*. Notas de Conferencia IHE Delft, Países Bajos. Capítulo 6.
- Reed, SC. (1993). *Subsurface Flow Constructed Wetlands For Wastewater Treatment, A Technology Assessment*. United States Environmental Protection Agency, EE.UU. Disponible en: www.epa.gov (Manual detallado de diseño.)

Nivel de Aplicación

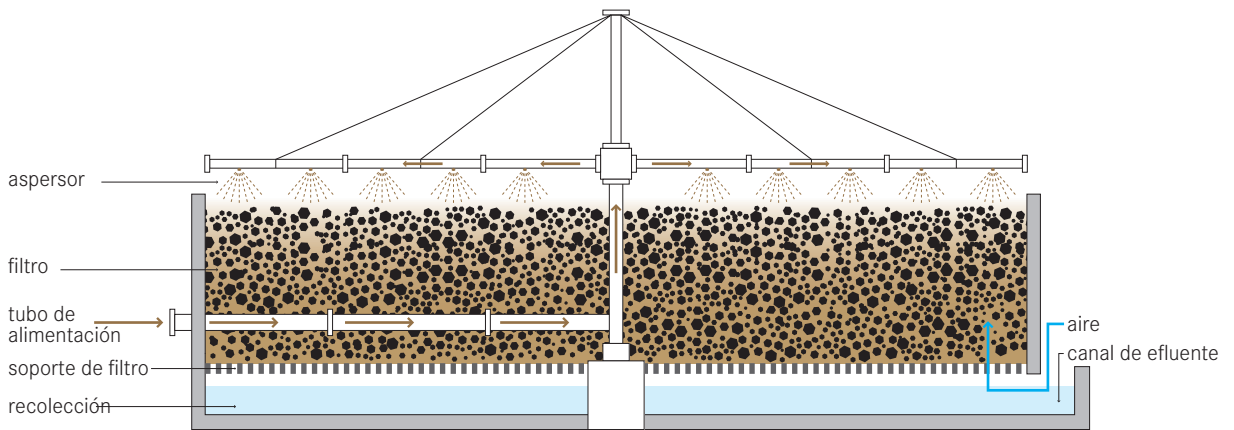
- Hogar
- Vecindario
- Ciudad

Nivel de Manejo

- Hogar
- Compartido
- Público

Entradas: Aguas Negras Aguas Grises

Salidas: Efluente Lodos



Un Filtro Percolador es un filtro biológico de lecho fijo que opera bajo condiciones (principalmente) aeróbicas. Se “deja caer” o rocía agua de desecho decantada sobre el filtro. Al migrar el agua por los poros del filtro, la materia orgánica se degrada por la biomasa que cubre el material del filtro.

El Filtro Percolador se llena con material de alta superficie específica, tales como piedras, grava, botellas de PVC trituradas, o material filtrante preformado especialmente. Preferiblemente debe ser un material con una superficie específica de entre 30 y 900 m²/m³. Para prevenir obstrucciones y asegurar un tratamiento eficiente es esencial un pretratamiento. El agua residual pretratada se “deja caer” sobre la superficie del filtro. Los organismos que se desarrollan en una delgada capa en la superficie del material oxidan la carga orgánica produciendo dióxido de carbono y agua, generando nueva biomasa.

El agua residual entrante es rociada sobre el filtro con el uso de un rociador rotatorio. De esta manera, el material del filtro pasa por ciclos de saturación y de exposición al aire. Sin embargo, el oxígeno se reduce en la biomasa y las capas más internas pueden ser anóxicas o anaeróbicas.

El filtro normalmente tiene de 1 a 3 m de profundidad, pero los filtros hechos con material plástico más ligero pueden ser de hasta 12 m de profundidad.

El material ideal para el filtro tiene una elevada relación superficie/volumen, es ligero, duradero y permite que el aire circule. Siempre que estén disponibles, las piedras trituradas o la grava son la opción más económica. Las partículas deben ser uniformes de manera que el 95% de las partículas tengan un diámetro entre 7 y 10 cm.

Ambos extremos del filtro están ventilados para permitir que el oxígeno pase a lo largo de su superficie. Una losa perforada sostiene el fondo del filtro y permite que el efluente y el exceso de lodo se recolecten.

Con el tiempo la biomasa engrosará y la capa sujeta se quedará sin oxígeno; entrará en un estado endógeno, perderá su habilidad de mantenerse sujeta y se liberará. Las condiciones de alta carga provocarán también la separación. El efluente recolectado debe ser clarificado en un tanque de sedimentación para eliminar cualquier biomasa que se haya desprendido del filtro. El índice de carga hidráulica y de nutrientes (la cantidad de agua residual que se surte al filtro) está determinada por las características del agua residual, el tipo del material del filtro, la temperatura ambiental y las necesidades de descarga.

Adecuación Sólo se puede usar esta tecnología después de una clarificación ya que una alta carga de sólidos puede provocar que el filtro se tape.

Se requiere un operador capacitado para monitorear y reparar el filtro y la bomba en caso de problemas. Se puede diseñar un sistema de rociado de baja energía (por gravedad), pero en general se requiere una fuente continua de energía y de aguas residuales.

Comparada con otras tecnologías (p.ej. WSP), los filtros de escurrimiento son compactos, aunque aún son los más adecuados para asentamientos periurbanos o rurales grandes.

Se pueden construir los Filtros de Escurrimiento en casi cualquier condición ambiental, aunque se requieren adaptaciones especiales para climas fríos.

Aspectos de Salud/Aceptación Los problemas de olores y moscas requieren que se construya el filtro lejos de casas y negocios. Se deben tomar las medidas necesarias para el pretratamiento, la descarga de efluente y el tratamiento de sólidos, que aún pueden representar riesgos para la salud.

Mantenimiento Para evitar las obstrucciones, se deben eliminar periódicamente los lodos acumulados en el filtro. Se pueden usar altos índices de carga hidráulica para purgar el filtro.

El material se debe mantener húmedo. Esto puede representar un problema durante la noche cuando el flujo de agua se reduce o cuando hay cortes de electricidad.

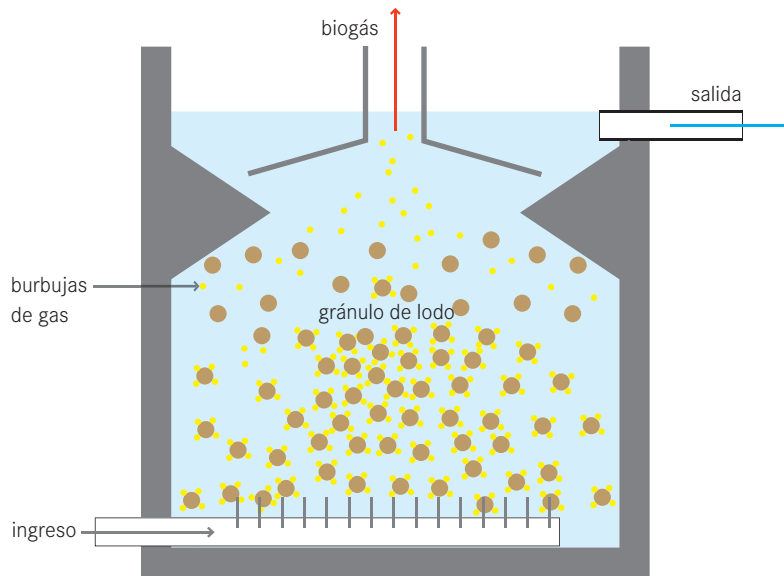
Pros y Contras:

- + Se puede operar en varios índices de carga orgánica e hidráulica
- + Se requiere una pequeña área en comparación con los Humedales Artificiales
- Alto costo de capital y moderado costo de operación
- Requiere diseño y construcción expertos
- Requiere fuente constante de energía y flujo constante de aguas residuales
- A menudo las moscas y los olores son problemáticos
- No todas las piezas y materiales pueden estar disponibles localmente
- Se requiere pretratamiento para prevenir las obstrucciones
- El sistema de dosificación requiere una ingeniería más compleja

Referencias

- U.S. EPA (2000). *Wastewater Technology Fast Sheet Trickling Filters, 832-F-00-014*. US Environmental Protection Agency, Washington.
Disponible en: www.epa.gov
(Resumen de diseño que incluye consejos para la corrección de problemas.)
- Sasse, L. (1998). *DEWATS: Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. BORDA, Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen, Alemania.
(Proporciona una breve descripción de la tecnología.)
- Tchobanoglous, G., Burton, F L. y Stensel, H D. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4a Edición*. Metcalf & Eddy, Nueva York. pp. 890-930 .
(Diseño detallado y ejemplos de cálculo.)

