

Sistema Alternativo para Tratamiento de Aguas Negras de la Escuela Litoral

Santa Cruz, Bolivia

CE4905: Civil and Environmental Engineering Senior Design Project

Equipo: ISD JMP Engineering Design Team
Jennifer Heglund
Megan Ross
Parker Sovey

Traducido por:
HU 3293: Empresa de Traducción
(Español para Propósitos Especiales)

Universidad Tecnológica de Michigan

Tara Swanson
Elizabeth Quinley
Kelli Whelan

24 de Abril 2006

Estimados ciudadanos de Santa Cruz y clientes de los proyectos de ingeniería civil y ambiental asignados por la Profesora e Ingeniera Linda Phillips (Michigan Technological University) y por las varias instituciones de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Estudiamos español como segunda lengua y este semestre hemos sido estudiantes de la clase de Español para Propósitos Especiales, una clase a nivel intermedio y en la cual repasamos gramática, estudiamos vocabulario para negocios y aprendemos algo de comunicación intercultural. El documento que aquí les ofrecemos fue parte de un proyecto de clase: ocho (8) equipos tradujeron y prepararon ocho diferentes documentos de proyectos basados en los reportes de los equipos ISD (International Senior Design) de las facultades de ingeniería civil y ambiental. Los equipos ISD constan de estudiantes de último año de estudio en nuestra universidad, que fueron a Bolivia para aprender a colaborar en proyectos de ingeniería.

Quisiéramos darles las gracias, primero que todo, por esta oportunidad de sintetizar, resumir, condensar y finalmente de traducir los proyectos al español para ustedes. Ha sido un proyecto “desafiante” para cada uno de nosotros, pero al mismo tiempo de gran aprendizaje no sólo del español técnico, sino también de comunicación y cultura a varios niveles, dentro y fuera de la universidad.

Nuestra meta para la “Empresa de Traducción” no ha sido la de hacer una traducción literal, sino de trasladar al papel una síntesis del proyecto ISD para que fuera más fácil de “traducir” a su contexto lingüístico y cultural. A pesar de todo empeño, esfuerzo y motivación durante estas últimas 14 semanas, es muy posible que la traducción esté aún en su fase preliminar. Por eso, queremos disculparnos de antemano. Lo que sí esperamos que se evidencie en la traducción es el concepto importante de la sustentabilidad ambiental de este proyecto.

Nuestro deseo ha sido también el de facilitar más diálogo y enlaces interculturales como también la reciprocidad entre nuestras culturas.

Cordialmente,

Tara Swanson
Elizabeth Quinley
Kelli Whelan

Índice

Breve Introducción al Proyecto	1
Análisis del Suelo	1
Análisis de Agua	3
Resultados de las Pruebas	3
Condiciones Generales	4
Limitaciones que impactan en el diseño	5
Las Opciones	
Sistema Séptico Tradicional Estadounidense	7
Sistema de Filtrado de Arena	8
El Sistema de Terraplén	9
Filtro de Goteo	11
Filtro de Goteo de Reserva	11
Retrete de Descomposición (Retrete seco –sin agua)	12
Tanque de Reserva	14
Sistema Combinado	15
Galería Filtrante	17
Sostenibilidad	18
Otra Recomendación: <i>Retretes que usen poco agua</i>	18
Recomendaciones para el Futuro	19
Glosario	20

Breve Introducción al proyecto

Aproximadamente 1.500 estudiantes asisten a la Escuela Litoral diariamente en dos turnos; 750 estudiantes por la mañana y 750 por la tarde. El *sistema séptico* actual no es suficiente para el número de estudiantes. Por eso necesita limpiarse frecuentemente y *bombearse* 6 a 8 veces por año. El gobierno paga por vaciar el sistema séptico una vez por año y la escuela paga por el mantenimiento restante.

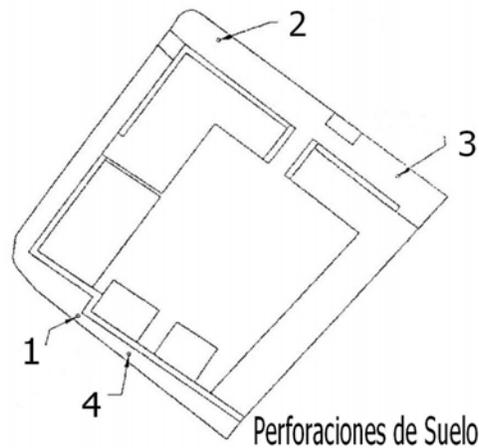
Para mantener el sistema de manera más eficiente, los oficiales de la escuela *sueltan el agua* de los retretes sólo dos veces por día; una vez después de que los estudiantes salgan de la escuela y al final del día. Sin embargo el sistema *se colma* frecuentemente, las aguas residuales y lodos se desbordan fuera de la cámara séptica y del pozo ciego y salen a la superficie de la tierra. Esto pone en peligro la salud de los niños que juegan sobre la tierra contaminada.

