

TRATAMIENTO HÍBRIDO DE AGUA RESIDUAL GRIS DOMESTICA

Pablo Paredes¹, Marcial Calero¹, Víctor Peña¹, Lindthón Iparreño¹

¹Universidad Laica Vicente Rocafuerte. Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura. Av. de las Américas 70 frente al Cuartel Modelo. Guayaquil, Ecuador. Apartado Postal 11-33. Contacto: pparedes@ulvr.edu.ec; mcalero@ulvr.edu.ec; vpena@ulvr.edu.ec; liparreno@ulvr.edu.ec

RESUMEN

El reúso del agua residual gris doméstica es una práctica que también puede aplicarse en nuestro país. Este reúso ayudaría a reducir los costos de consumo de agua potable que actualmente poseen las personas de estratos medio y bajo en el país. Este estudio aplica un concepto nuevo de sistema de tratamiento híbrido para descontaminar el agua y poderla reusar para riego de jardines o para llenar el tanque de los inodoros en una vivienda. Un tratamiento de agua residual gris doméstica híbrido plantea la consecución de remociones totales de materia orgánica, sólidos suspendidos totales, coliformes fecales del 93 %, 92 % y 99,2 %, respectivamente. Este tipo de tratamiento puede tener un valor agregado al disminuir las descargas de aguas servidas a través del sistema de alcantarillado sanitario, con el abaratamiento de la infraestructura para los organismos seccionales del país.

Palabras claves: reúso, agua gris doméstica, tratamiento, descontaminación.

Introducción

El reúso del agua residual gris doméstica tiene una larga práctica en países desarrollados, y especialmente en países con escasos recursos hídricos. Por ejemplo, en los Estados Unidos predomina su uso para el riego de parques y jardines, y en Japón para riego de áreas verdes recreacionales, fuentes de agua, y para uso en los tanques de los inodoros. Esta forma de reciclar el agua residual gris ha demostrado aumentar la eficiencia promedio, reduce costos y conserva los recursos naturales (Imhof y Muhlemann, 2005).

Las aguas residuales grises son las aguas que no han sido contaminadas por el agua de descarga de los inodoros, la cual es un agua residual negra. Las aguas residuales

grises incluyen las aguas que salen de fregaderos de cocina, de las tinas de baño, de las duchas, de los lavamanos, de las máquinas lavadoras de ropa, de los lavarropas. El agua residual gris que sale del fregadero de cocina, es un agua que puede ser altamente contaminante (contiene restos de comida, aceite y grasa de cocina), y ya que esta agua ocupa aproximadamente el 5 % del consumo promedio en una vivienda, a veces su uso es despreciable y no recomendado (Lesikar *et al.*, 2004).

De acuerdo a la literatura especializada, existen una serie de tecnologías para el tratamiento de agua residual gris doméstica. Entre las diversas tecnologías, se destacan sistemas aerobios y anaerobios (Allen *et al.*, 2010). En los primeros se usan bacterias aerobias

heterótrofas para degradar la materia orgánica presente en el agua residual, dichas bacterias necesitan oxígeno para vivir por lo cual se usan aireadores con el correspondiente elevado costo que esto representa. En los segundos trabajan las bacterias anaerobias que convierten la descomposición de materia orgánica en gas metano, la desventaja de estos sistemas es la etapa de iniciación (siembra) para lo cual se necesita la inoculación de bacterias especializadas.

En varios países desarrollados se ha tratado agua residual gris doméstica usando humedales artificiales con muy buenos resultados. Las aguas grises entran al humedal por la gravedad y son filtradas primero por procesos mecánicos (Paulo *et al.*, 2007). Las plantas del humedal transfieren oxígeno a la zona sumergida de la raíz, que permite la degradación biológica de contaminantes y materias orgánicas por microbios. La eficiencia de la eliminación varía, pero generalmente el humedal puede eliminar una buena porción de los contaminantes de las aguas grises (Yocum, 2006).

Porque no plantearse un sistema híbrido? Un sistema donde se combinen el crecimiento de las bacterias heterótrofas y los sistemas de humedales artificiales, con un pulimento final en base a un filtro mixto usando materiales alternativos no convencionales. La experiencia en eliminación de materia orgánica por parte del filtro usando arena está entre el 70 y 80 % (Dalahmeh *et al.*, 2012).

Se plantea definir un sistema híbrido de tratamiento de agua residual gris doméstica que permita el reúso del agua tratada para riego o para los tanques de los inodoros, bajo un esquema de costo asequible a una población de estratos medios bajos. Este artículo es la revisión

del estado de arte de una tecnología alternativa para el tratamiento del agua residual gris doméstica. Este tipo de tecnología híbrida de tratamiento no ha sido implementada aún en el Ecuador.