Nivel de Aplicación <input type="checkbox"/> Hogar <input checked="" type="checkbox"/> Vecindario <input checked="" type="checkbox"/> Ciudad	Nivel de Manejo <input type="checkbox"/> Hogar <input type="checkbox"/> Compartido <input checked="" type="checkbox"/> Público	Entradas: <input checked="" type="checkbox"/> Aguas Negras <input type="checkbox"/> Aguas Grises
		Salidas: <input checked="" type="checkbox"/> Efluente <input checked="" type="checkbox"/> Lodos Tratados <input checked="" type="checkbox"/> Biogás



El Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente con Manto de Lodos (UASB, del inglés Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor) es un proceso de tanque único. Las aguas residuales entran en el reactor por el fondo, y fluyen hacia arriba. Una capa de lodo suspendida filtra las aguas residuales, tratándolas al ir atravesándola.

La capa de lodos está formada por gránulos (pequeñas agrupaciones) de microbios (0.5 a 2 mm de diámetro), microorganismos que por su propio peso se resisten a ser arrastrados por el flujo ascendente. Los microorganismos en la capa de lodos degradan los compuestos orgánicos. Como resultado se liberan gases (metano y bióxido de carbono). Las burbujas ascendentes mezclan los lodos sin necesidad de piezas mecánicas. Las paredes inclinadas vuelcan el material que alcanza la superficie del tanque. El efluente clarificado es extraído de la parte superior del tanque en un área por encima de las paredes inclinadas. Después de varias semanas de uso, se forman gránulos más grandes de lodos que, a su vez, actúan como filtros de partículas más pequeñas al ir subiendo el efluente por la capa de lodos. Dado el régimen ascendente, los organismos que forman los gránulos son acumulados, mientras que los demás son arrastrados por el flujo.

El gas que asciende hacia la superficie es recolectado en un domo y puede ser usado como fuente de energía (biogás). Se debe mantener una velocidad ascendente de 0.6 a 0.9 m/h para mantener la capa de lodos en suspensión.

Adecuación Un UASB no es apropiado para comunidades pequeñas o rurales sin fuentes constantes de agua o electricidad. Se requiere un operador capacitado para monitorear y reparar el reactor y la bomba en caso de problemas.

El reactor UASB tiene el potencial de producir efluente de mayor calidad que las Fosas Sépticas (S9), y puede hacerlo con un reactor de menor volumen. Es un proceso bien establecido para procesos de tratamiento de aguas residuales industriales. En algunas ciudades de América Latina los reactores UASB son frecuentemente utilizados para el tratamiento de aguas residuales.

Como el proceso puede eliminar del 85 al 90% de la Demanda de química Oxígeno (DQO), se usa habitualmente para la fabricación de cerveza, destilación, elaboración de alimentos y desechos de pulpa y de papel. El reactor puede no funcionar bien donde el afluente tenga poca concentración. La temperatura también afecta al rendimiento.

Aspectos de Salud/Aceptación La operación y el mantenimiento del UASB, que es una tecnología de tratamiento centralizado, deben ser llevados a cabo por profesionales. Como con todos los procesos de aguas residuales, los operadores deben tomar medidas adecuadas de higiene y seguridad cuando trabajen en la planta.

Mantenimiento El desazolve es poco frecuente y sólo se eliminan los lodos excesivos cada 2 o 3 años. Se requiere un operador permanente para controlar y monitorear la bomba de dosificación.

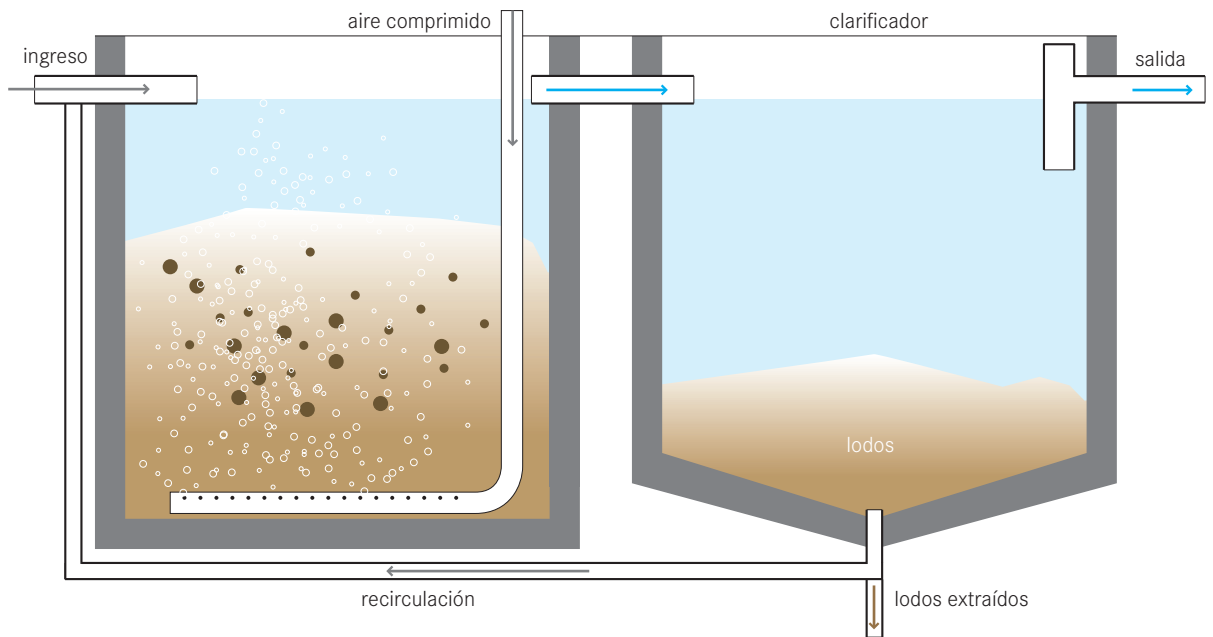
Pros y Contras:

- + Alta reducción de la materia orgánica
- + Puede soportar un elevado índice de carga orgánica (hasta 10 kg de DBO/m³/d) y de carga hidráulica.
- + Baja producción de lodos (por lo tanto, desazolve poco frecuente)
- + Se puede usar el biogás como fuente de energía (pero primero es necesario limpiarlo)
- Es difícil mantener las condiciones hidráulicas adecuadas (se debe equilibrar el flujo ascendente y el índice de sedimentación)
- Tiempo de arranque prolongado
- El tratamiento puede ser inestable con cargas hidráulicas y orgánica variables
- Se requiere una fuente constante de electricidad
- No todas las piezas y materiales pueden estar disponibles localmente
- Es necesario que expertos se encarguen del diseño y la supervisión de la construcción

