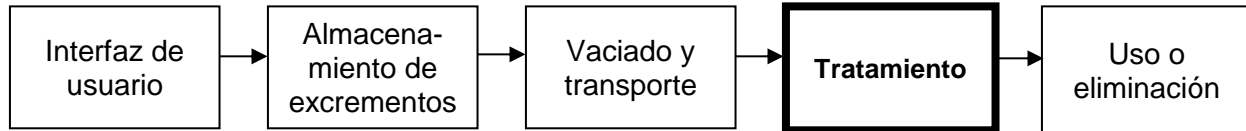


# Resumen técnico: Sistema de saneamiento – Tratamiento de lodos fecales



## Contenido

<b>1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>¿Cuáles son los objetivos del tratamiento?.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Tecnologías de tratamiento de lodos fecales .....</b>	<b>4</b>
3.1	Eliminación de desechos sólidos .....	5
3.2	Tecnologías de espesamiento .....	5
3.3	Tecnologías de estabilización y gestión de nutrientes.....	8
3.4	Inactivación de patógenos .....	11
3.5	Otros.....	12
<b>4</b>	<b>Operación y mantenimiento .....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Gestión de riesgos.....</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>Escala del tratamiento .....</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>Falta de conocimientos .....</b>	<b>16</b>
<b>8</b>	<b>Definiciones.....</b>	<b>17</b>
<b>9</b>	<b>Recursos adicionales .....</b>	<b>18</b>
<b>10</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>18</b>



# Resumen técnico: Tratamiento de lodos fecales

## 1 Introducción

Un sistema de saneamiento se encarga de los excrementos humanos desde el momento en que se generan hasta que se usan o eliminan de forma segura. El cuarto componente del sistema de saneamiento aborda el tratamiento de los lodos fecales a fin de disminuir los riesgos sanitarios y ambientales. La falta de opciones de tratamiento asequibles contribuye al vertido perjudicial de lodos fecales en el ambiente, lo cual reduce los beneficios de construir tecnologías de saneamiento *in situ*.

El tipo y el grado de tratamiento depende del destino final de los lodos fecales. El tratamiento puede orientarse a reducir la cantidad de agentes patógenos hasta un nivel seguro u orientarse a transformar los lodos fecales en un recurso valioso que genere beneficios económicos y ambientales. Al proceso de utilizar un producto en lugar de generar desechos se lo denomina "recuperación de recursos". El tratamiento ayuda a gestionar y reducir los efectos negativos de los lodos fecales y a aumentar la posibilidad de obtener efectos positivos.

En este resumen técnico, se presenta la importancia de tratar los lodos fecales y se explican los distintos objetivos de tratamiento, entre ellos: la inactivación de agentes patógenos, el espesamiento, la gestión de nutrientes y la estabilización. Asimismo, se brinda un resumen general sobre tecnologías emergentes y consolidadas para el tratamiento de los lodos fecales.

Este documento brinda un resumen técnico y no es un manual de diseño. Se debería consultar a un profesional con experiencia para diseñar tecnologías de tratamiento específicas.

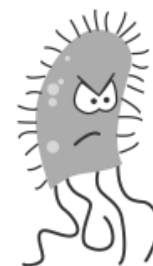
CAWST se centra en la planificación, el diseño y la implementación de proyectos de saneamiento *in situ* para comunidades de bajos ingresos que no están conectadas al sistema de alcantarillado. Para esas comunidades, el saneamiento a nivel domiciliario o descentralizado ofrece una solución higiénica y asequible.

Los recursos educativos de CAWST son de contenido abierto y están disponibles gratuitamente, junto con el cronograma de talleres internacionales de capacitación, en: <https://resources.cawst.org> y [www.cawst.org/training](http://www.cawst.org/training).

## 2 ¿Cuáles son los objetivos del tratamiento?

El tipo y el grado de tratamiento depende del destino final de los lodos fecales. Hay cuatro objetivos principales de tratamiento: (1) la inactivación de agentes patógenos, (2) el espesamiento, (3) la estabilización y (4) la gestión de nutrientes.

1. **Inactivación de agentes patógenos:** con frecuencia, un objetivo fundamental del tratamiento de lodos fecales es reducir la cantidad de agentes patógenos para proteger la salud pública. Los agentes patógenos son las bacterias, los virus, los protozoos y los helmintos que causan enfermedades. El grado de reducción de agentes patógenos necesario depende del uso que vayan a tener los lodos fecales o de su eliminación. Por ejemplo: a fin de usar los lodos fecales como fertilizante agrícola se requiere más tratamiento para reducir los agentes patógenos que si se los entierra.



# Resumen técnico: Tratamiento de lodos fecales

El tratamiento inactiva los agentes patógenos de diversas maneras. Los mecanismos se describen en el resumen técnico de CAWST "Tratamiento de lodos fecales – Mecanismos de inactivación de agentes patógenos".

Para más información sobre los agentes patógenos, véase el resumen técnico de CAWST "¿Qué son los lodos fecales?".

2. **Espesamiento:** por naturaleza, los lodos fecales tienen un contenido elevado de agua. El espesamiento elimina el agua presente en los lodos fecales. En ocasiones, también se utiliza el término "secado", que implica un grado mayor de sequedad. Para entender la diferencia entre el espesamiento y el secado, pensemos en una toalla mojada. Primero hay que retorcer la toalla (espesamiento- quitarle lo "grosso" del agua) y luego colgarla para que se seque (secado).



El agua es pesada. El espesamiento reduce el peso y el volumen de los lodos, lo que hace que su gestión sea más fácil, barata y segura. Los lodos espesados también atraen menos cantidad de vectores (como moscas y ratas) y desprenden menos olor. Asimismo, cuanto más agua haya en los lodos fecales, mayor será el riesgo de contaminación del agua superficial y subterránea. Los agentes patógenos de los lodos fecales húmedos se infiltran en el suelo más rápido y se desplazan más lejos que los agentes patógenos de los lodos fecales secos.

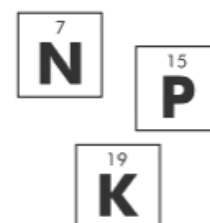
A veces, es necesario efectuar el espesamiento antes de usar otras tecnologías de tratamiento. Por ejemplo, si se quiere compostar los lodos fecales de una fosa séptica, primero habría que espesarlos, dado que los lodos fecales de una fosa séptica tienen mucha humedad y el compostaje es más eficiente cuando los lodos están secos. Sin embargo, no resulta fácil espesar todos los lodos fecales. En general, es más difícil espesar los lodos que no han sido estabilizados (Strande et al., 2014).