Materiales y métodos

En el proyecto de investigación de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte “Diseño y construcción de una vivienda ecoconfortable considerando materiales, agua y energía”, se plantea el uso de un sistema híbrido para el tratamiento de aguas grises domésticas.

Las aguas residuales provenientes del fregadero de cocina deberán pasar a través de una trampa de aceites y grasas, con el fin de remover éstos antes de ingresar al Sistema híbrido de tratamiento. A su vez, las aguas residuales provenientes de las duchas, los lavamanos, de la máquina de lavar ropa deben ir directamente al Sistema híbrido de tratamiento que se propone.

El Sistema híbrido de tratamiento que se plantea contiene tres compartimientos. El primer compartimiento llamado sedienmallado, debe su nombre a que este compartimiento trabajará al mismo tiempo como un sedimentador inicial y como un reactor biológico. El material particulado que lleva consigo el agua residual gris proveniente de los artefactos sanitarios como fregadero, lavamanos, duchas y lavandería se sedimentará en el centro del sedienmallado en donde existirá una estructura cilíndrica con la respectiva válvula de purga en el fondo de la misma. Para remover la materia orgánica que también lleva consigo el agua residual grise usará un enmallado plástico, el cual estará alrededor de la estructura cilíndrica, este enmallado permitirá un crecimiento y reproducción

de bacterias de tipo aeróbico, aliviando la carga contaminante al siguiente proceso de tratamiento, el cual es un humedal artificial construido.

En el humedal artificial, el cual se sitúa en el segundo compartimiento se producirá un pulimento en cuanto a remoción de materia orgánica presente en el agua residual gris doméstica, así como también un pulimento en cuanto a remoción de sólidos suspendidos y microorganismos patógenos (García *et al.*, 2008).

En el tercer compartimiento y final, se implementará un filtro en base a materiales alternativos no convencionales como la gravilla y viruta de madera, el efluente que saldrá de este sistema híbrido podrá ser reusado como agua de irrigación para los jardines de cualquier vivienda y como agua de reúso en los tanques de los inodoros, permitiendo un ahorro económico sustancial en cada uno de los hogares del país.

En la figura 1, se muestra un esquema de cómo sería la Planta de tratamiento híbrido de agua residual gris doméstica.

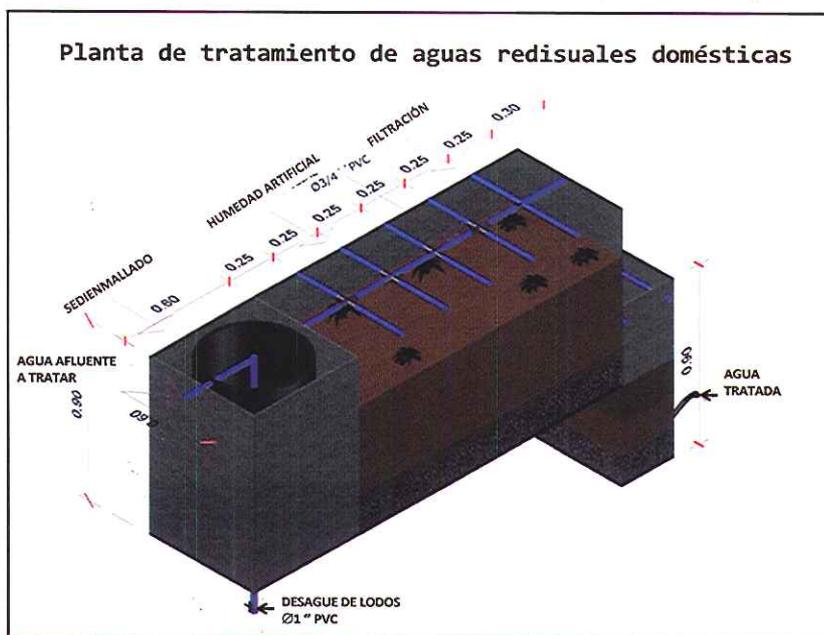


Figura 1. Planta de tratamiento de aguas residuales grises domésticas

Cálculo del caudal de agua residual gris doméstica

En la definición de los volúmenes necesarios para cada compartimiento de tratamiento es necesario definir el caudal de agua residual gris doméstica que va a entrar en el Sistema de tratamiento que se propone. Para calcular el caudal de agua residual teórico en una vivienda tipo, se deben establecer los siguientes datos:

- * Población promedio en una vivienda tipo.
- * Dotación estimada de agua potable para el sector o estrato de población deseado.
- * Coeficiente de retorno de agua potable a agua servida.
- * Factor de mayor acción horario.