Análisis del Suelo

Los sistemas sépticos dependen de los tipos de suelo sobre los cuales se construyen. Si el suelo es poco *permeable* (el agua no fluye a través del mismo), no se pueden tratar las *aguas negras*. El *equipo ISD* hizo tres

NOTA: Las palabras en negrilla y cursiva se aclaran en el glosario (pàg. 20)

perforaciones de suelo en tres lugares distintos de la Escuela Litoral. Estos lugares se muestran en el mapa del sitio:



Dibujo de las Perforaciones de Suelo (JMP 14)

El Equipo recogió las muestras de suelo de las perforaciones y las clasificó. En el cuarto sitio, el Ingeniero T. Gandarillas hizo otra perforación de suelo para determinar el nivel freático. El nivel freático limita la construcción de los sistemas sépticos porque es necesario que haya espacio suficientemente grande entre el *tanque séptico* y el nivel freático para evitar contaminación del agua potable por las aguas negras. El Ingeniero Gandarillas no encontró el nivel freático, por eso la contaminación del *agua subterránea* no afecta el proyecto. Sin embargo, se encontró arcilla a unos 47 centímetros de la superficie; la arcilla no es permeable y esto presenta un problema.

Los ingenieros analizaron dos muestras de suelo para verificar la presencia

o ausencia de bacteria: una muestra cerca del agua estancada fuera de los cuartos de baño y otra de la superficie del sistema séptico donde los niños juegan. El análisis se hizo en el laboratorio de **SAUGUPAC**.

Análisis de Agua

Se tomaron muestras de agua de los lavamanos fuera de los cuartos de baño. Una muestra fue analizada para determinar niveles de plomo, **nitratos**, nitritos, y **cloruros**, la escala de acidez del agua potencial de hidrógeno (ph), y la dureza del agua. Otras muestras fueron analizadas para determinar bacteria.

Resultados de las Pruebas

El equipo ISD determinó que el agua de los grifos de la cooperativa SACGUPAC no es dañina para la salud. Ninguna muestra tenía cultivo **bacteria Coliforme** y tampoco **E. coli**. Las bacterias Coliforme y E. coli viven en condiciones similares a las de los patógenos que causan enfermedades, pero resulta más económico verificar su presencia que la de los patógenos. La bacteria E. coli puede causar enfermedades intestinales como diarrea y dolores del estómago. La prueba también resultó negativa para los pesticidas. Todos los niveles de nitritos, nitratos, cloruros, y la

escala de acidez del agua (ph) son comparables a los de los reglamentos de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos. Sólo la dureza del agua no iguala los estándares estadounidenses. Se determinó que la dureza del agua era de 300-425 **ppm**, más alto que el estándar norteamericano de 0-50 ppm. El equipo ISD no cree que eso cause un riesgo para la salud de los niños, aunque es posible que cause atascamiento del tubo, impidiendo el flujo de agua.

Sin embargo, cantidades altas de E. coli y cultivos de bacteria Coliforme se descubrieron en las muestras del suelo húmedo por encima del pozo ciego, en el agua estancada del piso del baño de mujeres, y en el suelo húmedo fuera de los cuartos de baño (cerca del agua estancada). Estos cultivos pueden causar gran riesgo sanitario si no se resuelve el problema. En una entrevista, el Doctor Dan Hinojoa, profesional de la salud de la comunidad, dijo que los estudiantes podrían enfermarse debido a las condiciones existentes en los cuartos de baño, y por jugar en la tierra cerca del sistema séptico, y hasta por respirar el polvo en el sitio contaminado (Hinojoa, 2005).

Condiciones Generales

La Escuela usa actualmente un sistema tradicional de tratamiento de las aguas negras. El *efluente* de los retretes entra en la cámara séptica donde *se almacenan* los desechos sólidos. Las aguas negras se drenan por gravedad en el pozo ciego. Normalmente, el agua se filtra del lado del piso, pero los sistemas sépticos dependen del tipo de suelo donde se sitúan. El sitio de trabajo consta de 0,5 metros de arena sobre 2,0 metros de arcilla. A 2,5 metros debajo de la superficie de la tierra, hay otro estrato de arena para 0,5 metros más abajo, pero hay arcilla otra vez. La arcilla no es permeable, y el agua no escurre como debiera. Desafortunadamente el pozo ciego está en un estrato de arcilla, por eso el agua negra no puede filtrar por los lados y por el piso así asciende a la superficie de la tierra.

También, el sistema es demasiado pequeño para el número de estudiantes que lo usan. La cámara séptica y el pozo ciego no fueron contruidos para soportar un flujo tan grande.

Limitaciones que impactan en el diseño

Hay muchas cosas que limitan el diseño. Una de ellas es el número de estudiantes en la Escuela Litoral. La Escuela tiene aproximadamente 1.500 estudiantes que asisten a las clases. El sistema séptico actual es demasiado pequeño para esta población. La falta de financiamiento y familiarización

con otros sistemas (sistemas que no son bolivianos tradicionales) impactan en el diseño también. El sistema séptico actual está sobrecargado y la Escuela no tiene fondos para bombear el sistema más de una vez por año. El sistema más funcional es el sistema que los bolivianos ya conocen y pueden mantener.