Referencias

- Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and decentralized wastewater management systems*. WCB y McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU. (Corta perspectiva general.)
- Lettinga, G., Roersma, R. and Grin, P. (1983). Anaerobic Treatment of Raw Domestic Sewage at Ambient Temperatures Using a Granular Bed UASB Reactor *Biotechnology and Bioengineering* 25 (7): 1701-1723. (La primera publicación describiendo el proceso.)
- Sasse, L. (1998). *DEWATS: Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. BORDA, Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen, Alemania. (Corta perspectiva general.)
- von Sperlin, M. y de Lemos Chernicharo, C A. (2005). *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions. Volume One*. IWA, Londres, pp. 741-804. (Información Detallada de Diseño)
- Tare, V. y Nema, A. (n.d). *UASB Technology-expectations and reality*. United Nations Asian and Pacific Centre for Agricultural Engineering and Machinery. Disponible en: <http://unapcaem.org> (Evaluación de instalaciones de UASB en India.)
- Vigneswaran, S., et al. (1986). *Environmental Sanitation Reviews: Anaerobic Wastewater Treatment Attached growth and sludge blanket process*. Environmental Sanitation Information Center, AIT, Bangkok, Tailandia. (El Capítulo 5 proporciona una buena perspectiva técnica general.)

Nivel de Aplicación <input type="checkbox"/> Hogar <input checked="" type="checkbox"/> Vecindario <input checked="" type="checkbox"/> Ciudad	Nivel de Manejo <input type="checkbox"/> Hogar <input type="checkbox"/> Compartido <input checked="" type="checkbox"/> Público	Entradas: <input checked="" type="checkbox"/> Aguas Negras <input type="checkbox"/> Aguas Grises
		Salidas: <input checked="" type="checkbox"/> Efluente <input checked="" type="checkbox"/> Lodos Tratados



El Lodo Activado es un reactor de varias cámaras que (principalmente) hace uso de microorganismos aeróbicos para degradar la materia orgánica en las aguas residuales y para producir un efluente de alta calidad. Para mantener las condiciones aeróbicas y mantener suspendida la biomasa activa, se requiere una fuente de oxígeno constante y bien programada.

Se pueden emplear diferentes configuraciones del proceso de Lodo Activado para asegurar que las aguas residuales son mezcladas y aireadas (ya sea con aire u oxígeno puro) en un tanque de aireación. Los microorganismos oxidan el carbono orgánico en las aguas residuales para producir nuevas células, dióxido de carbono y agua. Aunque los organismos más comunes son las bacterias aeróbicas, pueden estar presentes bacterias aeróbicas, anaeróbicas y/o nitrificantes junto con otros organismos. La composición exacta depende del diseño del reactor, del medio ambiente, y de las características de las aguas residuales. Durante la aireación y el mezclado, las bacterias forman pequeños flóculos. Cuando se detiene la aireación, la mezcla se transfiere a un segundo decantador donde se les permite a los flóculos asentarse y el efluente continúa para tratamiento adicional o descarga. A continuación el lodo vuelve al tanque de aireación, donde se repite el proceso.

Para lograr metas específicas de DBO, nitrógeno y fósforo en el efluente, se han hecho diferentes adaptaciones y modificaciones al diseño básico del Lodo Activado. Las condiciones aeróbicas, los organismos específicos de los nutrientes (especialmente para fósforo), el diseño de reciclado y la dosificación de carbono, entre otros, han permitido a los procesos de Lodo Activado alcanzar exitosamente altos niveles de eficiencia de tratamiento.

Adecuación El Lodo Activado sólo es apropiado para unas instalaciones centralizadas de tratamiento con personal bien entrenado, electricidad constante y un sistema de manejo centralizado muy desarrollado para asegurar que las instalaciones son operadas y mantenidas correctamente.

Los procesos de Lodo Activado son una parte de un complejo sistema de tratamiento. Son usados después de un tratamiento primario (que elimina sólidos asentables) y antes de un paso final de limpieza. Los procesos biológicos que se dan son efectivos para eliminar la materia orgánica soluble, coloidal y partículas para nitrificación y desnitrificación biológicas y para la eliminación biológica de fósforo. Esta tecnología es efectiva para el tratamiento de grandes volúmenes de flujos de 10,000 a 1,000,000 de personas.

Se requiere un personal altamente capacitado para el mantenimiento y la solución de problemas.

El diseño se debe basar en una estimación precisa de la composición y del volumen de las aguas residuales. La eficiencia del tratamiento puede ser gravemente afectada si la planta es sub o sobre utilizada.

Un proceso de Lodo Activado es apropiado para casi cualquier clima.

Aspectos de Salud/Aceptación Debido a las necesidades de espacio, las instalaciones centralizadas de tratamiento se localizan generalmente lejos de las áreas densamente pobladas a las que dan servicio. Aunque el efluente producido es de alta calidad, aún representa un riesgo para la salud y no se debe manejar directamente.

Mantenimiento El equipo mecánico requiere mantenimiento constante (mezcladores, aireadores y bombas). De la misma manera, se deben monitorear constantemente el afluente y el efluente para asegurar que no hay anomalías que pudieran matar la biomasa activa y para asegurar que no se desarrollen organismos perjudiciales para el proceso (p.ej. bacterias filamentosas).

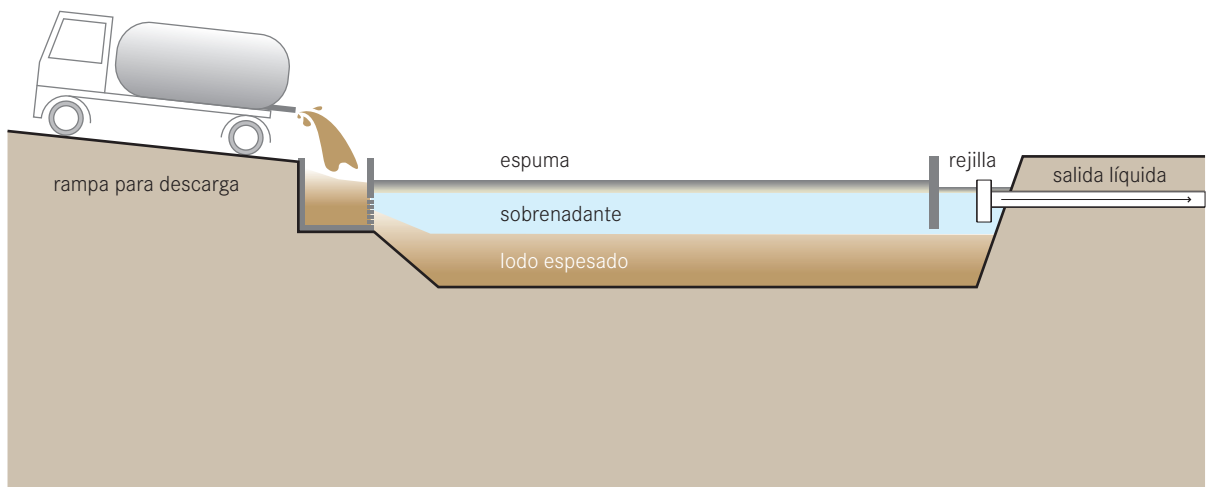
Pros y Contras:

- + Buena resistencia a las cargas por impacto
- + Se puede operar en una variedad de índices de carga orgánica e hidráulica
- + Alta reducción de DBO y patógenos (hasta un 99%)
- + Se puede modificar para lograr límites de descarga específicos
- Propenso a complicados problemas químicos y microbiológicos
- El efluente puede necesitar tratamiento/desinfección adicional antes de su descarga
- No todas las piezas y materiales pueden estar disponibles localmente
- Requiere diseño y supervisión expertos
- Alto costo de capital; alto costo de operación
- Se requiere una fuente constante de electricidad
- El efluente y los lodos requieren tratamiento secundario y/o una descarga apropiada

Referencias

- Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Pequeñas y Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB y McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU. pp. 451-504. (Resumen detallado incluyendo problemas resueltos.)
- Ludwig, HF. y Mohit, K. (2000). Appropriate technology for municipal sewerage/Excreta management in developing countries, Thailand case study. *The Environmentalist* 20(3): 215-219. (Evaluación de la adecuación de Lodo Activado para Tailandia.)
- von Sperling, M. y de Lemos Chernicharo, CA. (2005). *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions, Volume Two*. IWA, Londres.
- Tchobanoglous, G., Burton, FL. y Stensel, HD. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4a Edición*. Metcalf & Eddy, Nueva York.

Nivel de Aplicación <input type="checkbox"/> Hogar <input checked="" type="checkbox"/> Vecindario <input checked="" type="checkbox"/> Ciudad	Nivel de Manejo <input type="checkbox"/> Hogar <input type="checkbox"/> Compartido <input checked="" type="checkbox"/> Público	Entradas: <input checked="" type="checkbox"/> Lodos Fecales
		Salidas: <input checked="" type="checkbox"/> Lodos Fecales <input checked="" type="checkbox"/> Efluente



Los Estanques de Sedimentación o Espesamiento son simples estanques de asentamiento que permiten que el lodo se espese y deseque. El efluente es sacado y tratado, mientras que los lodos espesados se pueden tratar en un sistema posterior.

Los lodos fecales no son un producto uniforme y, por lo tanto, su tratamiento debe ser especial según sus características específicas. En general, hay dos tipos de lodos fecales: fuertes (originados en letrinas y retretes públicos sin drenaje) y débiles (originados en Fosas Sépticas (S9)). Los lodos fuertes aún son ricos en materia orgánica y no han sufrido una degradación significativa, por lo que es difícil deshidratarlos. Los lodos débiles han sufrido degradación anaeróbica significativa y son deshidratados más fácilmente.

Los lodos fuertes deben ser estabilizados para poder secarlos adecuadamente. Para lograrlo se deja que los lodos fuertes se degraden anaeróbicamente en Estanques de Sedimentación/Espesamiento. Se puede usar el mismo tipo de estanque para espesar lodos débiles, aunque sufren una menor degradación y requieren más tiempo para sedimentarse. El proceso de degradación puede entorpecer la sedimentación de los lodos débiles porque los gases producidos burbujan y vuelven a suspender los

sólidos. Para alcanzar una máxima eficiencia, los periodos de carga y reposo no deben exceder de las 4 o 5 semanas, aunque son comunes los ciclos mucho más largos. Cuando se usa un ciclo de 4 semanas de carga y 4 semanas de reposo, los sólidos totales (ST) pueden aumentar hasta un 14% (dependiendo de la concentración inicial).

Al asentarse y digerirse los lodos, el sobrenadante se debe decantar y tratar por separado. Los lodos espesados pueden entonces ser secados o compostados adicionalmente.

Adecuación Los Estanques de Sedimentación/Espesamiento son adecuados donde hay espacio económico y disponible que esté lejos de casas y negocios; debe estar en la periferia de la comunidad.

Los lodos no son higiénicos y requieren tratamiento adicional antes de su desecho. Lo ideal sería que esta tecnología acompañara a unas instalaciones de Secado (T13) in situ o Co-Compostaje (T14) para generar un producto higiénico. Se requiere personal capacitado para la operación y el mantenimiento para asegurar un funcionamiento adecuado.

Esta es una opción de bajo costo que se puede instalar en la mayoría de los climas cálidos y templados. La lluvia excesiva puede impedir que los lodos se asienten y espesen correctamente.

Aspectos de Salud/Aceptación El lodo entrante es patogénico, así que los trabajadores deben estar equipados con protección adecuada (botas, guantes y ropa). El lodo espesado también es infeccioso, aunque es más fácil de manejar y menos propenso a salpicar y rociar.

El estanque puede ser una molestia para los residentes cercanos debido a los malos olores y la presencia de moscas. Por lo tanto, el estanque debe estar suficientemente lejos de los centros urbanos.

Mantenimiento El mantenimiento es un aspecto importante de un estanque funcional, aunque no es intensivo. El área de descarga se debe mantener limpia para reducir la posibilidad de transmisión de enfermedades y las molestias (moscas y olores). Se deben eliminar la gravilla, la arena y los desechos sólidos que sean descargados junto con los lodos.

Los lodos espesados se deben sacar mecánicamente (excavadora o equipo especializado) cuando los lodos están suficientemente espesos.

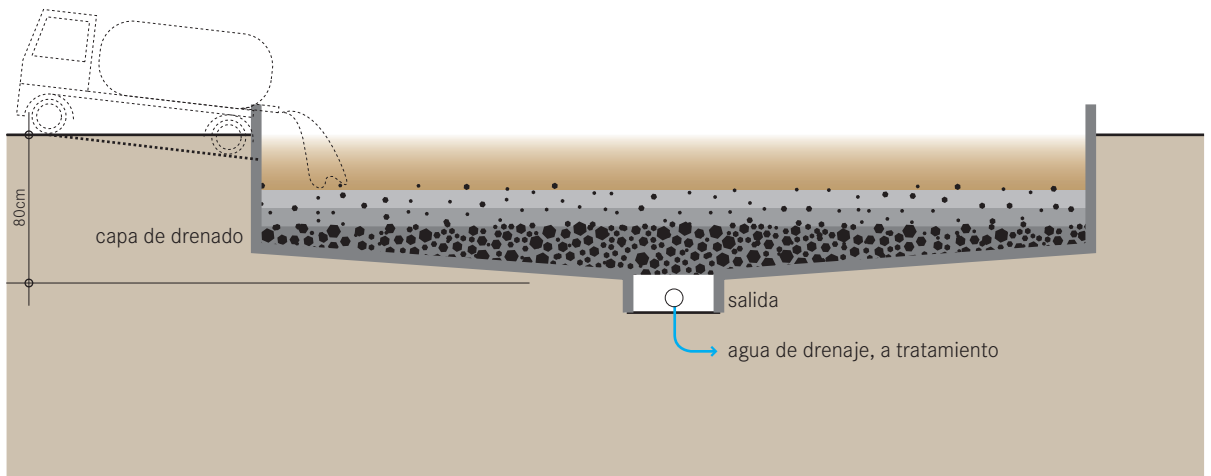
Pros y Contras:

- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Bajos costos de capital y de operación
- + Potencial para la generación local de empleos y de ingreso
- + No necesita energía eléctrica
- Se requiere una gran área de terreno
- Las moscas y los olores son normalmente perceptibles
- Largos tiempos de almacenamiento
- Requiere una excavadora para el desazolve mensual
- Requiere diseño y operación de expertos

Referencias

- _ Heins, U., Larmie, SA. y Strauss, M. (1999). *Characteristics of Faecal Sludges and their Solids-Liquid Separation*. Eawag/Sandec Report, Dübendorf, Suiza. Disponible en: www.sandec.ch
- _ Heins, U., Larmie, SA. y Strauss, M. (1998). *Solids Separation and Pond Systems for the Treatment of Faecal Sludges in the Tropics-Lessons Learnt and Recommendations for Preliminary Design. Second Edition*. Eawag/Sandec Report 05/98, Dübendorf, Suiza. Disponible en: www.sandec.ch
- _ Montangero, A. y Strauss, M. (2002). *Faecal Sludge Treatment*. Notas de Conferencia, IHE Delft. Disponible en: www.sandec.ch

Nivel de Aplicación <input type="checkbox"/> Hogar <input checked="" type="checkbox"/> Vecindario <input checked="" type="checkbox"/> Ciudad	Nivel de Manejo <input type="checkbox"/> Hogar <input type="checkbox"/> Compartido <input checked="" type="checkbox"/> Público	Entradas:  Lodos Fecales
		Salidas:  Lodos Fecales  Efluente



Un Lecho de Secado sin Plantas es un lecho simple y permeable que, cuando se carga con lodos, recolecta lixiviado percolado y permite que el lodo se seque por evaporación. Aproximadamente de un 50 a un 80% del volumen de los lodos se drena como líquido. Sin embargo, los lodos no son estabilizados ni tratados.