3. **Estabilización:** que los lodos fecales estén estabilizados significa que la materia orgánica de fácil descomposición fue degradada por microorganismos. Los lodos fecales contienen mucha cantidad de materia orgánica, que puede resultar beneficiosa para las plantas o contaminar el agua superficial. Los lodos estabilizados son más previsibles, desprenden menos olor y contienen nutrientes que las plantas y los microorganismos del suelo pueden aprovechar con más facilidad.



Si el objetivo es generar energía, en principio se querrán utilizar lodos fecales que estén menos estabilizados. La descomposición de la materia orgánica durante el proceso de estabilización genera energía. En un entorno anaeróbico, se genera biogás. En un entorno aeróbico, se genera calor. Los lodos fecales que están menos estabilizados tienen el potencial de generar más cantidad de energía.

4. **Gestión de nutrientes:** los lodos fecales contienen nutrientes, como nitrógeno, potasio y fósforo, que son necesarios para el cultivo de plantas. Los agricultores los utilizan para incrementar el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, dichos nutrientes también pueden infiltrarse en el suelo hasta el agua subterránea o ser transportados



# Resumen técnico: Tratamiento de lodos fecales

por la escorrentía pluvial hasta cuerpos de agua superficiales. Pueden contaminar el agua de consumo y el medioambiente.

Por lo general, la gestión de nutrientes implica cambiar el estado de los nutrientes (p. ej.: de líquido a sólido o de orgánico a inorgánico). Durante el tratamiento, no siempre se eliminan los nutrientes, sino que se los transforma. Cuando se estabiliza la materia orgánica, los nutrientes también se estabilizan (es decir, se los incorpora a la materia orgánica).

El estado de los nutrientes es importante para gestionar los lodos fecales y proteger el ambiente. Por ejemplo: el nitrógeno en estado orgánico (p. ej.: en el abono) es estable y se libera lentamente. Es posible aplicarlo de manera directa a los cultivos y usarlo de forma provechosa. En cambio, el nitrógeno en estado inorgánico o iónico (p. ej.: en aguas de lixiviación) puede tener un efecto negativo. Por ejemplo: podría dañar los cultivos si se lo aplica directamente, infiltrarse en el suelo hasta las aguas subterráneas o volatilizarse en el ambiente y dañarlo.

## 3 Tecnologías de tratamiento de lodos fecales

Hay muchas tecnologías para tratar los lodos fecales. Cada una apunta a objetivos de tratamiento distintos, emplea productos diferentes y tiene un grado de desarrollo distinto.

El tratamiento de lodos fecales es un proceso. Para tratarlos de manera eficaz, tal vez sea necesario usar diversas tecnologías de tratamiento en un orden específico. Por ejemplo: quizás los lodos contengan mucha cantidad de agua y sea preciso extraerla antes de emplear otras tecnologías, como el compostaje o la incineración.

La selección de tecnologías depende de los siguientes factores:

1. **Objetivo final:** es importante tener en cuenta el objetivo final al seleccionar tecnologías de tratamiento adecuadas. En primer lugar, para saber cuál es el tratamiento que hace falta, es necesario saber con qué fin se usarán los lodos fecales o de qué forma se los eliminará. Por ejemplo: si se desea usar los lodos fecales en actividades agrícolas, es preciso centrarse en el espesamiento, la estabilización y la inactivación de agentes patógenos a niveles seguros. Sin embargo, si la meta es generar energía, resulta importante el secado y la inactivación de agentes patógenos puede ser menos prioritaria.

Para más información sobre el uso y la eliminación de lodos fecales, véanse los resúmenes técnicos de CAWST "Uso de los lodos fecales" y "Eliminación de los lodos fecales".

2. **Características y cantidad de lodos fecales:** los lodos fecales de una tecnología de saneamiento *in situ* pueden diferir en gran medida de los lodos de una tecnología diferente. La composición de los lodos (su contenido), la consistencia (cuán líquidos o sólidos son) y la cantidad dependen de diversos factores. Entre ellos, podríamos mencionar el tipo y la cantidad de tecnologías de saneamiento *in situ*, la cantidad de aguas grises agregadas, el método de vaciado y el clima. Es importante conocer las características de los lodos fecales para seleccionar tecnologías de tratamiento adecuadas. Ciertas tecnologías de tratamiento, por ejemplo, funcionan mejor con lodos secos (p. ej.: el compostaje) y otras con lodos húmedos (p. ej.: los estanques de sedimentación y espesamiento).

Para más información sobre las características de los lodos, véase el resumen técnico de CAWST "¿Qué son los lodos fecales?".

3. **Grado de desarrollo de las tecnologías:** la cantidad de investigación y el nivel de conocimientos sobre las tecnologías de tratamiento también pueden influir sobre la

# Resumen técnico: Tratamiento de lodos fecales

selección de tecnologías. Algunas tecnologías están consolidadas para el tratamiento de lodos fecales, mientras que otras son novedosas y están en desarrollo. Además, hay tecnologías que están en proceso de transferencia y adaptación desde el sector de tratamiento de aguas residuales u otros sectores de tratamiento de lodos fecales. Hay más información operativa sobre las tecnologías consolidadas.

4. **Otros factores:** en un contexto dado, la selección de tecnologías también dependerá de los recursos económicos, el costo, la disponibilidad local de materiales, la disponibilidad de espacio y tierras, las características del suelo y el agua subterránea, la disponibilidad constante de energía eléctrica, las habilidades y las capacidades para diseñar y operar las tecnologías y las cuestiones relativas a la gestión (Tilley et al., 2014).

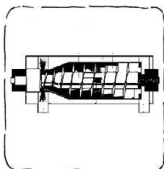
## 3.1 Eliminación de desechos sólidos

Por lo general, los usuarios usan las tecnologías de saneamiento *in situ*, como las letrinas de fosa, a modo de cesto de basura. En un estudio realizado por un grupo de investigación de contaminación en Durban, Sudáfrica, se hallaron diversos tipos de residuos en las letrinas, entre ellos: plásticos (flexibles y rígidos), cabelleras postizas, productos menstruales, telas, vidrio y metales (Velkushanova, 2015).


En primer lugar, como parte del proceso de tratamiento, deben eliminarse los residuos sólidos de los lodos fecales, ya sea manualmente o tamizando los lodos con una malla.