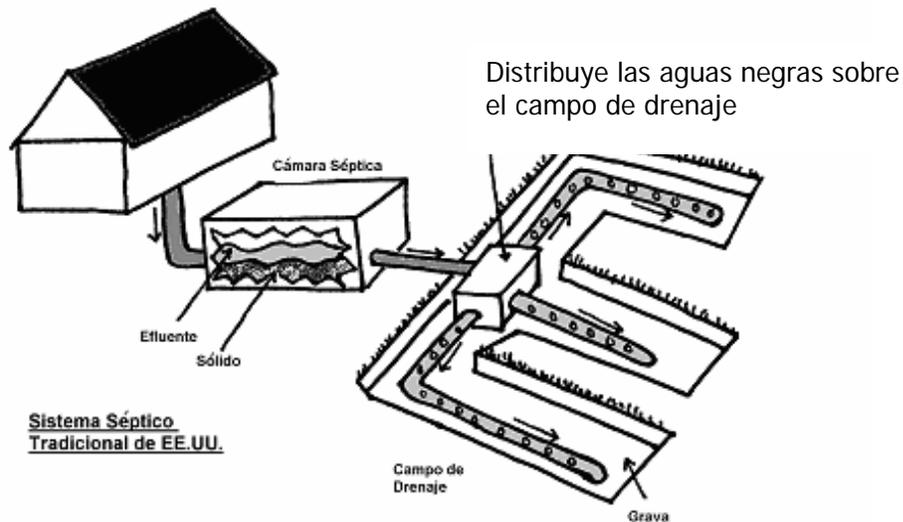
Sin embargo, el sistema séptico más funcional depende del sitio y del suelo y la fuente del agua subterránea. El sitio tiene 0,5 metros de arena limosa sobre 2,0 metros de arcilla. La arcilla no permite que el agua fluya adecuadamente, por eso el efluente llega a la arcilla y forma aguas negras estancadas. Ya que el agua subterránea está a más de 5 metros bajo la superficie, la contaminación del agua subterránea no es una limitación para la implementación del diseño.

La extensión del sitio limita el diseño también. El área libre para el sistema de tratamiento de aguas negras es plana y limitada. El espacio exterior limita la extensión del sistema. Hay mucha área en el centro de la escuela pero el *hormigón* y ladrillo han comprimido el suelo. Mucho espacio libre existe en la esquina al noroeste de la escuela pero se requiere más energía para bombear el agua negra. Puesto que el sitio es plano, no recomendamos el sistema por gravedad.

Las Opciones

Sistema Séptico Tradicional Estadounidense.

El mejor sistema de tratamiento de aguas negras en EE.UU. consiste de un sistema séptico y un campo de drenaje. El efluente fluye por gravedad del sistema séptico al campo de drenaje. El campo de drenaje está hecho de una serie de zanjas largas que se llenan con grava y están separadas a 0,91 metros entre sí. Este sistema no sería ideal para la escuela, porque según la ley es necesario que por lo menos haya 0,6 metros de espacio vertical entre el fondo de las zanjas y la tierra impermeable o el nivel freático. Pero hay sólo 0,508 metros aproximadamente entre la superficie y la arcilla en la escuela.



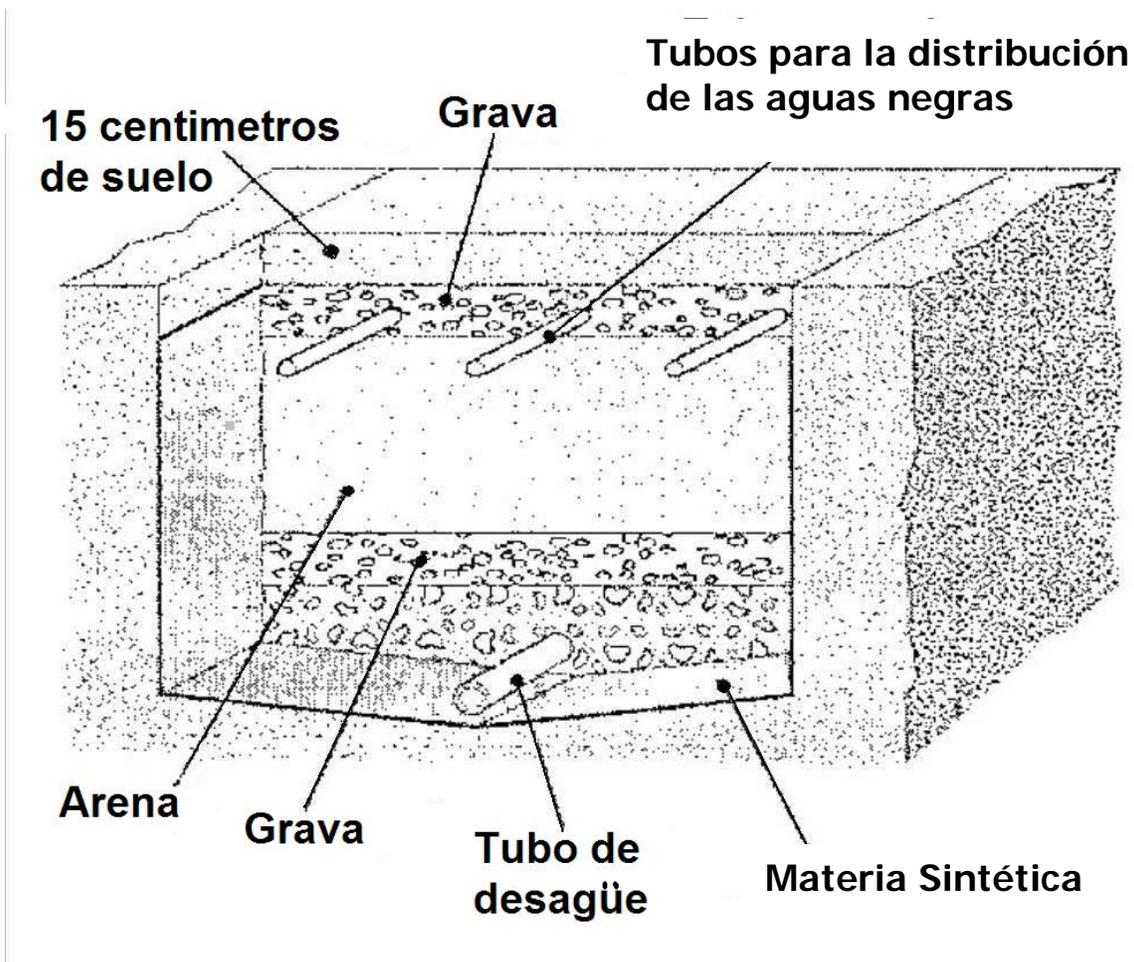
Dibujo del Sistema Séptico Tradicional de EE.UU. (JMP 27)

