

Tratamiento de aguas residuales mediante un sistema anaerobio para comunidades rurales

Wastewater treatment through an anaerobian system for rural communities

Ramiro Tinoco Sáenz, Jesús Espinoza-Correa

jespinoza@utmachala.edu.ec

RESUMEN

La presente investigación plantea una alternativa de tratamiento de aguas residuales basado en un sistema anaerobio que puede aplicarse en comunidades rurales donde no existe acceso a un sistema de alcantarillado integrado. La problemática a considerar fue conseguir una alternativa definitiva que sea eficiente, funcional, técnica y económicamente confiable para tratar las aguas residuales producidas por las habitantes en comunidades rurales. Primero se eligió el lugar donde se realizaría el sistema de tratamiento, su levantamiento topográfico verificando las cotas del sitio San José de la parroquia Bellavista, luego se realizaron pruebas de infiltración para determinar la permeabilidad del suelo, resultando ser de baja permeabilidad y con nivel freático a 1.42 m. Además, se realizó un descarte, a nivel de factibilidad tomando como consideración fundamental el tipo de suelo encontrado. El resultado fue una alternativa de diseño de sistema anaerobio de flujo ascendente comprendido de una línea de tratamiento de rejilla, trampa de grasa, tanque séptico y un filtro grueso ascendente en capas, compuesto de grava en diferentes diámetros. Se concluye que el sistema anaerobio de flujo ascendente compuesto por un filtro grueso ascendente en capas tiene una gran eficiencia en remoción de hierro, manganeso, sólidos suspendidos y mesófilos.

Palabras clave: Alternativa, tratamiento, aguas residuales, sistema anaerobio.

ABSTRACT

The present investigation proposes an alternative treatment of wastewater based on an anaerobic system that can be applied in rural communities where there is no access to an integrated sewerage system. The problem to be considered was to obtain a definitive alternative that is efficient, functional, technically and economically reliable to treat the wastewater produced by the inhabitants of rural communities. First, we chose the place where the treatment system would be carried out, its topographic survey verifying the dimensions of the San José site of the Bellavista parish, and then infiltration tests were performed to determine the permeability of the soil, resulting to be of low permeability and with water

table to 1.42 m. In addition, a discarding was carried out, at the pre-feasibility and feasibility level, taking as fundamental consideration the type of soil found. The result was an anaerobic upflow system design alternative comprised of a grid treatment line, grease trap, septic tank and a coarse upward filter in layers, composed of gravel in different diameters. It is concluded that the anaerobic upflow system composed of a coarse upward filter in layers has a great efficiency in the removal of iron, manganese, suspended solids and mesophiles.

Keywords: Alternative, treatment, wastewater, anaerobic system.

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua para suplir las necesidades humanas, aunque hasta la fecha suficiente es solo el 0.62 % del agua total del planeta si a esto se suma la distribución que ésta tiene, se genera un gran problema al no poder satisfacer en una forma equitativa a la población mundial (López, 2013).

En las ciudades se ha hecho un hábito común el contaminar los ecosistemas acuáticos ya sea por la falta de conocimiento o el no tener los recursos económicos para poder hacer su debido tratamiento y no contribuir con la contaminación ambiental (Chalarca Rodríguez, 2007). A medida que la población crece, va cambiando el ordenamiento territorial en los sectores urbanos y rurales haciendo que el uso del suelo no sea el mismo, contribuyendo en el desarrollo de infraestructuras, como efecto a este crecimiento también se produce la sobreexplotación de la agricultura y la debida contaminación de los ecosistemas acuáticos (González González, 2011).

Es por esto que obtener nuevas fuentes de agua se va haciendo cada día más difícil, dado que la población crece y demanda este recurso en las ciudades y en el campo los mismos que producen las aguas residuales (Lahera Ramón, 2010).