## 3.2 Tecnologías de espesamiento

En las siguientes tablas, se resumen las distintas tecnologías usadas para espesar los lodos fecales.


	<b>Espesamiento mecánico</b>		En transferencia desde el área de tratamiento de aguas residuales
	<b>Diseño:</b> las tecnologías de espesamiento mecánico incluyen el filtro prensa de correa, el filtro prensa de marco, la prensa de tornillo y la fuerza centrífuga. Las fuerza mecánicas quitan el agua los lodos fecales (por ejemplo, la fuerza centrífuga).		
	<b>Operación:</b> a menudo se añaden acondicionadores a los lodos fecales antes del espesamiento mecánico. Los acondicionadores son productos que ayudan a espesar los lodos con mayor eficacia.		
	<b>Grado de espesamiento</b>	<b>Grado de inactivación de agentes patógenos</b>	<b>Estabilización o gestión de nutrientes</b>
Alto	Bajo	No	

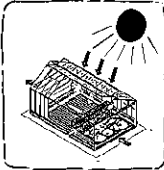
# Resumen técnico: Tratamiento de lodos fecales

	<b>Lecho de secado con plantas</b>		Tecnología consolidada
	<p>También denominado "lecho de filtrado con plantas", "humedal artificial de flujo vertical" y "lecho de juncos para el secado de lodos".</p> <p><b>Diseño:</b> un lecho de secado con plantas se llena con material filtrante; generalmente, se usa grava en la parte inferior y arena en la superior. Las plantas seleccionadas para un clima específico crecen en el medio filtrante. La parte inferior del lecho está revestida, tiene una pendiente y tubos perforados para drenar el líquido (llamado "efluente").</p> <p><b>Operación:</b> los lechos de secado con plantas funcionan en forma (semi)continua. Los lodos fecales se colocan en la superficie del lecho y el líquido fluye a través de la arena y la grava. La mayor parte de la porción sólida de los lodos se mantiene en la superficie. Una parte del agua que queda en los lodos se elimina mediante evapotranspiración. Los lodos se pueden depositar en los lechos sin eliminarlos por un período de años. En función del tiempo de retención, los lodos espesados se estabilizan.</p>		
	<b>Grado de espesamiento</b>	<b>Grado de inactivación de agentes patógenos</b>	<b>Estabilización o gestión de nutrientes</b>
	Intermedio	Intermedio	Sí

	<b>Lecho de secado sin plantas</b>		Tecnología consolidada
	<p>También denominado "lecho de secado en arena".</p> <p><b>Diseño:</b> los lechos de secado sin plantas filtran/espesan los lodos fecales. Un lecho de secado sin plantas se llena con material filtrante; generalmente, se usa grava en la parte inferior y arena en la superior. La parte inferior del lecho está revestida, tiene una pendiente y tubos perforados para drenar el líquido (llamado "efluente" o "lixiviado").</p> <p><b>Operación:</b> los lechos de secado sin plantas funcionan en tandas. Los lodos se colocan en la superficie del lecho y el líquido fluye a través de la arena y la grava durante cierta cantidad de días. La mayor parte de la porción sólida de los lodos se mantiene en la superficie. Una parte del agua que queda en los lodos se elimina por evaporación. Luego, se eliminan los lodos espesados de la superficie manual o mecánicamente.</p>		
	<b>Grado de espesamiento</b>	<b>Grado de inactivación de agentes patógenos</b>	<b>Estabilización o gestión de nutrientes</b>
	Alto	Intermedio	No


# Resumen técnico: Tratamiento de lodos fecales


	<b>Sedimentación y espesamiento</b>		Tecnología consolidada
	<p><b>Diseño:</b> las tecnologías de asentamiento y espesamiento aumentan la densidad de los lodos fecales y los deshidratan. Los sólidos se asientan en la parte inferior mientras los lodos fecales fluyen de un extremo al otro del estanque o tanque. El líquido (efluente) fluye a través de la salida y requiere tratamiento adicional. Algunos sólidos (por ejemplo, grasas y aceites) flotan en la parte superior y forman una capa de nata. Algunos ejemplos de estas tecnologías son: los tanques de asentamiento y espesamiento, los sedimentadores, los tanques Imhoff y las fosas sépticas.</p> <p><b>Operación:</b> las tecnologías de asentamiento y espesamiento funcionan en forma (semi)continua. A menudo, se utilizan dos estanques o tanques alineados. Mientras uno está en funcionamiento, los lodos se espesan en el otro. Luego, los lodos se bombean para continuar el tratamiento.</p>		
	<b>Grado de espesamiento</b>	<b>Grado de inactivación de agentes patógenos</b>	<b>Estabilización o gestión de nutrientes</b>
	Alto	Bajo	No

	<b>Secado térmico</b>		En transferencia desde el área de tratamiento de aguas residuales
	<p><b>Diseño:</b> las tecnologías de secado térmico eliminan más humedad de los lodos fecales espesados.</p> <p><b>Operación:</b> las tecnologías de secado térmico funcionan por lotes, en forma continua o semicontinua. La energía empleada para secar puede ser solar o de otro tipo, por ejemplo: el calor residual de las industrias. Por lo general, el secado solar se lleva a cabo en un invernadero de cubiertas transparentes. Los lodos se extienden en el suelo en cuencas de poca profundidad. La temperatura del invernadero aumenta con la luz solar y el agua de los lodos se evapora. El invernadero debe tener buena ventilación para eliminar el aire húmedo.</p>		
	<b>Grado de espesamiento</b>	<b>Grado de inactivación de agentes patógenos</b>	<b>Estabilización o gestión de nutrientes</b>
	Intermedio	Intermedio	No

# Resumen técnico: Tratamiento de lodos fecales

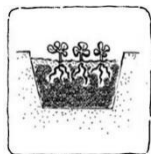
## 3.3 Tecnologías de estabilización y gestión de nutrientes