El fondo del lecho de secado es recubierto con tubos perforados que drenan el lixiviado. Encima de los tubos hay capas de arena y grava que sostienen al lodo y permiten que el líquido se infiltre y sea recolectado en la tubería. La carga aproximada de lodos deben ser de 200 kg ST/m² y no se debe aplicar en capas que sean demasiado gruesas (máximo 20 cm), o los lodos no secarán efectivamente. El contenido final de humedad después de 10 a 15 días de secado debe ser aproximadamente un 60%. Se usa un plato de salpicaduras para evitar la erosión de la capa de arena y para permitir la distribución uniforme de los lodos. Cuando se secan los lodos, se deben separar de la capa de arena y ser desechados. El efluente que es recolectado en la tubería de drenaje también debe ser tratado adecuadamente. La capa superior de arena debe ser de 25 a 30 cm de espesor ya que algo de arena se pierde cada vez que se sacan manualmente los lodos.

Adecuación El secado de lodos es una forma efectiva de disminuir el volumen de los lodos, lo que es especialmente importante cuando requiere transporte a otro lugar para su uso, Co-Compostaje (T14), o desecho. La tecnología no es efectiva para estabilizar la fracción orgánica o disminuir el contenido de patógenos.

Los lechos de secado de lodos son adecuados para comunidades pequeñas o medianas con poblaciones de hasta 100,000 personas y hay espacio económico y disponible lejos de casas y de negocios. Es más adecuada para áreas rurales y periurbanas. Si es diseñada para dar servicio a áreas urbanas, debe ubicarse en la periferia de la comunidad.

Los lodos no son higiénicos y requieren tratamiento adicional antes de su desecho. Lo ideal sería que esta tecnología acompañara a unas instalaciones de Co-Compostaje (T14) para generar un producto higiénico.

Se requiere personal capacitado para la operación y el mantenimiento para asegurar un funcionamiento adecuado.

Esta es una opción de bajo costo que se puede instalar en la mayoría de los climas cálidos y templados. La lluvia excesiva puede impedir que los lodos se asienten y espesen correctamente.

Aspectos de Salud/Aceptación El lodo entrante es patogénico, así que los trabajadores deben estar equipados con protección adecuada (botas, guantes y ropa). El lodo espesado también es infeccioso, aunque es más fácil de manejar y menos propenso a salpicar y rociar. El estanque puede ser una molestia para los residentes cercanos debido a los malos olores y la presencia de moscas. Por lo tanto, el estanque debe estar suficientemente lejos de los centros urbanos.

Mantenimiento Se debe diseñar el Lecho de Secado sin Plantas teniendo en cuenta las tareas de mantenimiento; se deben considerar accesos para personas y camiones para bombear el ingreso de lodos y sacar los lodos secos. Los lodos secos se deben sacar cada 10–15 días. El área de descarga se debe mantener limpia y los drenajes de efluente lavados regularmente. Se debe reemplazar la arena cuando la capa es delgada.

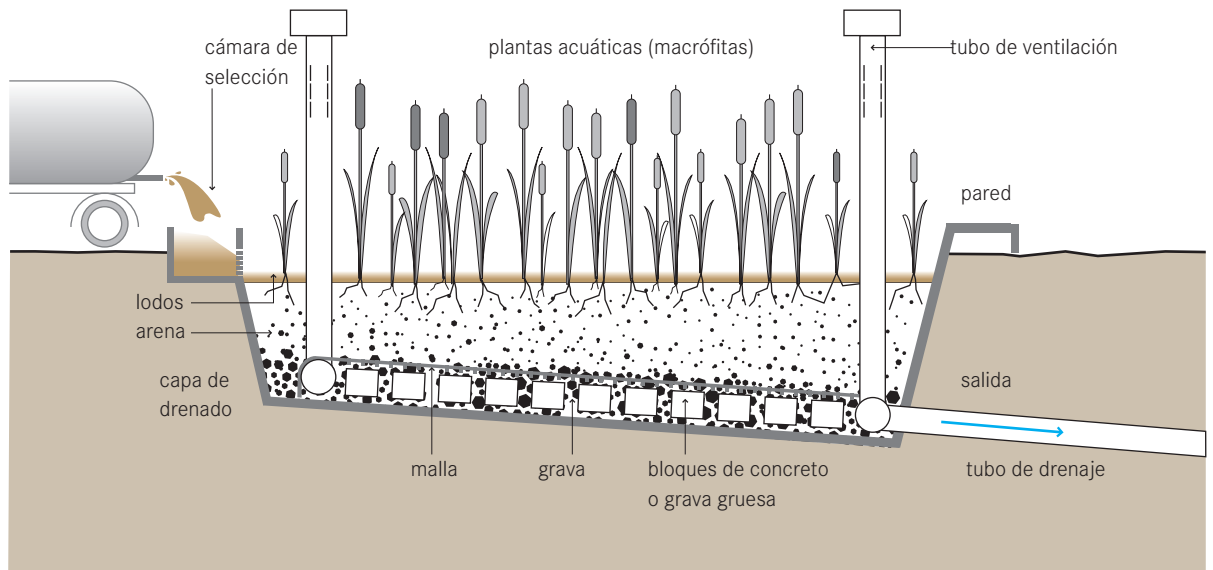
Pros y Contras:

- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Costos de capital moderados; bajos costos de operación
- + Potencial de generación local de empleo y de ingreso
- + No necesita energía eléctrica
- Se requiere una gran área de terreno
- Las moscas y los olores son normalmente perceptibles
- Largos tiempos de almacenamiento
- Requiere diseño y operación de expertos
- Eliminación laboriosa
- El lixiviado requiere tratamiento secundario

Referencias

- _ Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB y McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU.
- _ Heinss, U. y Koottatep, T. (1998). *Use of Reed Beds for Faecal Sludge Dewatering – A Synopsis of Reviewed Literature and Interim Results of Pilot Investigations with Septage Treatment in Bangkok, Thailand*. UEEM Program Report, AIT/EAWAG, Dübendorf, Suiza.
(Comparación con lechos de secado con plantas.)
- _ Montangero, A. y Strauss, M. (2002). *Faecal Sludge Treatment*. Notas de Conferencia, IHE Delft.
Disponible en: www.sandec.ch
- _ Tchobanoglous, G., Burton, F.L. y Stensel, HD. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4a Edición*. Metcalf & Eddy, Nueva York.