Sistema de Filtrado de Arena

Los sistemas de filtrado de arena podrían ser usados para mejorar los sistemas sépticos de tratamiento de aguas negras antes de filtrarse a través del suelo. Las aguas negras son distribuidas por presión por la capa de la arena, vidrio molido, o grava pequeña. Esto elimina la materia fecal. La bacteria se forma en el sistema y limpia el agua negra. La bacteria usa la materia orgánica (materia fecal) para reproducir.

Si hubiera menos espacio, el agua podría almacenarse en un tanque de reserva y pasaría por el sistema otra vez. El tanque de reserva necesita tener capacidad para almacenar el agua negra de un día por lo menos. Un mecanismo dentro del tanque regula el paso del agua por el sistema para mejorar su tratamiento o para que pase al suelo. Este tipo de sistema de filtrado de arena reduce el nivel de material orgánico de un 85 a un 95%.

Una desventaja de este sistema es que requiere un gran campo de desagüe. No hay bastante espacio en la Escuela para esto; por eso el sistema de filtrado de arena no es la mejor opción.



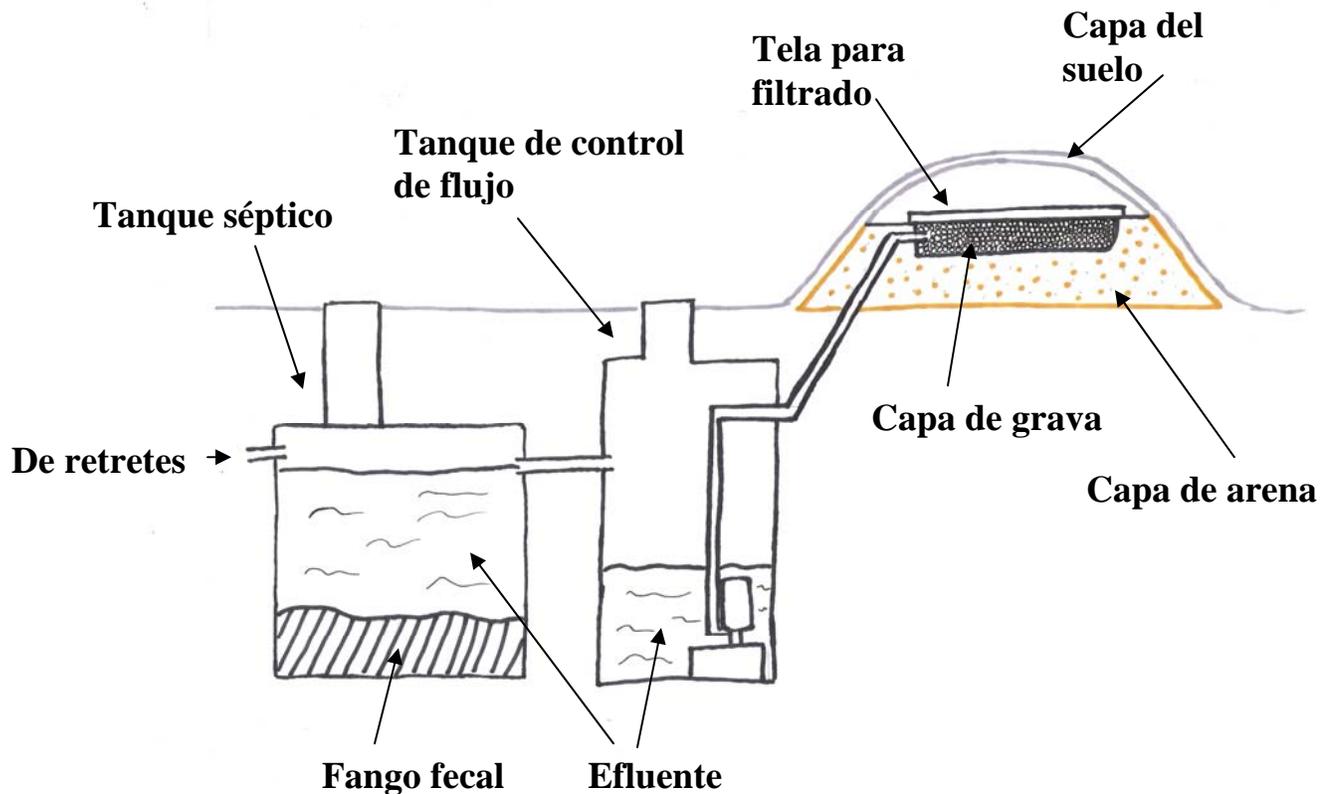
Dibujo del sistema de filtrado de arena. (JMP 32)