	<b>Digestión anaeróbica</b>		En transferencia desde el área de tratamiento de aguas residuales
	<p>También denominada "reactor de biogás".</p> <p><b>Diseño:</b> la digestión anaeróbica estabiliza los lodos fecales. Convierte los lodos fecales en (1) biogás que puede usarse como energía y (2) un fango que puede utilizarse como fertilizante.</p> <p><b>Operación:</b> la digestión anaeróbica funciona en forma (semi)continua. Los lodos fecales ingresan a un reactor hermético. Los microorganismos descomponen la materia orgánica de los lodos fecales en ausencia de oxígeno (condiciones anaeróbicas). Este proceso produce metano, también llamado "biogás". Una parte de los lodos fecales, denominada "digestato", permanece en el reactor luego de la descomposición y debe eliminarse para el funcionamiento continuo. Los lodos fecales se pueden codigerir con materia orgánica (como desechos de alimentos y excrementos de animales) para aumentar el volumen de biogás. La digestión anaeróbica es un proceso delicado de manejar y se puede alterar fácilmente.</p>		
	<b>Grado de espesamiento</b>	<b>Grado de inactivación de agentes patógenos</b>	<b>Estabilización o gestión de nutrientes</b>
	Ninguno	Bajo	Sí


	<b>Larvas de mosca soldado negra</b>		Tecnología novedosa
	<p><b>Diseño:</b> las larvas de mosca soldado negra ingieren lodos fecales y, al hacerlo, reducen el volumen y estabilizan los lodos. Las larvas de mosca soldado negra son ricas en grasas y proteínas. Se utilizan como fuente de proteína para alimentar al ganado. La mosca soldado negra no necesita comer una vez que puede volar; de hecho, no tiene boca. Por lo tanto, no son un vector y no propagan agentes patógenos.</p> <p><b>Operación:</b> el tratamiento con larvas de mosca soldado negra se realiza por lotes o de forma semicontinua. Los lodos fecales se colocan en un recipiente con huevos o larvas de mosca soldado negra. También se pueden añadir otros flujos de residuos orgánicos para ser cotratados. Las larvas se recolectan periódicamente para alimentar al ganado.</p>		
	<b>Grado de espesamiento</b>	<b>Grado de inactivación de agentes patógenos</b>	<b>Estabilización o gestión de nutrientes</b>
	Ninguno	Bajo	Sí




# Resumen técnico: Tratamiento de lodos fecales

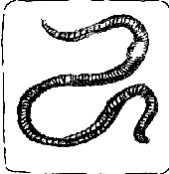
	<b>Zanjas profundas</b>		Tecnología consolidada
	<p><b>Diseño:</b> las zanjas profundas son un método de eliminación y se usan como corrector de suelos. Se necesita un diseño y operación cuidadosos para no contaminar el agua subterránea.</p> <p><b>Operación:</b> las zanjas profundas se utilizan en tandas. Los lodos fecales sin tratar se colocan en zanjas y luego se cubren con tierra. Se plantan árboles sobre la zanja o al lado de ella. La longitud y la profundidad de la zanja dependen del nivel de la capa freática y la cantidad de lodos fecales. La zanja puede estar revestida con una capa de arcilla, por ejemplo, para reducir el riesgo de contaminación del agua subterránea.</p>		
	<b>Grado de espesamiento</b>	<b>Grado de inactivación de agentes patógenos</b>	<b>Estabilización o gestión de nutrientes</b>
	Bajo	Bajo	Sí


	<b>Estanque de peces</b>		Tecnología novedosa / en transferencia desde el área de tratamiento de aguas residuales
	<p><b>Diseño:</b> los estanques de peces proporcionan un hábitat fértil para que los peces, como la carpa, se alimenten de plantas y organismos acuáticos. Los sólidos se asientan en la parte inferior mientras los lodos fecales fluyen de un extremo al otro del estanque o tanque. El líquido (efluente) fluye a través de la salida y requiere tratamiento adicional.</p> <p><b>Operación:</b> los estanques de peces están revestidos para evitar la contaminación del agua subterránea. Los lodos sedimentados se bombean periódicamente para continuar el tratamiento. Los peces y las plantas acuáticas se cosechan con frecuencia. Los pescados se pueden utilizar como alimento para animales. Los pescados se deben cocinar bien si se usan para el consumo humano.</p>		
	<b>Grado de espesamiento</b>	<b>Grado de inactivación de agentes patógenos</b>	<b>Estabilización o gestión de nutrientes</b>
	Bajo	Bajo	Sí

	<b>Incineración</b>		Tecnología en transferencia
	<p><b>Diseño:</b> la incineración implica que los lodos fecales secos se convierten en cenizas a altas temperaturas (entre 850 y 900°C). La incineración reduce el volumen de los lodos y destruye todos los agentes patógenos. Las cenizas se pueden enterrar o se pueden utilizar como material de construcción o cobertura. Los lodos fecales secos pueden emplearse a modo de combustible en procesos industriales, como en los hornos de cemento. La incineración produce emisiones atmosféricas, que se deben controlar para evitar efectos ambientales negativos.</p> <p><b>Operación:</b> es necesario espesar los lodos antes de incinerarlos.</p>		
	<b>Grado de espesamiento</b>	<b>Grado de inactivación de agentes patógenos</b>	<b>Estabilización o gestión de nutrientes</b>
	Alto	Alto	Sí

## Resumen técnico: Tratamiento de lodos fecales


	<b>Estanque de plantas acuáticas</b>		Tecnología novedosa / en transferencia desde el área de tratamiento de aguas residuales
	<p><b>Diseño:</b> en estos estanques se cultivan plantas acuáticas (p. ej.: lenteja de agua, berro, espinaca de agua y mimosa de agua) utilizando los nutrientes de los lodos fecales. Los sólidos se asientan en la parte inferior mientras los lodos fecales fluyen de un extremo al otro del estanque o tanque. El líquido (efluente) fluye a través de la salida y requiere tratamiento adicional.</p> <p><b>Operación:</b> los estanques de plantas acuáticas están revestidos para evitar la contaminación del agua subterránea. Los lodos sedimentados se bombean periódicamente para continuar el tratamiento. Las plantas acuáticas se cosechan con frecuencia. Se pueden utilizar como alimento para animales.</p>		
	<b>Grado de espesamiento</b>	<b>Grado de inactivación de agentes patógenos</b>	<b>Estabilización o gestión de nutrientes</b>
	Bajo	Bajo	Sí


	<b>Lombricompostaje</b>		Tecnología novedosa / en transferencia desde el área de tratamiento de aguas residuales
	<p><b>Diseño:</b> el lombricompostaje estabiliza los lodos fecales espesados. Las lombrices de compostaje descomponen la materia orgánica a medida que la atraviesan. El lombricompostaje produce un mejorador de suelos, que se considera un tipo de abono.</p> <p><b>Operación:</b> el lombricompostaje se hace por lotes o en forma (semi)continua. Se requiere una capa de asiento, como virutas de madera o paja. El proceso genera un efluente. A pequeña escala, se puede hacer en un recipiente oscuro y bien ventilado, y drenar el efluente. A gran escala, el lombricompostaje se realiza en pilas o hileras cubiertas, y el efluente se infiltra en el suelo.</p>		
	<b>Grado de espesamiento</b>	<b>Grado de inactivación de agentes patógenos</b>	<b>Estabilización o gestión de nutrientes</b>
	Ninguno	Bajo	Sí