La generación de aguas residuales es una problemática ambiental que causa daños a la salud humana ya que contiene altas concentraciones de contaminantes, como son: sólidos (solución y suspensión), aceites, grasas, metales, compuestos oxidables, pesticidas, materia orgánica, bacterias y virus entre otros. Las aguas residuales están formadas por 99% de agua y 1% de sólidos en suspensión y solución (orgánicos e inorgánicos) (Romero Ortiz, Ramirez Vives, & Álvarez Silva, 2011).

Las aguas contaminadas tienen que ver con la transmisión de enfermedades que ponen en peligro la salud de las personas debido a su mal saneamiento. Estas aguas residuales

contienen diversidad de microorganismos, entre ellos helmintos que causan problemas sanitarios al llegar a través del agua de riego contaminada con aguas residuales. Los helmintos afectan principalmente a la población infantil, produciendo diarrea, desnutrición, anemia y predisposición a otras enfermedades, y trayendo consigo bajo rendimiento escolar (Valbuena, Díaz Suárez, & Botero Ledesma, 2002).

La contaminación fecal es un peligro asociado con el uso de las aguas, ya que supone la incorporación de microorganismos patógenos procedentes de personas o animales, enfermos o portadores y la potencial transmisión a la población susceptible. Por ello el control sanitario de riesgos microbiológicos es importante y constituye una medida básica para mantener un grado de salud adecuado en la población humana (Streitenberger, 2016). Para contrarrestar la contaminación de las aguas residuales producida por la humanidad se debe hacer un saneamiento adecuado a las aguas residuales antes de su descarga a las afluentes (Mora Alvarado, 2016).

América Latina tiene la oportunidad de llevar a cabo los Objetivos de Desarrollo del Milenio de la ONU en asociación a cobertura de agua y saneamiento, sin embargo, según el International Development Research Centre in Ottawa, Canadá nos indica que solamente 5% de las viviendas en Latinoamérica y el Caribe están conectados a sistemas de tratamiento de aguas residuales por lo que urge la implementación de sistemas para el tratamiento de aguas residuales (Reynolds, 2002).

El rezago en infraestructura de tratamiento de aguas residuales municipales en la mayoría de países de la región Latinoamericana y Caribeña es un asunto que no ha recibido la atención debida por parte de las autoridades competentes. Si bien en años recientes la inversión en este rubro se ha incrementado, el atraso acumulado en varias décadas se mantiene (Noyola, 2013).

Por lo tanto, para que la descontaminación se vuelva una realidad, los costos de inversión y de operación de las plantas de tratamiento deben ser proporcionales al nivel de vida de la población, es por esto que se ha adaptado a diversas tecnologías los sistemas anaerobios para el tratamiento de las aguas residuales en países como México y Colombia donde sus climas son tropicales y estos sistemas rinden a sus niveles máximos de eficiencia en remoción (Lorenzo, 2006) (Torres, 2012).

El tratamiento anaerobio es una buena opción al momento de elegir un sistema para el tratamiento de aguas residuales. Una alternativa grande que permite la autonomía de las plantas de tratamiento por el hecho de no necesitar aireación y generar biogás es la digestión anaerobia aprovechando el biogás con destinos energéticos, otra alternativa es el tratamiento aerobio. Estas alternativas realizan una depuración biológica de las aguas residuales (Lorenzo Acosta, 2005). Permitiendo así la descontaminación de las aguas residuales y dando respuestas positivas hacia el medioambiente y a la salud.

En el Ecuador es casi inexistente el tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales con una cobertura de apenas un 7%, estas aguas son dirigidas por el alcantarillado hacia las afluentes, dándose también el caso de que estas aguas se eliminan directamente en las cuerpos de agua sin previo tratamiento (CELA, 2012).

La provincia de El Oro es rica en el recurso agua el cual le trae beneficios en el desarrollo socioeconómico, las actividades que se realizan en esta provincia como la agricultura, minería y la construcción contribuyen a la producción residuos y aguas residuales que estas a su vez contaminan aguas freáticas, lagos, ríos y por último a los océanos.