El Sistema de Terraplén

El sistema de terraplén tiene un tanque séptico, un tanque de control de flujo, y un terraplén. El tanque séptico recibe las aguas negras de los retretes. La materia fecal forma el *fango*. El efluente fluye al tanque de control de flujo y es bombeado por un filtro que impide el atascamiento en el terraplén. El efluente es tratado por el sistema de filtrado de arena en el terraplén, que tiene una capa de grava sobre una capa de arena. Sobre la

capa de grava está la tela de filtrado y sobre el terraplén está la capa del suelo.

El sistema de terraplén es bueno para un sitio que no tenga espacio suficiente para el sistema séptico tradicional. También, el sistema de terraplén es la solución posible para el sitio con suelo con permeabilidad que no sea ni más rápida ni más lenta. Sin embargo, el costo de construcción es mayor que el de los sistemas tradicionales y es posible que los bolivianos no conozcan este sistema tampoco. También, el sistema requiere que la bomba, la grava y la arena se mantengan limpias, y la construcción es muy difícil.



Dibujo del sistema de terraplén. (JMP 34)

Filtro de Goteo

Un filtro de goteo es un tanque cilíndrico con una superficie de grava. El agua negra gotea por la grava. Los organismos crean una capa biológica que quita los contaminantes. Para crear un filtro de goteo, primero el agua negra necesita depositarse en un tanque séptico donde se separan los sólidos de los líquidos. Luego el agua negra pasa a un tanque donde la materia orgánica gotea por materiales sintéticos. Luego, se bomea el agua negra a la parte más alta del filtro de goteo. Se necesita mucha tierra para que filtre el agua negra.

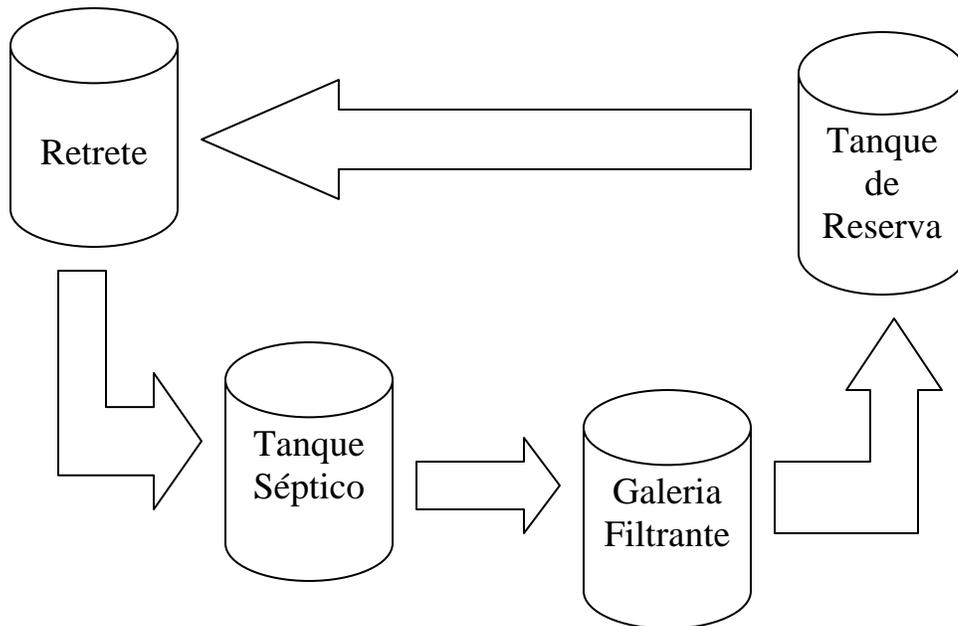
Hay muchas ventajas. Por ejemplo el efluente es de buena calidad, y no necesita mucha tierra, y puede tratarse una cantidad grande de agua negra, puede afrontar cambios de flujo, y no necesita mucha energía. Hay desventajas también. Es posible que los bolivianos no conozcan bien el sistema, que crea fango, y necesita un mantenimiento regular, los atascamientos son comunes, y la escuela no tiene un área suficiente para este tipo de sistema.