	<b>Lombrifiltro</b>		Tecnología novedosa / en transferencia desde el área de tratamiento de aguas residuales
	<p><b>Diseño:</b> los lombrifiltros son filtros que contienen lombrices de compostaje. Los lodos fecales se añaden directamente a los filtros, en los cuales las lombrices de compostaje y el entorno estabilizan los lodos fecales a través del lombricompostaje. El lombricompostaje estabiliza los lodos fecales espesados. Las lombrices de compostaje descomponen la materia orgánica a medida que la atraviesan. Los lombrifiltros requieren una capa de material de asiento (donde viven las lombrices) y una capa de filtración. El material del lecho debe estar compuesto por materia orgánica, como virutas de madera. La capa de filtración puede estar compuesta por una variedad de materiales, como la grava.</p> <p><b>Operación:</b> la lombrifiltración se realiza en forma semicontinua.</p>		
	<b>Grado de espesamiento</b>	<b>Grado de inactivación de agentes patógenos</b>	<b>Estabilización o gestión de nutrientes</b>
	Bajo	Bajo	Sí

# Resumen técnico: Tratamiento de lodos fecales


## 3.4 Inactivación de patógenos

	<b>Co-compostaje</b>		Tecnología consolidada
	<p><b>Diseño:</b> el co-compostaje estabiliza los lodos fecales e inactiva los agentes patógenos. Los microorganismos descomponen la materia orgánica ante la presencia de oxígeno. Si el proceso se controla adecuadamente, la temperatura de la pila aumenta, lo que da como resultado la inactivación de los agentes patógenos. De lo contrario, se necesita almacenamiento o curado adicional para reducir los agentes patógenos. El proceso produce abono, un material fértil oscuro similar a la tierra, que se puede utilizar como mejorador de suelos.</p> <p><b>Operación:</b> el co-compostaje se realiza por lotes. Los lodos fecales y otros materiales orgánicos (p. ej.: residuos de alimentos, virutas de madera) se colocan en pilas o filas. Para garantizar un proceso de compostaje óptimo, se deben controlar varios parámetros, entre ellos: la temperatura, la humedad, la proporción entre carbono y nitrógeno y la concentración de oxígeno.</p>		
	<b>Grado de espesamiento</b>	<b>Grado de inactivación de agentes patógenos</b>	<b>Estabilización o Gestión de nutrientes</b>
	Bajo	Alto	Sí

	<b>Tratamiento alcalino</b>		En transferencia desde el área de tratamiento de aguas residuales
	<p><b>Diseño:</b> el tratamiento alcalino aumenta el pH de los lodos fecales e inactiva los agentes patógenos si se dosifica y mezcla correctamente. La adición de sustancias químicas alcalinas también se utiliza para reducir los olores, la humedad y las moscas.</p> <p><b>Operación:</b> el tratamiento alcalino generalmente se realiza por lotes. Se añade una dosis recomendada de sustancias químicas alcalinas, como cal o cenizas, a los lodos fecales y se mezcla. La dosis depende de la sustancia química alcalina, el contenido de agua de los lodos y la cantidad de lodos.</p>		
	<b>Grado de espesamiento</b>	<b>Grado de inactivación de agentes patógenos</b>	<b>Estabilización o gestión de nutrientes</b>
	Ninguno	Alto	No

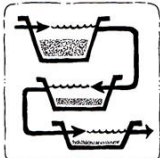
	<b>Tratamiento a base de amoníaco</b>		Tecnología novedosa
	<p><b>Diseño:</b> las concentraciones altas de amoníaco son tóxicas para los agentes patógenos y producen la inactivación de estos últimos. Se puede utilizar el amoníaco proveniente de la orina o los fertilizantes.</p> <p><b>Operación:</b> la urea se mezcla con lodos fecales por lotes. La dosis depende de la concentración de urea necesaria, el contenido de agua de los lodos y los sólidos totales.</p>		
	<b>Grado de espesamiento</b>	<b>Grado de inactivación de agentes patógenos</b>	<b>Estabilización o gestión de nutrientes</b>
	Ninguno	Se necesita más investigación	No

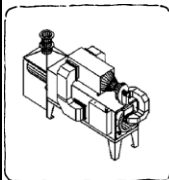
# Resumen técnico: Tratamiento de lodos fecales

	<b>Almacenamiento</b>		Tecnología consolidada
	<p><b>Diseño:</b> los lodos fecales se almacenan en forma segura para inactivar los agentes patógenos. El almacenamiento se debe planificar y monitorear; no se recomienda frente a otras opciones de tratamiento de lodos fecales.</p> <p><b>Operación:</b> el almacenamiento se realiza por lotes o en forma (semi)continua. Los lodos fecales secos se almacenan en un área seca designada. Las condiciones deben ser propicias para la reducción de agentes patógenos (por ejemplo, sequedad o temperatura) y monitoreadas debido a que se desconocen las condiciones específicas de funcionamiento.</p>		
	<b>Grado de espesamiento</b>	<b>Grado de inactivación de agentes patógenos</b>	<b>Estabilización o gestión de nutrientes</b>
	Bajo	Alto	No

Nota: el grado de inactivación se basa en la operación y el mantenimiento correctos de las tecnologías de tratamiento. Si una tecnología no se emplea correctamente, el nivel de tratamiento puede ser inferior.