En la ciudad de Machala la contaminación que se produce hacia los cuerpos de agua es un acto preocupante a la vez ya que las descargas de las aguas servidas son directas a los esteros y aguas de mar sufriendo las consecuencias las especies marinas y corriendo riesgo los asentamientos cercanos. El Municipio es responsable de desarrollar y aplicar servicios eficientes satisfaciendo las necesidades públicas de los ciudadanos realizando sistemas de saneamiento y potabilización del agua (Colmenárez, 2016). La presente investigación tiene como objetivo elaborar una alternativa de diseño de tratamiento de aguas residuales para comunidades rurales.

MATERIALES Y MÉTODOS

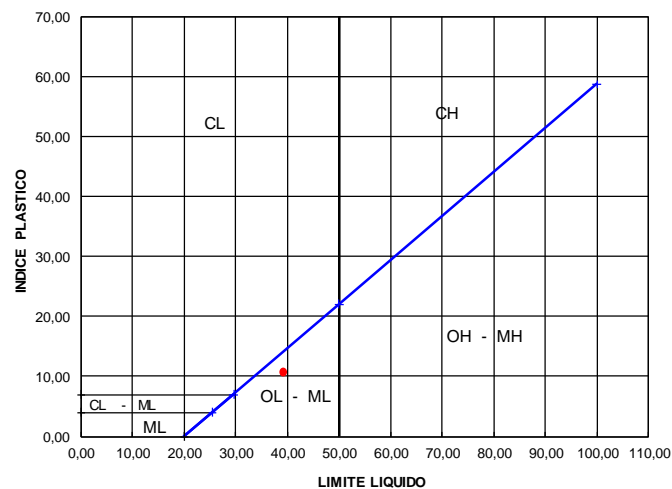
En instancia previa se tuvieron que analizar diferentes metodologías que permitan realizar el tratamiento de aguas residuales que sea aplicable a comunidades rurales y que se ajuste a sus características particulares.

Entre las alternativas analizadas estuvieron planta de tratamiento con sistema de tanque séptico y filtro anaerobio, sistema anaerobio de flujo ascendente y sistema de lagunas de estabilización (Arrubla Vélez, 2016, Correo et al. 2012, Torres Lozada, 2016).

En el escogimiento de la alternativa más viable y contextual al medio de las comunidades rurales se tuvo como principal elemento de estudio al suelo, al que hubo que determinarle sus características con fines de clasificación para así poder establecer su uso práctico y viable. Para ello, al suelo extraído se le determinó sus parámetros SUCS y la permeabilidad lo que conlleva a tener mejores elementos de juicio en la búsqueda de la alternativa más idónea para un sistema de tratamiento de aguas residuales.

La clasificación SUCS se la realiza en base a los límites de Atterberg o de plasticidad con relación a la siguiente tabla:

Figura 1. Clasificación de un suelo según SUCS



La medición de la permeabilidad se la midió in situ a través del cálculo de la velocidad de infiltración con un nivel freático a 1.42 metros de profundidad media.

Tabla 1. Velocidad de infiltración

Velocidad de Infiltración	
T (min/cm)	Vp(m/seg)
2	$1,00 \times 10^{-6}$
3	$8,20 \times 10^{-7}$
4	$7,10 \times 10^{-7}$
5	$6,35 \times 10^{-7}$
6	$5,80 \times 10^{-7}$
7	$5,37 \times 10^{-7}$
8	$5,02 \times 10^{-7}$
9	$4,73 \times 10^{-7}$
10	$4,49 \times 10^{-7}$
11	$4,28 \times 10^{-7}$
12*	$4,10 \times 10^{-7}$
14	$3,38 \times 10^{-7}$

16	$3,55 \times 10^{-7}$
18	$3,35 \times 10^{-7}$
20	$3,18 \times 10^{-7}$
22	$3,03 \times 10^{-7}$
24**	$2,90 \times 10^{-7}$
25	$2,84 \times 10^{-7}$

Nota:* Resultado mayor, inadecuado para pozos de absorción.