Filtro de Goteo de Reserva

Esta es la misma idea del filtro de goteo, pero el agua que entra la tierra va a un tanque de reserva. El agua en el tanque se mantiene en reserva

y permite que los retretes se usen varias veces. Las ventajas y las desventajas son similares a las del filtro de goteo.

Las ventajas incluyen: área suficiente, ahorro de dinero, y el tipo de suelo apropiado para el sistema. Hay desventajas también: posibilidad de contaminación del agua en los retretes, uso de dos bombas, costo inicial grande, y posible dificultad para encontrar el filtro correcto en Bolivia, por eso esta tecnología no parece apropiado por ahora.



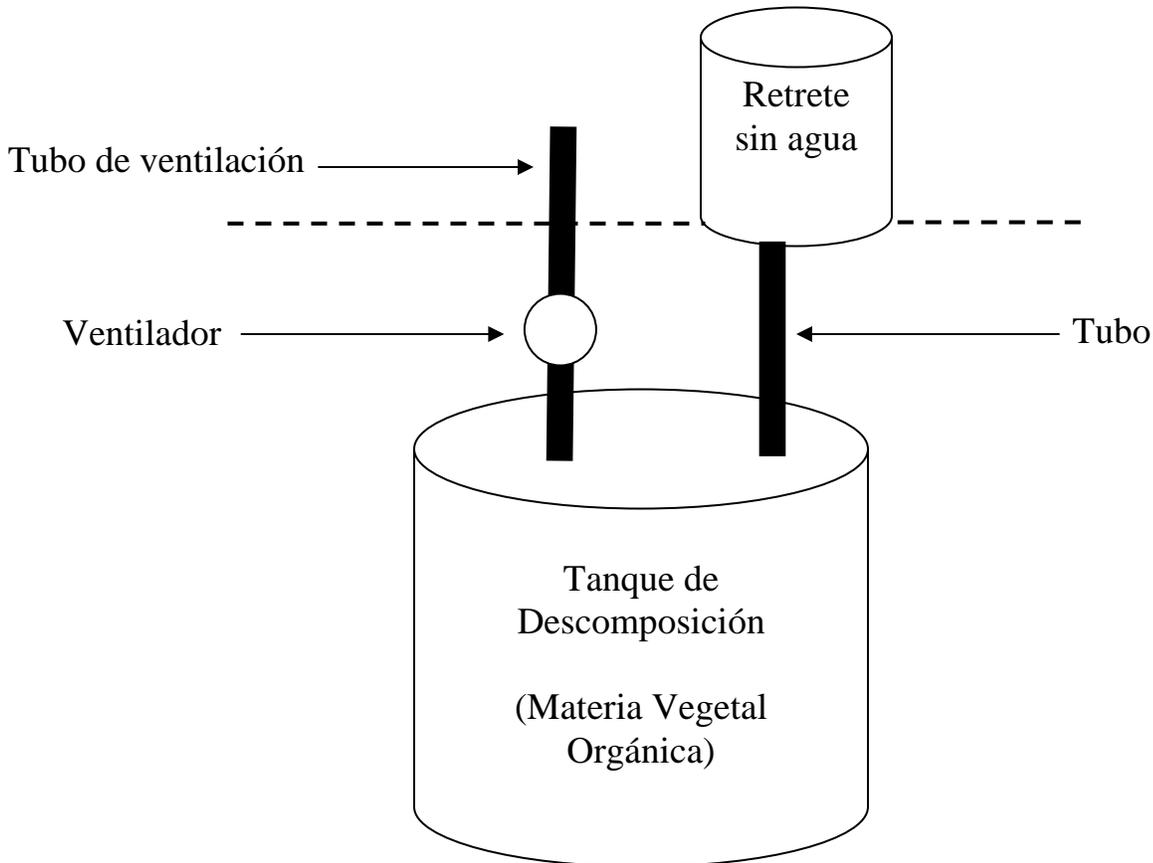
Dibujo del sistema de filtrado de arena. (JMP 30)

Retrete de descomposición (Retrete seco – sin agua)

Estos son retretes sin agua que usan la biología para transformar materia fecal en materia orgánica. Son muy benéficos para el medio

ambiente. La transformación toma más o menos tres meses. Los retretes de descomposición contienen la materia fecal en su sitio. También, hace posible el traslado posterior de la materia fecal a otro lugar para descomposición.

También, hay retretes que necesitan ventiladores.



Dibujo del sistema de filtrado de arena. (JMP 36)

Este sistema tiene otras ventajas: no usa agua, es inodoro, algunos retretes no necesitan fuerza eléctrica, y es bueno para el medio ambiente.