Nivel de Aplicación <input type="checkbox"/> Hogar <input checked="" type="checkbox"/> Vecindario <input checked="" type="checkbox"/> Ciudad	Nivel de Manejo <input type="checkbox"/> Hogar <input type="checkbox"/> Compartido <input checked="" type="checkbox"/> Público	Entradas: Lodos Fecales
		Salidas: Lodos Tratados Efluente Forraje



Un Lecho de Secado con Plantas es semejante a un Lecho de Secado sin Plantas (T12) con el beneficio de una transpiración aumentada. La característica clave es que los filtros no requieren ser desazolvados después de cada ciclo de alimentación/secado. Los lodos frescos se pueden aplicar directamente sobre la capa anterior; las plantas y sus sistemas de raíces mantienen la porosidad en el filtro.

Esta tecnología tiene el beneficio de deshidratar y estabilizar los lodos. Asimismo, las raíces de las plantas crean rutas entre los lodos espesados para permitir que el agua escape más fácilmente.

La apariencia del lecho es semejante a la de un Humedal Artificial de Flujo Vertical (T7). Los lechos son rellenos con arena y grava para sostener la vegetación. En lugar de efluente, se aplican lodos a la superficie y el líquido fluye hacia abajo a través de la capa para recolectarse en drenajes. Un diseño general para depositar el lecho es: (1) 250 mm de grava gruesa (diámetro de grano de 20 mm); (2) 250 mm de grava fina (diámetro de grano de 5 mm); y (3) 100–150 mm de arena. Se debe dejar un espacio libre (1 m) por encima de la capa de arena para considerar de 3 a 5 años de acumulación.

Cuando se construye el lecho, las plantas deben ser colo-

cadadas uniformemente y se les debe permitir establecerse antes de aplicar los lodos. Las colas de zorro, los juncos y los carrizos son plantas adecuadas dependiendo del clima.

Se deben aplicar los lodos en capas de 75 a 100 mm y deben volverse a aplicar cada 3 a 7 días dependiendo de las características de los lodos, las condiciones ambientales y las restricciones de operación. Se han reportado tasas de aplicación de lodos de hasta 250 kg/m²/año.

Se pueden sacar los lodos después de 2 a 3 años y usar para la agricultura (aunque el grado de higiene variará con el clima).

Adecuación Esta es una tecnología para disminuir el volumen de los lodos (hasta un 50%) por la descomposición y secado, que es especialmente importante cuando los lodos se deben transportar a otro lugar para su uso, Co-Compostaje (T14), o desecho.

Los lechos de secado con plantas son adecuadas para comunidades pequeñas o medianas con poblaciones de hasta 100,000 personas. Deben localizarse en la periferia de la comunidad. Los lodos no son higiénicos y requieren tratamiento adicional antes de ser desechados. Lo ideal sería que esta tecnología acompañara a unas instalaciones de Co-Compostaje (T14) para generar un producto higiénico.

Se requiere personal capacitado para la operación y el mantenimiento con el fin de asegurar un funcionamiento adecuado.

Aspectos de Salud/Aceptación Debido a su aspecto agradable, debe haber pocos problemas con la aceptación, especialmente si se localizan lejos de densos asentamientos. Los lodos fecales son peligrosos y cualquiera que trabaje con ellos debe usar ropa protectora, botas y guantes.

Mantenimiento Se deben realizar tareas de mantenimiento a los drenajes y el efluente se debe recolectar y desechar adecuadamente. Las plantas deben ser recortadas y/o cosechadas periódicamente.

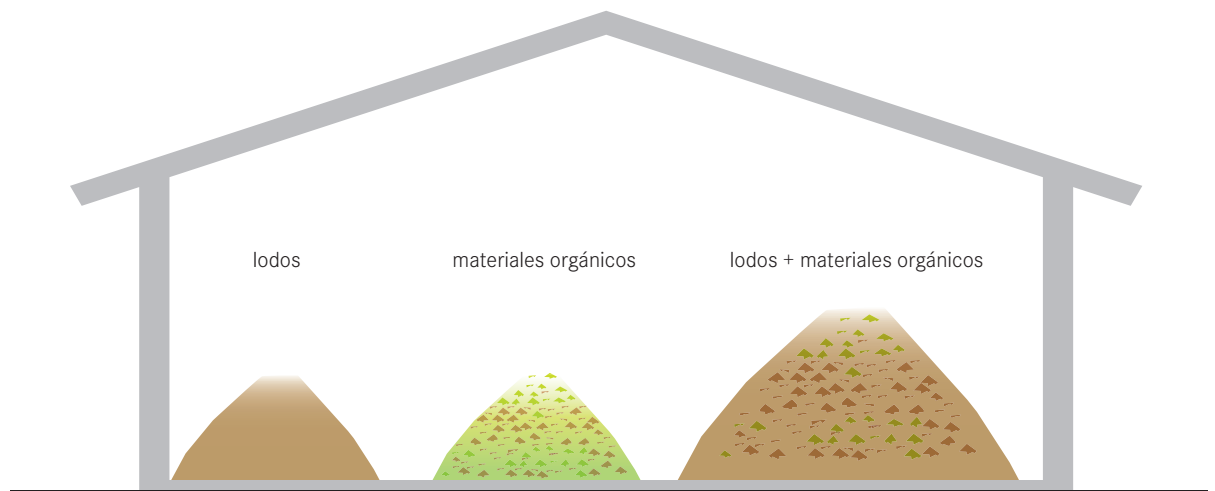
Pros y Contras:

- + Puede manejar altas cargas
- + El cultivo de frutas o forraje puede generar ingresos
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Pequeños costos de capital y de operación
- + Potencial de generación local de empleo y de ingreso
- + No necesita energía eléctrica
- Se requiere una gran área de terreno
- Las moscas y los olores son normalmente perceptibles
- Largos periodos de almacenamiento
- Requiere diseño y operación de expertos
- Eliminación laboriosa
- El lixiviado requiere tratamiento secundario

Referencias

- _ Crites, R. y Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. WCB y McGraw-Hill, Nueva York, EE.UU.
- _ Heinss, U. y Koottatep, T. (1998). *Use of Reed Beds for Faecal Sludge Dewatering – A Synopsis of Reviewed Literature and Interim Results of Pilot Investigations with Septage Treatment in Bangkok, Thailand*. UEEM Program Report, AIT/EAWAG, Dübendorf, Suiza.
Disponible en: www.sandec.ch
- _ Koottatep, T., et al. (2004). Treatment of septage in constructed wetlands in tropical climate – Lessons learnt after seven years of operation. *Water Science & Technology*, 51(9): 119–126.
Disponible en: www.sandec.ch
- _ Montangero, A. y Strauss, M. (2002). *Faecal Sludge Treatment*. Notas de Conferencia, IHE Delft.
Disponible en: www.sandec.ch
- _ Tchobanoglous, G., Burton, FL. y Stensel, HD. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4a Edición*. Metcalf & Eddy, Nueva York, pp. 1578.
- _ Kengne Nounsi, IM. (2008). *Potentials of Sludge drying beds vegetated with Cyperus papyrus L. and Echinochloa pyramidalis (Lam.) Hitchc. & Chase for faecal Sludge treatment in tropical regions*. [Disertación Doctoral]. Yaounde (Camerún): Universidad de Yaounde.
Disponible en: www.nccr-north-south.unibe.ch

<p>Nivel de Aplicación</p> <p><input type="checkbox"/> Hogar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Vecindario</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ciudad</p>	<p>Nivel de Manejo</p> <p><input type="checkbox"/> Hogar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Compartido</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Público</p>	<p>Entradas: <input checked="" type="checkbox"/> Lodos Fecales</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Materiales Orgánicos</p> <p>Salidas: <input checked="" type="checkbox"/> Composta/EcoHumus</p>
---	--	--



El Co-Compostaje es una degradación aeróbica controlada de los materiales orgánicos usando más de una fuente de entrada (lodos fecales y desechos sólidos orgánicos). Los lodos fecales tienen un alto contenido de humedad y de nitrógeno, mientras que los desechos sólidos biodegradables son altos en carbono orgánico y tienen buenas propiedades aglomerantes (p.ej. permiten que el aire fluya y circule). Al combinar ambos, los beneficios de cada uno se aprovechan para optimizar el proceso y el producto.