****Resultado mayor, inadecuado para sistemas de absorción.**

A través del estudio del suelo se logró determinar que el mismo es un limo orgánico/inorgánico de baja permeabilidad. En consecuencia y adecuando al contexto de las comunidades rurales la alternativa idónea es un Sistema Anaerobio de Flujo Ascendente pues se adecúa al tipo de suelo obtenido y además su costo de operación y mantenimiento son relativamente moderados. Las otras dos alternativas quedaron descartadas ya que no se adaptan al tipo de suelo y además presentaban para su operación necesidad de áreas extensas que no se disponen en comunidades rurales.

RESULTADOS

El sistema anaerobio de flujo ascendente escogido consta de tres fases diferenciadas que son: el tratamiento preliminar, tratamiento primario y el tratamiento secundario. En el *tratamiento preliminar* se libera al flujo de los sólidos gruesos a través de una rejilla que posee las características que se detalla.

Tabla 2. Características de la rejilla de barras

Característica	De limpieza manual	De limpieza mecánica
Ancho de barras	0,5 - 1,5 cm	0,5 - 1,5 cm
Profundidad de las barras	2,5 - 7,5 cm	2,5 - 7,5 cm
Abertura o espaciamiento	2,5 - 5,0 cm	1,5 - 7,5 cm
Pendiente con la vertical	30° - 45°	0° - 30°
Velocidad de acercamiento	0,3 - 0,6 m/s	0,6 - 1,0 m/s
Perdida de energía permisible	15 cm	15 cm

De las características detalladas se escoge las rejillas de barras de limpieza manual con un ancho de las barras de 1.0 cm, profundidad de barra 4.0 cm, abertura o espaciamiento de 3.0 cm y una pendiente con la vertical 40°. Por cuestiones de mantenimiento y limpieza se propone un ancho de 1,00 m en el canal de ingreso de aguas residuales.

Además, se coloca una trampa de grasa que previene la obstrucción de la tubería, la cual se propone de 1.00 m * 1.35 m * 0.55 m para poder estar acorde a una retención de 3 min en pequeñas unidades de hasta 10 l/s de caudal de descarga.

En el *tratamiento primario* se dispone de un tanque séptico para tratar el agua residual durante tiempos de retención mínimos de 6 horas, para conceder la desunión de las partículas suspendidas. Al momento que esto pasa se formarán capas dentro de tanque, las cuales son: una capa flotante espumosa en la parte superior comprendida por las grasas, aceites y solidos flotantes. La otra capa situada en el fondo hecha de materia orgánica donde se produce un tratamiento de descomposición, reducción de sólidos y generación de Metano. Los resultados de eficiencia en remoción de DBO5 son de 46- 68%, en SST de 30 a 81%, fosfatos de 20 a 65% y 25 a 66% en coliformes fecales (Lucho-Constantino, y otros, 2015).