## 3.5 Otros

	<b>Co-tratamiento con aguas residuales</b>		Tecnología en transferencia desde el área de tratamiento de aguas residuales
	<p><b>Diseño:</b> el efluente que proviene de tecnologías de tratamiento de lodos fecales generalmente necesita más tratamiento antes de descargarlo en cuerpos de agua o usarlo para el riego. Las tecnologías de tratamiento de efluentes incluyen los estanques de estabilización de desechos, los reactores anaeróbicos con deflectores, los humedales artificiales (también llamados "filtros de grava con plantas"), los lechos de secado con plantas y los filtros anaeróbicos. El efluente se puede tratar con o sin aguas residuales.</p> <p><b>Operación:</b> estas tecnologías no se pueden utilizar para tratar lodos fecales, sino más bien el efluente de otras tecnologías de tratamiento (excepto los lechos de secado con plantas).</p>		
	<b>Grado de espesamiento</b>	<b>Grado de inactivación de agentes patógenos</b>	<b>Estabilización o gestión de nutrientes</b>
	Depende de la tecnología	Depende de la tecnología	Depende de la tecnología

	<b>Peletización</b>		En transferencia desde el área de alimentación animal y producción de biocombustibles
	<p><b>Diseño:</b> los lodos espesados se convierten en pélets al comprimirlos a través de una boquilla o placa. Los pélets son densos, de composición uniforme y relativamente fáciles de almacenar, transportar y comercializar.</p> <p><b>Operación:</b> la peletización se puede utilizar para mejorar el secado, por ejemplo, con el proceso Bioburn que procesa pélets al 50% de humedad, que luego se pueden secar hasta el 90% sin energía térmica adicional. Otras peletizadoras espesan o secan los lodos cuando se combinan con otras tecnologías, como el secador térmico en la tecnología LaDePa. Otras tecnologías de peletización requieren que los lodos se sequen primero y luego se compriman en forma de pélets con un aglutinante.</p>		
	<b>Grado de espesamiento</b>	<b>Grado de inactivación de agentes patógenos</b>	<b>Estabilización o gestión de nutrientes</b>

# Resumen técnico: Tratamiento de lodos fecales

	Bajo	Bajo a alto	No
--	------	-------------	----

## 4 Operación y mantenimiento

A menudo, incluso las tecnologías que están bien diseñadas fallan a causa de errores en la operación y el mantenimiento, definidos estos últimos como:

- **Operación:** todas las actividades que son necesarias para garantizar que una tecnología de tratamiento de lodos fecales ofrezca servicios de tratamiento acordes al diseño. Algunas tareas relativas a la operación son:
  - el agregado de lodos a los lechos de secado;
  - la eliminación de lodos de los tanques de sedimentación;
  - la eliminación de lodos de los lechos de secado;
  - el control y el vaciado en los procesos de filtrado;
  - el procesamiento (p. ej.: la mezcla de elementos durante el compostaje o el agregado de cal);
  - la recolección y el posterior tratamiento o eliminación de efluentes;
  - el almacenamiento y la comercialización de los productos obtenidos a partir del tratamiento.
- **Mantenimiento:** todas las actividades que garantizan el funcionamiento a largo plazo del equipo y la infraestructura. Algunas tareas relativas al mantenimiento son:
  - la limpieza;
  - el control de la corrosión;
  - la reparación de fugas y la verificación del funcionamiento de las válvulas;
  - el engrasado de equipos mecánicos (p. ej.: bombas);
  - la puesta a punto de equipos mecánicos (p. ej.: la limpieza del filtro de las bombas);
  - el control de vegetación y plagas.

Algunas dificultades observadas comúnmente respecto de la operación y el mantenimiento:

- falta de viabilidad económica;
- falla de los equipos (p. ej.: las bombas);
- cadenas de suministro poco fiables para la provisión de materiales;
- operación y mantenimiento deficientes por parte de contratistas que prestan un servicio determinado (p. ej.: la eliminación de lodos de estanques o tanques);
- contaminación causada por lodos industriales;
- cortes de energía eléctrica;
- falta de capacitación del personal;
- condiciones meteorológicas adversas (p. ej.: precipitaciones);
- olores.

# Resumen técnico: Tratamiento de lodos fecales

En la siguiente tabla, se identifican posibles soluciones para superar las dificultades más comunes relacionadas con la operación y el mantenimiento. Resulta fundamental desarrollar e implementar un plan detallado de operación y mantenimiento y, además, un plan de monitoreo para garantizar su correcta implementación.

**Tabla: Soluciones para superar dificultades comunes en materia de operación y mantenimiento**

Mejora de la viabilidad económica	Prevención de fallas de los equipos	Mejora de la cadena de suministro de materiales	Prevención de la contaminación causada por lodos industriales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar el flujo de dinero dentro del proceso de tratamiento en su totalidad.</li> <li>• Fijar impuestos sanitarios y tasas de vertido acordados.</li> <li>• Investigar o modificar la comercialización de productos generados a partir del tratamiento.</li> <li>• Investigar el rol de las alianzas público-privadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer procedimientos operativos estándar (POE) para todos los equipos y procesos de tratamiento.</li> <li>• Implementar un plan de monitoreo de los centros de tratamiento.</li> <li>• Fijar intervalos para la realización del mantenimiento.</li> <li>• Firmar contratos de prestación de servicios.</li> <li>• Aumentar los intervalos en los que se realiza el mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar materiales que puedan producirse o conseguirse en el ámbito local.</li> <li>• Usar equipos que puedan repararse con repuestos disponibles localmente.</li> <li>• Usar equipos que puedan repararse a nivel local.</li> <li>• Establecer cadenas de suministro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorear los flujos que ingresan al centro de tratamiento.</li> <li>• Identificar las fuentes de origen de los lodos industriales.</li> <li>• Registrar el origen, el volumen y las características particulares de los lodos fecales.</li> <li>• Analizar aleatoriamente el pH de los lodos fecales durante el vertido.</li> <li>• Capacitar en materia de inspección ocular de muestras de lodos a los operarios que trabajan en el tratamiento de los mismos.</li> </ul>







## 5 Gestión de riesgos

El tratamiento es una barrera que puede reducir el riesgo de transmisión de agentes patógenos. Sin embargo, es importante monitorear los lodos fecales tratados y saber cuándo están libres de agentes patógenos. Siempre hay un riesgo. Por lo tanto, es importante implementar otras medidas de seguridad.

Hay muchas medidas de seguridad (también denominadas "barreras") que deberían implementarse al tratar los lodos fecales. A estas en su conjunto se las denomina "método de barreras múltiples". En la siguiente tabla, se muestran barreras que pueden emplearse para evitar la propagación de los agentes patógenos y proteger la salud pública.