Para los lodos deshidratados, se debe usar una relación de 1:2 o 1:3 de lodos deshidratados a desechos sólidos. Los lodos líquidos se deben usar en una relación de 1:5 o 1:10 de lodos líquidos a desechos sólidos.

Hay dos tipos de diseños de Co-Compostaje: abierto y cerrado. En el compostaje abierto, el material mezclado (lodos y desechos sólidos) es acumulado en largos montones llamados pilas y se deja descomponer. Las pilas son volteadas periódicamente para proporcionar oxígeno y asegurar que todas las partes de la pila reciben el mismo tratamiento de calor. Las pilas deben ser de por lo menos 1 m de altura, y deben estar aisladas con composta o tierra para promover una distribución uniforme del calor dentro de la pila. Dependiendo del clima y del espacio disponible,

la pila puede ser cubierta para prevenir la evaporación excesiva y protegerla de la lluvia.

El compostaje cerrado requiere humedad y flujo de aire controlados, así como mezclado mecánico. Por lo tanto, no es apropiado generalmente para instalaciones descentralizadas. Aunque el proceso de compostaje parece ser una tecnología pasiva sencilla, las instalaciones requieren una planeación y diseño meticulosos para funcionar bien.

Adecuación Unas instalaciones de Co-Compostaje sólo son adecuadas cuando hay una fuente de desechos sólidos biodegradables bien separados. Los desechos sólidos mezclados con plástico y basura se deben separar antes de poder usarlos. Cuando se hace con cuidado. El Co-Compostaje puede producir un producto limpio, agradable y benéfico que es seguro en su manejo. Es una buena forma de reducir la carga de patógenos en los lodos.

Las instalaciones de Co-Compostaje se pueden adecuar a las condiciones del clima (lluvias, temperatura y vientos). Como la humedad juega un papel importante en el proceso de compostaje, las instalaciones cubiertas son recomendables donde hay fuertes lluvias. Las instalaciones deben estar ubicadas cerca de las Fuentes de desechos orgánicos y lodos fecales (para minimizar el transporte) pero para

minimizar las molestias, no debe estar demasiado cerca de viviendas ni negocios.

Se necesita contar con personal bien entrenado para la operación y el mantenimiento de las instalaciones.

Aspectos de Salud/Aceptación Aunque la composta final puede ser manejada con seguridad, se debe tener cuidado al manejar los lodos fecales. Los operadores deben usar ropa protectora y equipo respiratorio adecuado si el material resulta ser polvo.

Mejora Para optimizar el proceso se usan robustas molidoras para desmenuzar piezas grandes de desechos sólidos (p.ej. pequeñas ramas y cáscaras de coco) y volteadoras de pila; esto reduce la labor manual, y asegura un producto final más homogéneo.

Mantenimiento La mezcla debe ser diseñada cuidadosamente para lograr la relación de C:N, la humedad y el contenido de oxígeno adecuados. Si existen las instalaciones, sería conveniente monitorear la desactivación de los huevos de helminto como una medida de la esterilización. El personal de mantenimiento debe monitorear cuidadosamente la calidad de los materiales de entrada, dar seguimiento a las entradas, salidas, rutinas de volteo, y tiempos de maduración para asegurar un producto de alta calidad. El volteo se debe hacer periódicamente ya sea con una excavadora o a mano. Se deben controlar y monitorear cuidadosamente los sistemas de aireación forzada.

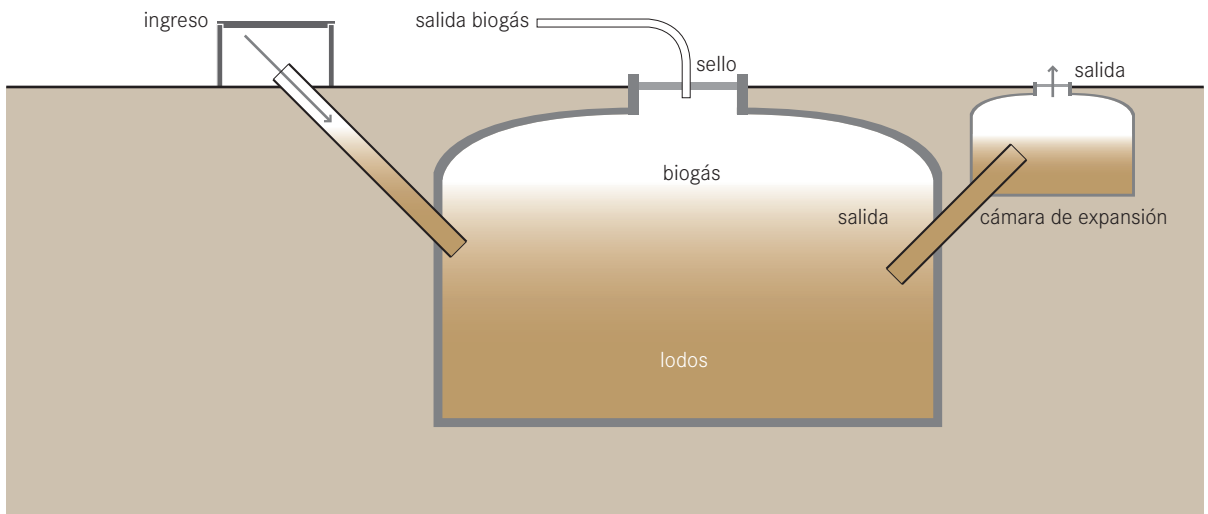
Pros y Contras:

- + Fácil establecimiento y mantenimiento con el entrenamiento adecuado
- + Proporciona un recurso valioso que puede mejorar la agricultura local y la producción de alimentos
- + Considerable eliminación de huevos de helminto (<1 huevo viable/g ST)
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Pequeños costos de capital y de operación
- + Potencial de generación local de empleos y de ingreso
- + No requiere energía eléctrica
- Largos tiempos de almacenamiento
- Requiere diseño y operación de expertos
- Laborioso
- Requiere una gran extensión de terreno (que esté bien localizado)

Referencias

- _ Cofie, O., et al. (2006). Solid-liquid separation of faecal Sludge using drying beds in Ghana: Implications for nutrient recycling in urban agriculture. *Water Research* 40 (1): 75-82.
 - _ Koné, D., et al. (2007). Helminth eggs inactivation efficiency by faecal Sludge dewatering and co-composting in tropical climates. *Water Research* 41 (19): 4397-4402.
 - _ Obeng, LA. y Wright, FW. (1987). *Integrated Resource Recover. The Co-Composting of Domestic Solid and Human Wastes*. El Banco Mundial + UNDP, Washington.
 - _ Shuval, HI., et al. (1981). *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation; Night-soil Composting*. UNDP/WB Contribution to the IDWSSD. El Banco Mundial, Washington.
- Los siguientes reportes se pueden encontrar en la sección de Co-Compostaje de Lodos Fecales del Website de Sandec: www.sandec.ch
- _ Montangero, A., et al. (2002). *Co-composting of Faecal Sludge and Soil Waste*. Sandec/IWMI, Dübendorf, Suiza.
 - _ Strauss, M., et al. (2003). *Co-composting of Faecal Sludge and Municipal Organic Waste - A Literature and State-of-Knowledge Review*. Sandec/IWMI, Dübendorf, Suiza.
 - _ Drescher, S., Zurbrugg, C., Enayetullah, I. y Singha, MAD. (2006). *Decentralised Composting for Cities of Low- and Middle-Income Countries - A User's Manual*. Eawag/Sandec y Waste Concern, Dhaka.