Figura 2. Vista en corte del tanque séptico

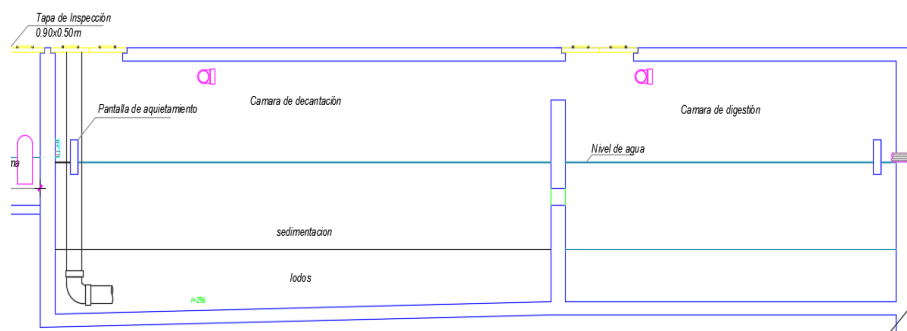
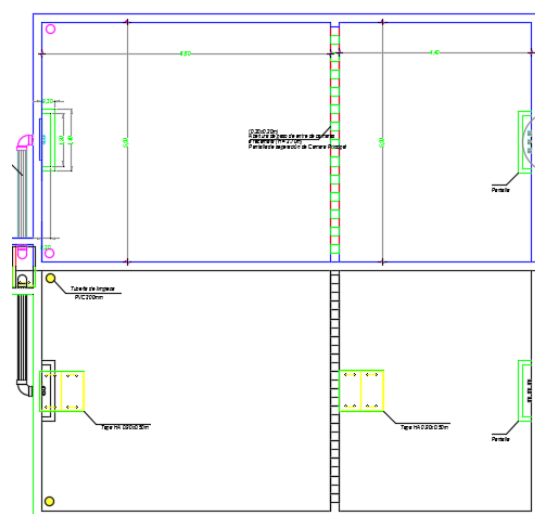


Figura 3. Vista en planta del tanque séptico



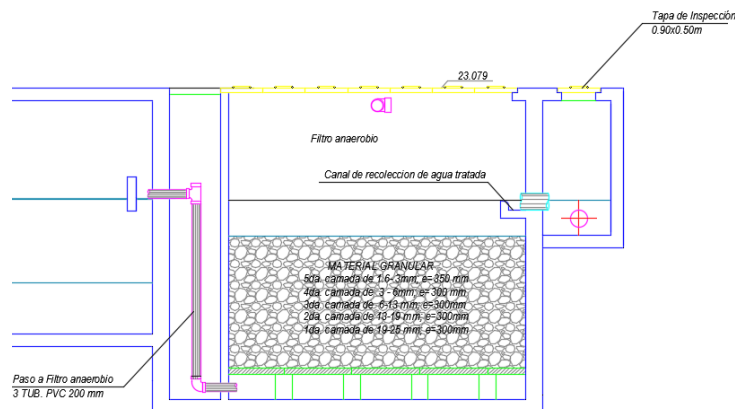
Para la operación y mantenimiento del tanque séptico, se recomienda lo siguiente:

- El tanque séptico deberá ser inspeccionado como mínimo una vez al año observando el nivel de lodos y natas. Los lodos se extraerán cuando estos ocupen la mitad de la distancia total entre el nivel del líquido y el fondo.
- La limpieza puede hacerse por bombeo de camiones cisterna o de forma manual por medio de baldes. Este último pone en riesgo la salud del personal que lo realiza.
- Si la topografía del terreno lo permite, se puede realizar la extracción también por medio de tuberías colocadas en el fondo del tanque séptico cerca de la entrada para el drene de los lodos, la tubería tendrá una válvula.
- Al momento de realizarse la limpieza del tanque séptico este no debe lavarse, se debe dejar una pequeña cantidad de lodo en el fondo para asegurar el proceso de digestión y este continúe de una manera rápida.
- Los lodos retirados deberán ser transportados a una zona de secado, se pueden utilizar los lodos secos para el mejoramiento del suelo.

En el *tratamiento secundario* se dispone de un filtro anaerobio de flujo ascendente el cual estará contenido dentro de una recámara de hormigón, el filtro está compuesto por una estructura filtrante de base granular la cual ira disminuyendo en porte siguiendo la tendencia ascendente del flujo. La primera capa de grava será de 19-25 mm, la segunda 13-19 mm, la tercera 6-13 mm, la cuarta de 3-6 mm y la quinta 1,6-3 mm. La altura será de 30 cm para cada capa excluyendo la quinta, esta será de 35 cm.