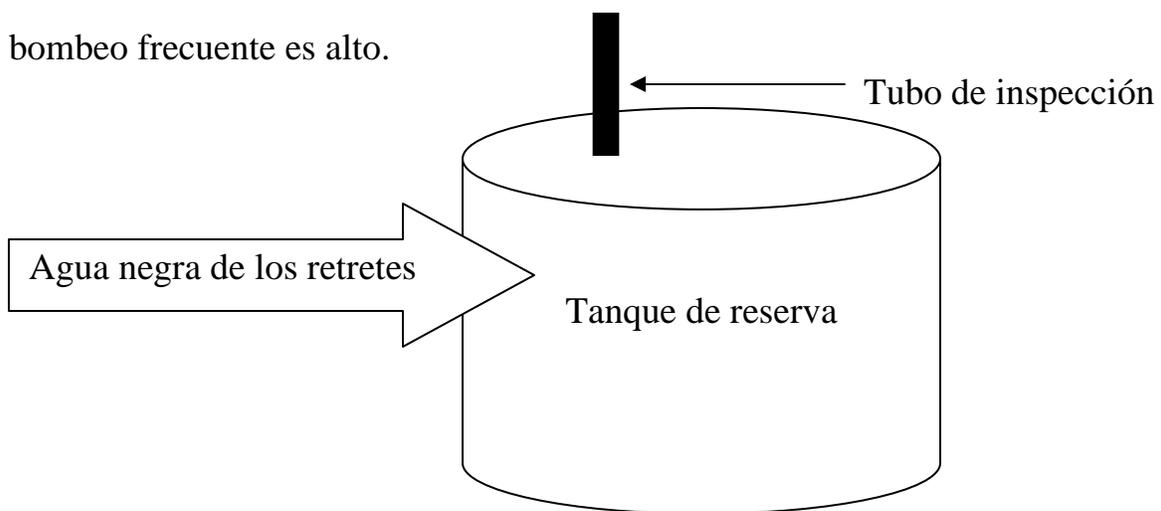
También tiene desventajas: pueden tener bacteria que pueden ser dañinas para la salud humana, el sistema es lento, es para materia fecal y papel

higienico solamente, puede romperse con uso incorrecto, necesita áreas grandes para descomposicòn, cada retrete es para fines específicos, y necesita mucha mano de obra.

Tanque de Reserva

Cuando hay necesidad de tratamiento de agua en condiciones difíciles, es bueno un tanque de reserva. No trata el agua negra. Solamente “almacena” el agua hasta que pueda ser bombeada. Tambien, el tanque “de almacenaje” necesita un tubo de inspección y bombeo a menudo.

Las ventajas de este tanque; es fácil de construir, es barato, benéfico para el suelo de la escuela, y no hay problemas con el nivel freático. Sin embargo hay desventajas también; no hay área suficiente para un tanque de capacidad suficiente, necesita bombearse regularmente y el costo de este bombeo frecuente es alto.



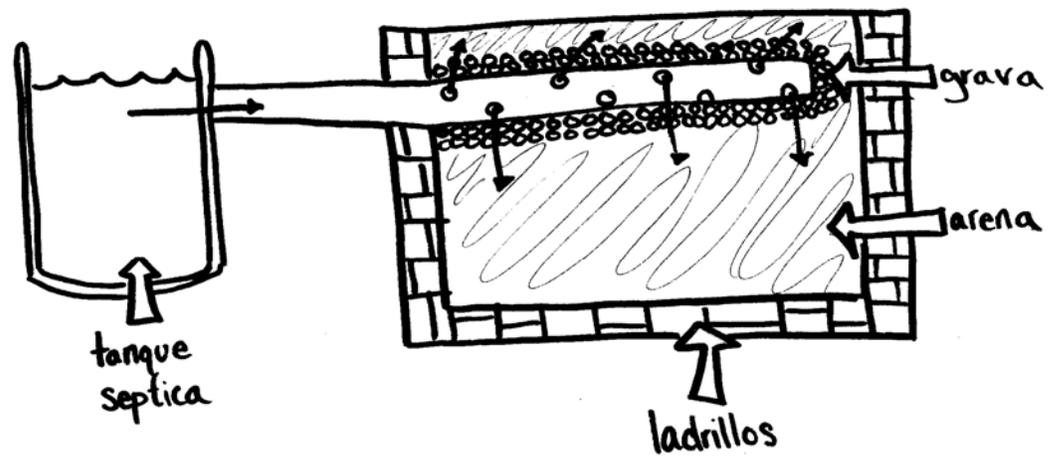
Dibujo del sistema de filtrado de arena. (JMP 37)

Sistema Combinado

Este sistema es una combinación de pozo ciego y filtro con arena. Chris Holmes, Ingeniero de UP Engineering en Houghton, Michigan, EE.UU. ideó este sistema.

Consta de dos partes. Primero, un tanque sèptico. Segundo, una cámara de ladrillos. Encima de la caja hay arena. El efluente sale del tanque sèptico y cae a la cámara desde un tubo con perforaciones que está sobre la misma. La grava ayuda el flujo de aire. La arena sirve de filtro para el efluente.

Las ventajas de este sistema es que los bolivianos lo conocen, el efluente se limpia más antes de penetrar el suelo, y Santa Cruz tiene los materiales necesarios. Las desventajas son: mayor excavación requerida, posible atascamiento causado por la arena y la arcilla; necesidad de bombas y de un sistema de la distribución de la presión, y mayores costos (\$79,800 B, \$9,900 EE.UU). Ya que hay tratamiento de agua negra, hay menos contaminación por parte del efluente.