# Resumen técnico: Tratamiento de lodos fecales

Tabla: Medidas de seguridad para tratar los lodos fecales

Barreras que protegen la salud		Acción
	Usar elementos de protección personal	Usar elementos de protección personal, como guantes, calzado de seguridad, máscara y ropa de protección. Limpiar y desinfectar el equipamiento utilizado.
	Lavarse las manos	Lavarse las manos con jabón después de manipular lodos fecales, herramientas y equipamiento.
	Restringir el acceso	Vallar la tecnología de tratamiento para mantener alejados a los niños y los animales. Colgar carteles de advertencia.
	Limpiar las herramientas	Desinfectar las herramientas utilizadas. Guardar las herramientas en un lugar seguro para que las personas no las toquen o usen para otro fin.
	Gestionar los efluentes	Tratar, usar o eliminar los efluentes de manera segura. Los efluentes contienen agentes patógenos y pueden contaminar el ambiente.
	Capacitar	Capacitar a los trabajadores en materia de medidas de seguridad y prácticas de higiene. Capacitar a la comunidad local respecto del objetivo y los peligros potenciales de las tecnologías de tratamiento.



## Medidas de seguridad usadas por SOIL en Haití

SOIL es una organización sin fines de lucro de Haití que opera centros de compostaje de lodos fecales. Una vez identificados los riesgos relativos a la transmisión de enfermedades y los grupos en riesgo, implementaron diversas medidas de seguridad, a saber:

- Se colocaron carteles en todo el centro de compostaje para que los empleados y las visitas cumplieran con los reglamentos. Ejemplo de carteles: "prohibido el consumo de alimentos en esta área", "todos los vehículos que abandonen el centro deben someterse a un proceso de desinfección de neumáticos", "todas las personas que abandonen el centro deben someterse a un proceso de desinfección del calzado y lavarse las manos".
- El lugar cuenta con un depósito donde se almacenan los materiales de limpieza, materiales varios de construcción, componentes de los equipos y otros elementos. El depósito está cerrado bajo llave y es controlado por un supervisor del lugar.
- Los empleados cuentan con instalaciones adecuadas, entre ellas: un vestuario con puertas para cada miembro del personal, duchas, baños, estaciones para el lavado de manos, zona sanitaria con mesas y sillas para descansar y comer, y agua potable.
- Hay infraestructura de higiene para los empleados y las visitas. Por ejemplo: pediluvios con cloro para desinfectar el calzado y una estación de pulverización de cloro para desinfectar los neumáticos de los vehículos antes de que abandonen el lugar.

(SOIL, 2011)

# Resumen técnico: Tratamiento de lodos fecales

## 6 Escala del tratamiento

En general, las tecnologías de tratamiento son apropiadas para grupos grandes de usuarios (p. ej.: desde sistemas semicentralizados a nivel comunitario hasta sistemas centralizados urbanos). Están diseñadas para recibir volúmenes cada vez más grandes de lodos fecales y, en la mayoría de los casos, eliminar mejor los nutrientes, la materia orgánica y los agentes patógenos, en particular si se las compara con las tecnologías pequeñas de tratamiento doméstico, como el compostaje o las letrinas de deshidratación (Tilley et al., 2014).

CAWST se centra en:

- A nivel doméstico: el tratamiento que se lleva a cabo en las viviendas.
- A nivel comunitario: el tratamiento a pequeña escala que se realiza en los barrios o las comunidades.

Para el tratamiento a nivel comunitario, los lodos fecales deben trasladarse a un centro de tratamiento. Véase el resumen técnico de CAWST "Vaciado y transporte de lodos fecales" para más información sobre el vaciado de las tecnologías de saneamiento *in situ* y el transporte de los lodos fecales.

## 7 Falta de conocimientos

Son limitados los conocimientos sobre los diversos mecanismos y tecnologías de tratamiento. A medida que se avance con las investigaciones, el sector de saneamiento incrementará los conocimientos y las habilidades relativas a los mecanismos y las tecnologías de tratamiento de los lodos fecales. La falta de conocimientos se da principalmente en las siguientes áreas:



- Hay una falta de experiencia a largo plazo con las tecnologías de tratamiento. Se han llevado a cabo proyectos piloto sobre tecnologías de tratamiento de lodos en todo el mundo. Son extremadamente valiosos, pero también suelen ser a pequeña escala y a corto plazo. Por lo tanto, el sector del saneamiento ha ralentizado la velocidad a la que extrae conclusiones relativas a la eficacia, el costo, la sustentabilidad económica y la posibilidad de expansión de las distintas tecnologías de tratamiento.
- Aún no existen datos confiables y métodos aceptados para la caracterización y la cuantificación de los lodos fecales. Asimismo, los datos obtenidos de los estudios de caracterización se centran en el ámbito doméstico, aunque se generan cantidades significativas de lodos fecales en baños públicos, entidades comerciales, restaurantes y hoteles (Strande et al., 2014).
- Queda mucho por descubrir acerca de la manera en que algunas tecnologías de tratamiento inactivan los agentes patógenos, en particular con las tecnologías más novedosas.



# Resumen técnico: Tratamiento de lodos fecales

## 8 Definiciones

**Aeróbico:** proceso biológico que tiene lugar en presencia de oxígeno.

**Aguas residuales:** agua usada que proviene de cualquier combinación de actividades domésticas, industriales, comerciales o agrícolas, escorrentía superficial (aguas pluviales) y afluencia al alcantarillado (infiltración). Es posible gestionar las aguas residuales *in situ* o *ex situ*. En este último caso, con frecuencia se las denomina "aguas servidas".

**Biogás:** mezcla de gases liberados por la digestión anaeróbica (sin oxígeno). Se compone de metano (50%—70%), dióxido de carbono (25%—50%) y una cantidad variable de nitrógeno, sulfuro de hidrógeno, vapor de agua y otros elementos. Puede recolectarse y quemarse para obtener combustible.

**Caracterización:** descripción de las propiedades biológicas, químicas y físicas de los lodos fecales.

**Digestión anaeróbica:** descomposición y estabilización de material orgánico producidos por microorganismos sin la presencia de oxígeno. Este proceso produce biogás.

**Espesamiento:** proceso que consiste en reducir la cantidad de agua presente en la materia fecal. Aunque los lodos hayan sido espesados, aún pueden contener cantidades significativas de humedad. Sin embargo, en general están suficientemente secos para su manipulación como sólido (por ejemplo, con una pala).

**Estabilización:** degradación de materia orgánica a fin de reducir la cantidad de componentes de fácil biodegradabilidad para mitigar el impacto ambiental (p. ej.: el agotamiento de oxígeno y la lixiviación de nutrientes).

**Excrementos:** orina y heces que no se han mezclado con el agua de arrastre.

**Lodos fecales:** también llamados "lodos". Excrementos recolectados en una tecnología de saneamiento *in situ* (p. ej.: una letrina de fosa o una fosa séptica) que también puede contener aguas residuales, materiales de limpieza anal y desechos sólidos.