Nivel de Aplicación	Nivel de Manejo	Entradas:
<ul style="list-style-type: none"> ★★ Hogar ★★ Vecindario ★★ Ciudad 	<ul style="list-style-type: none"> ★★ Hogar ★★ Compartido ★★ Público 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Lodos Fecales ■ Aguas Negras ■ Materiales Orgánicos
		Salidas:
		<ul style="list-style-type: none"> ■ Lodos Tratados ■ Efluente ■ Biogás



Un Reactor Anaeróbico de Biogás es una tecnología de tratamiento anaeróbico que produce (a) un lodo digerido para ser usado para enriquecer el terreno y (b) biogás que puede ser usado para energía. El biogás es una mezcla de metano, dióxido de carbono y otras trazas de gases que pueden fácilmente generar electricidad, luz y calor.

Un Reactor Anaeróbico de Biogás es una cámara que facilita la degradación anaeróbica de aguas negras, lodos, y/o desechos biodegradables. También facilita la separación y recolección del biogás que es producido. Se pueden construir los tanques por encima o por debajo del suelo. Se pueden construir tanques prefabricados o cámaras de ladrillo dependiendo del espacio, de los recursos y del volumen de desperdicio generado.

El tiempo de retención hidráulica (TRH) en el reactor debe ser de un mínimo de 15 días en climas cálidos y de 25 días en climas templados. Para entradas altamente patógenas, se debe considerar un TRH de 60 días. Normalmente los Reactores Anaeróbicos de Biogás no son calentados, pero para asegurar la destrucción de los patógenos, el reactor debe ser calentado a una temperatura sostenida de más de 50° C, aunque en la práctica esto sólo se encuentra en los países más industrializados.

Cuando los productos entran en la cámara de digestión, se forman gases por la fermentación. El gas se forma en los lodos pero se recolecta en la parte superior del reactor, mezclando los lodos al ir subiendo. Los reactores de biogás se pueden construir con un domo fijo o con un domo flotante. En el reactor de domo fijo el volumen del reactor es constante. Al irse generando el gas, ejerce presión y desplaza los lodos hacia arriba a una cámara de expansión. Cuando se saca el gas, los lodos fluyen de regreso a la cámara de digestión. La presión generada puede usarse para transportar el biogás por la tubería. En un reactor de domo flotante, el domo asciende y desciende con la producción y extracción del gas. De manera alternativa, el domo se puede expandir (como un globo).

Muy a menudo los reactores de biogás están directamente conectados con retretes de interior (privados o públicos) con un punto de acceso adicional para los materiales orgánicos. A nivel de la vivienda, los reactores se pueden construir con contenedores plásticos o con ladrillo, y pueden estar detrás de la vivienda o ser subterráneos. Los tamaños pueden variar de 1,000 l para una sola familia hasta 100,000 L para aplicaciones públicas o institucionales.

Los lodos producidos son ricos en materiales orgánicos y nutrientes, pero casi sin olor y parcialmente desinfectados

(la completa destrucción de patógenos requiere condiciones termofílicas). Un Reactor de Biogás es usado a menudo como una alternativa para una fosa séptica convencional, ya que ofrece un nivel de tratamiento semejante, pero con el beneficio adicional de la captura de energía. Dependiendo del diseño y de las entradas, el reactor debe ser vaciado una vez cada 6 meses a 10 años.

Adecuación Esta tecnología es fácilmente adaptable y se puede aplicar a nivel vivienda o para un vecindario pequeño (favor de referirse a la Descripción Tecnológica S12: Reactor Anaeróbico de Biogás para ver información sobre la aplicación de un Reactor Anaeróbico de Biogás a nivel vivienda).

El mejor uso de los reactores de biogas es para productos concentrados (p.ej. ricos en materiales orgánicos). Si por ejemplo son instalados en un retrete público y los lodos son muy líquidos, se pueden agregar desechos orgánicos adicionales para mejorar la eficiencia (p.ej. del mercado). Como son compactos y se pueden construir bajo tierra, los biodigestores son apropiados para áreas densas de población o instituciones públicas que generan muchos lodos, pero donde el espacio es limitado.

Para minimizar las pérdidas de distribución, los reactores deben ser instalados cerca del lugar de su uso.

Los reactores de biogás son menos apropiados para climas fríos ya que la producción de gas no es factible económicamente por debajo de los 15°C.

Aspectos de Salud/Aceptación Los lodos digeridos no son completamente higiénicos y aún conllevan riesgos de infección. También hay peligros asociados con los gases inflamables que, si son mal manejados, pueden ser peligrosos para la salud humana.

Mantenimiento Por razones de seguridad el Reactor Anaeróbico de Biogás debe ser bien construido y estanco al gas. Si el reactor está bien diseñado, las reparaciones deberían ser mínimas. Para el arranque del reactor puede usarse estiércol.

Esencialmente, el tanque es automezclable, pero debe ser removido manualmente una vez por semana para prevenir reacciones dispares.

El equipo de gas se debe limpiar cuidadosa y regularmente para prevenir corrosión y fugas.

Una vez al año se deben sacar el lodo y la arena que se asienten en el fondo. Los costos de capital para la infraestructura de transmisión de gas puede incrementar el costo del proyecto. Dependiendo de la calidad de la salida, los costos de capital de la transmisión de gas pueden ser compensados por los ahorros en energía a largo plazo.

estructura de transmisión de gas puede incrementar el costo del proyecto. Dependiendo de la calidad de la salida, los costos de capital de la transmisión de gas pueden ser compensados por los ahorros en energía a largo plazo.

Pros y Contras:

- + Generación de una fuente de energía renovable y valiosa
- + Bajos costos de capital y de operación
- + La construcción subterránea minimiza el uso de terreno
- + Larga vida útil
- + Puede ser construido y reparado con materiales disponibles localmente
- + Pequeños costos de capital y de operación
- + No necesita energía eléctrica
- Requiere diseño y construcción de expertos
- No es factible la producción de gas por debajo de los 15°C
- Los lodos digeridos y el efluente aún requieren tratamiento

Referencias

- Food and Agriculture Organization (FAO) (1996). *Biogas Technology: A Training Manual for Extension*. Consolidated Management Services, Kathmandu. Disponible en: www.fao.org
- Mang, H. and Li, Z. (2010). *Technology review on Biogas sanitation for black water or brown water, or excreta treatment and reuse in developing countries*. German Technical Cooperation (GTZ) GmbH, Eschborn, Germany. Available: <http://www.gtz.de/en/dokumente/gtz2009-en-technology-review-biogas-sanitation.pdf>
- Koottatep, S., Ompong, M. y Joo Hwa, T. (2004). *Biogas: A GP Option For Community Development*. Asian Productivity Organization, Japón. Disponible en: www.apo-tokyo.org
- Rose, GD. (1999). *Community-Based Technologies for Domestic Wastewater Treatment and Reuse: options for urban agriculture*. IDRC, Ottawa. pp 29-32. Disponible en: <http://idinfo.idrc.ca>
- Sasse, L. (1998). *DEWATS: Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. BORDA, Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen, Alemania.