Dibujo del sistema de filtrado de arena. (JMP 39)

Galería Filtrante

El sistema de galería filtrante es una extensión del sistema séptico tradicional boliviano. Usa el tanque séptico para asentar la materia fecal. El agua negra fluye a la galería. La galería es un tanque cilíndrico como el pozo ciego, donde el agua negra puede *chorrear* un poco en el fondo y a los lados. Hay tubos conectados con perforaciones para aumentar la superficie para el agua negra. Los tubos están en las zanjas donde el agua negra fluye a través de la grava y luego en el suelo. El sistema galería filtrante es efectivo cuando su superficie es extensa. La galería es menos complicada y más

barata que otros sistemas, pero la distancia entre los tubos y la arcilla es pequeña y puede ser un problema.

Las ventajas de este sistema son que los bolivianos lo conocen, quizás funcione con arcilla, es fácil de mantener, no es tan costoso, y necesita menos superficie de terreno.

Las desventajas de este sistema son que la cantidad de arena sobre la arcilla es pequeña, hay posibilidad de contaminación del agua subterránea si el nivel freático cambia, y el tamaño del tanque no tiene en cuenta el tipo de suelo sobre el cual opera.

Sostenibilidad: La Mejor Recomendación

Creemos que la mejor recomendación para el sitio es la **Galería Filtrante**. Sin embargo, esta solución no es permanente. El sistema séptico podrá funcionar por diez años. Después de diez años, la arcilla presentará problemas con atascamiento. El atascamiento creará condiciones inseguras para los niños, para vivir y estudiar. Desafortunadamente, si se escoge el sistema séptico permanente, éste requerirá más recursos, y trabajo. La Escuela Litoral y la comunidad tendrán que trabajar juntos para construir una tubería más grande. Esa tubería iría a una central de sistema para

tratamiento de aguas negras. Aunque es triste que la galería filtrante que recomendamos funcione probablemente diez años, la solución sería la más práctica por ahora.

Recomendación Adicional:

Retretes que usen poca agua

Un elemento importante del nuevo sistema séptico es el uso de usar retretes que usen poca agua. Hay 1.500 estudiantes que usan los retretes, soltando agua solamente dos veces cada día. Con retretes que usen poca agua, es posible soltar el agua más de dos veces cada día. Para disminuir la cantidad del agua con cada soltada de agua, se puede poner un ladrillo en el tanque.

Recomendaciones para el Futuro

La Escuela Litoral tiene un sistema séptico que actualmente no funciona. Esto es evidente por la arcilla que hay en el suelo y la cantidad grande de aguas negras. Hay muchos niños y las condiciones no son sanitarias. Con el terreno y los recursos de que dispone el Litoral, este sistema séptico nuevo sería la mejor opción. Por diez años, el sistema les dará a los estudiantes y maestros de Litoral condiciones seguras y sanitarias. Cuando el sistema séptico nuevo deje de funcionar, las condiciones no serán ni seguras ni

sanitarias. La solución permanente es un sistema de alcantarillado sanitario y un edificio para tratamiento de aguas negras.

Glosario

Aguas negras – Aguas que salen de los retretes y de los fregaderos.

Agua subterránea – Agua bajo el nivel freático.

Almacenarse- Los desechos sólidos se acumulan en la cámara séptica.

Bacteria Coliforme – Organismo que vive en las mismas condiciones de los gérmenes que causan enfermedades serías. El agua y el suelo se analizan para verificar la presencia de la bacteria Coliforme en lugar de otros análisis porque es más económico.

Bombear – Mover agua por medio de bombas eléctricas o a gasolina.

Chorrear – Gotear excesivamente.

Colmarse – Más agua que la capacidad del sistema (llenarse)

E. coli. - E. coli es una bacteria que puede causar enfermedades del intestino como la diarrea y dolores de estómago, vómito, fiebre, y aún la muerte.

Efluente – Agua que fluye de los retretes y de fregaderos sin sólidos.

Equipo ISD- Estudiantes de ingeniería civil y ambiental que asisten a Michigan Technological University y están en sus últimos años de estudio. Viajaron a Bolivia para poner en práctica su conocimiento y trabajar en situaciones reales.

Fango- Los desechos sólidos que acumulan al fondo del tanque séptico.

Filtro de Goteo- Un tanque cilíndrico que contiene químicos para el tratamiento de bacterias. Las aguas negras de la cámara séptica que son bombeadas fluyen hacia los químicos para eliminar las bacterias y los gérmenes que causan enfermedades. Se llama un tanque de almacenaje también.

Hormigón –Concreto reforzado.

Nitratos y Cloruros– Productos químicos que pueden ser dañinos.

Permeable – Terreno que absorbe agua o efluente.

ppm – partes por millón

SAGUPAC- La empresa que crea y administra agua potable y trata las aguas negras de la ciudad de Santa Cruz. Regulada por la Ley y el gobierno de Santa Cruz.

Sistema séptico – Una colección de tubos y aparatos para tratar aguas negras.

Soltar agua –Dejar que el tanque del retrete se descargue.

Tanque séptico – Tanque para aguas negras. También se llama cámara séptica.

Tubos CPV- Tubos plásticos y muy duros. Se usan para transportar las aguas negras del sistema séptico.