**Material orgánico:** también denominado "materia orgánica". Proviene de los restos de seres vivos, como las plantas y los animales.

**Patógeno:** organismo que causa una enfermedad.

**Tecnología de saneamiento *in situ*:** también denominada "letrina". Una tecnología de saneamiento *in situ* está compuesta por las partes de los dos primeros componentes del sistema de saneamiento, es decir, la interfaz de usuario y el almacenamiento de los excrementos. Los excrementos se recolectan y almacenan en el lugar donde se generan (p. ej.: en una letrina de fosa, una fosa séptica, una letrina de pozo anegado [aqua privy] y en inodoros públicos que no están conectados a la red de alcantarillado). Con frecuencia, los lodos fecales deben transportarse a otro sitio para su tratamiento, uso o eliminación.

**Tratamiento:** todo proceso utilizado para inactivar agentes patógenos, estabilizar, espesar o gestionar nutrientes de los lodos fecales.

# Resumen técnico: Tratamiento de lodos fecales

## 9 Recursos adicionales

**Recursos de CAWST sobre saneamiento.** Disponibles en: <http://resources.cawst.org>

- Los recursos educativos y de capacitación de CAWST abarcan una variedad de temas de saneamiento, entre ellos: el saneamiento ambiental; el diseño, emplazamiento y construcción de letrinas; la gestión de lodos fecales; y la implementación de proyectos de saneamiento.

**Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento.** Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P. y Zurbrügg, C. (2014). Segunda edición revisada. Dübendorf, Suiza: Instituto Federal Suizo de la Ciencia y Tecnología del Agua (Eawag). Disponible en: [http://www.eawag.ch/forschung/sandec/publikationen/compendium\\_e/spanish\\_version](http://www.eawag.ch/forschung/sandec/publikationen/compendium_e/spanish_version)

- En el Compendio, se presenta el concepto de los sistemas de saneamiento junto con información detallada sobre las tecnologías de saneamiento para cada componente de los sistemas. Este documento está dirigido a ingenieros, planificadores y otros profesionales que estén familiarizados con las tecnologías y los procesos de saneamiento. Sin embargo, también es útil para que los que no son expertos aprendan sobre las principales ventajas y limitaciones de las diferentes tecnologías y la idoneidad de los diferentes sistemas.
- El e-Compendium es una versión en línea e interactiva del Compendio, que incluye una herramienta para combinar las tecnologías y crear un sistema de saneamiento completo. Disponible (en inglés) en: <http://ecompendium.sswm.info>

**Manejo de lodos fecales: un enfoque sistémico para su implementación y operación.**

Strande, L., Ronteltap, M. y Brdjanovic, D. (2014). Londres, Reino Unido: IWA Publishing. Disponible en: [www.sandec.ch/fsm\\_book](http://www.sandec.ch/fsm_book)

- Este es el primer libro dedicado a la gestión de lodos fecales. Allí se resumen las investigaciones más recientes en este campo que está en rápida evolución y que se centra en tecnología, gestión y planificación. Se trata la recolección y el transporte de lodos fecales, su tratamiento y destino final. En el libro, también se detallan aspectos operativos, institucionales y financieros y se dan recomendaciones sobre una planificación integrada que abarque a todos los grupos de interés. Ya está disponible en línea de forma gratuita en inglés y español y se publicará en francés en 2017.

## 10 Bibliografía

Jimenez C., B. (2014). Software to identify and quantify pathogenic helminth eggs. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Consultado (en inglés) en: [www.susana.org/en/resources/library/details/2048](http://www.susana.org/en/resources/library/details/2048)

Peepoople. (2015). Consultado (en inglés) en: [www.peepoople.com/](http://www.peepoople.com/)

SOIL (2011). *The SOIL Guide to Ecological Sanitation* (1st edition). Consultado (en inglés) en: [www.oursoil.org/resources/the-soil-guide-to-ecosan/](http://www.oursoil.org/resources/the-soil-guide-to-ecosan/)

Strande, L., Ronteltap, M. y Brdjanovic, D. (2014). *Manejo de lodos fecales: un enfoque sistémico para su implementación y operación* Londres, Reino Unido: IWA Publishing. Consultado en: [www.sandec.ch/fsm\\_book](http://www.sandec.ch/fsm_book)

Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P. y Christian Zurbrügg. (2014). *Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento*, segunda edición revisada. Dübendorf, Suiza: Instituto Federal Suizo de la Ciencia y Tecnología del Agua (Eawag). Consultado en: [www.eawag.ch/en/departament/sandec/publications/compendium/](http://www.eawag.ch/en/departament/sandec/publications/compendium/)

# Resumen técnico: Tratamiento de lodos fecales

Velkushanova, K. (2015). *Properties of faecal sludge from different on-site sanitation facilities in Durban, South Africa*. Presented at the 3rd FSM Conference, Hanoi, Vietnam. Consultado (en inglés) en: [www.susana.org/en/resources/conference-materials-2/2015/259-fsm3](http://www.susana.org/en/resources/conference-materials-2/2015/259-fsm3)

Las imágenes de Akvo pueden consultarse en: [http://akvopedia.org/wiki/Main\\_Page](http://akvopedia.org/wiki/Main_Page)

---

CAWST (Centro de Tecnologías Asequibles de Agua y Saneamiento)  
Calgary, Canadá

Sitio web: [www.cawst.org](http://www.cawst.org) Correo electrónico: [support@cawst.org](mailto:support@cawst.org)

*Bienestar a través del agua... mejorando la vida de las personas a nivel mundial*

Última actualización: julio de 2016

---

Este documento es de contenido abierto. Usted es libre de:



- Compartir: copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.
- Adaptar: editar, transformar y ampliar el material para cualquier fin, incluso comercial.



Bajo las siguientes condiciones:

- Atribución: debe atribuirle a CAWST el crédito de forma apropiada, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Lo puede hacer de cualquier forma que sea razonable, pero no de una manera que sugiera que CAWST avala a su organización o el uso que le ha dado al documento. Por favor, incluya la dirección a nuestro sitio web: [www.cawst.org](http://www.cawst.org).

CAWST y sus directores, empleados, contratistas y voluntarios no asumen ninguna responsabilidad ni dan ninguna garantía respecto de los resultados que puedan obtenerse a partir del uso de la información proporcionada.

# Resumen técnico: Tratamiento de lodos fecales