Este tipo de filtro permite que el agua residual se libere de una manera considerable del hierro, manganeso, sólidos y mesófilos contenidos.

Figura 4. Filtro anaerobio de flujo ascendente



CONCLUSIONES

La alternativa de un sistema anaerobio de flujo ascendente es la que mejor se adapta a condiciones de suelos limosos y de baja permeabilidad y por su facilidad y bajo costo de montaje, operación y mantenimiento son muy recomendables para comunidades rurales. La alternativa propuesta de un sistema anaerobio de filtro grueso ascendente en capas, demuestra contar con las capacidades óptimas para remover parámetros como hierro, manganeso, sólidos en suspensión y mesófilos; resultando un medio eficiente para el tratamiento de aguas residuales para comunidades rurales

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arrubla Vélez, J. (2016). Presencia de productos farmacéuticos y de cuidado personal en aguas residuales domésticas y su eliminación en sistemas de tratamiento anaerobios: tanque séptico - filtro anaerobio de flujo ascendente. *Ingeniería e Investigación*, 70-78.

Cela, J. (2012). *Diagnóstico de las estadísticas del agua en Ecuador*. Quito.

Chalarca Rodríguez, D. (2007). Aproximación a la determinación del impacto de los vertimientos de las aguas residuales domésticas del municipio de Ayapel, sobre la calidad del agua de la ciénaga. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 41-58.

Colmenárez, A. (2016). *Modelo para la estimación de la producción de agua de uso doméstico*. *Compendium*, 19.

Correa Restrepo, G., Cuervo Fuentes, H., Mejía Ruíz, R. & Aguirre, N. (2012). Monitoreo del sistema de lagunas de estabilización del municipio de Santa Fe de Antioquia, Colombia. *Producción + Limpia*, 36-51.

González, M. (2011). Uso seguro y riesgos microbiológicos del agua residual para la agricultura. *Revista Cubana de Salud Pública*, 61-73.

Lahera Ramón, V. (2010). *Infraestructura sustentable: las plantas de tratamiento de aguas residuales*. Quivera.

López, A. (2013). Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco, México. *Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad*.

Lorenzo Acosta, Y. (2005). La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. *ICIDCA*, 35-48.

Lorenzo, Y. (2006). La digestión anaerobia y los reactores UASB. Generalidades, *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña*, 13-21.

Lucho-Constantino, C., Medina-Moreno, S., Beltrán-Hernández, R., Juárez-Cruz, B., Vázquez-Rodríguez, G. & Lizárraga-Mendiola, L. (2015). Diseño de fosas sépticas rectangulares mediante el uso de la herramienta FOSEP. *Revista mexicana de ingeniería química* (3), 757-765.

Mora Alvarado, D. (2016). Cobertura de la disposición de excretas en Costa Rica en el período 2000-2014 y expectativas para el 2021. *Revista Tecnología en Marcha*, 43-62.

Noyola, A. (2013). *Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales*. México.

Reynolds, K. (2002). *Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica: Identificación del Problema de la lave*.

Romero Ortiz, L., Ramirez Vives, F. & Álvarez Silva, C. (2011). Uso de hidrófitas y un sistema anaerobio para el tratamiento. *Polibotánica*.

Streitenberger, M. (2016). Aporte de los afluentes a la contaminación fecal del estuario de Bahía Blanca, Argentina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 243-248.

Torres Lozada, P. (2016). Análisis del funcionamiento de la configuración del reactor anaerobio de flujo ascendente – filtro percolador para el tratamiento a escala real de aguas residuales domésticas. *Afinidad: Revista de química teórica y aplicada*, 315-321.

Torres, P. (2012). Perspectivas del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países en desarrollo. *Revista EIA*, 115-129.

Valbuena, D., Díaz Suárez, O. & Botero Ledesma, L. (2002). Detección de helmintos intestinales y bacterias indicadoras de contaminación en aguas residuales. *Interciencia*.