Características de agua residual gris doméstica

Las características de un agua residual gris doméstica puede variar dependiendo del número de ocupantes, su edad, su estatus de salud, su tipo de estilo de vida, de la fuente de agua potable, de los

patrones de uso de agua y de los usos de productos en la casa (tales como tipo de jabón, shampoo, detergente, pasta de diente, tinte de pelo, crema de afeitar y aceites de baño) (Haman Al-Mughalles *et al.*, 2012). La composición típica de un agua residual gris doméstica es mostrada en la tabla 1.

Tabla 1. Típica composición de un agua residual gris doméstica

Parámetro	Unidad	Rango
Sólidos suspendidos	mg/l	45-330
Turbiedad	NTU	22-200
DBO ₅	mg/l	90-290
Nitrito	mg/l	< 0,1-0,8
Amonio	mg/l	< 0,1-25,4
Nitrógeno total kjedahl	mg/l	2,1-31,5
Fósforo total	mg/l	0,6-27,3
Sulfatos	mg/l	7,9-110
pH	U de pH	6,6-8,7
Conductividad	mS/cm	325-1140

Fuente: Jeppersen (1996)

Performance de Sistema de Tratamiento propuesto

Remoción de materia orgánica

Tanto en el enmallado plástico del primer compartimiento como en el medio filtrante del humedal artificial del segundo compartimiento crecerán las bacterias heterótrofas, es por esto que entre las condiciones que se busca por ejemplo en el primer y segundo compartimiento están:

- * Que se encuentren destapados para el ingreso de oxígeno del ambiente.
- * Que una tercera parte del enmallado plástico se encuentre fuera del nivel del agua, para efectos de permitir el desarrollo de las bacterias heterótrofas aeróbicas.
- * Que mediante un dispositivo automático se mueva el

enmallado de su posición inicial a otra posición que permita poner el lado que estaba al aire libre en la posición debajo del agua y así viceversa, siendo este procedimiento de frecuencia horaria.

Las bacterias heterótrofas presentes en cualquier agua residual gris doméstica usan compuestos orgánicos como fuente de energía y de carbón para su propia síntesis. Estos compuestos orgánicos se encuentran presentes en grandes cantidades en el agua residual doméstica. Existen tres clases de bacteria heterótrofas: las aeróbicas, las anaeróbicas y las facultativas.

Las bacterias heterótrofas aeróbicas en presencia de oxígeno en el agua residual, convierten la materia orgánica en CO₂ (dióxido de carbono), agua y energía. El CO₂ es un gas que se escapa hacia el ambiente, es decir, se necesita que existan este tipo de bacterias para que se produzca una remoción de materia orgánica.

Las bacterias heterótrofas anaeróbicas necesitan muy poco o nada de oxígeno para vivir, bajo estas condiciones estas bacterias descomponen la materia orgánica a productos tales como ácidos

orgánicos y alcoholes, también lo convierten en CO₂, agua y energía. El exceso de producción de ácidos orgánicos tiende a la producción de gas metano, que también se escapa hacia la atmósfera.

La última clase de bacterias heterótrofas es la facultativa que puede tanto tomar oxígeno como no hacerlo, un ejemplo de este tipo de bacterias es la *Escherichia coli*.

Se estiman los siguientes porcentajes de remoción de materia orgánica en cada uno de los compartimientos (Tabla 2).

Tabla 2. Porcentaje estimado de materia orgánica removido por compartimiento

Compartimiento	% de Remoción
Sedienmallado	40-50
Humedal artificial de flujo vertical	60-75
Filtración de pulimento	70-80

Remoción de sólidos suspendidos totales

La remoción de sólidos suspendidos totales en cualquier sistema de tratamiento de aguas residuales se produce por el proceso físico de la gravedad. Se entiende por sólidos suspendidos aquel material particulado que se retiene en un filtro de fibra de vidrio con tamaño de poro de 0,45 µm, y permanece al evaporarse el agua entre 103°C a 105 °C.

En el sistema de tratamiento que se plantea la remoción de sólidos suspendidos totales se dará principalmente en el primer compartimiento llamado sedienmallado, así como en el segundo compartimiento donde se implementará el humedal artificial de flujo vertical.

En el sedienmallado debido al tiempo de retención de diseño aplicado de 4 horas se producirá una remoción entre el 55 % al 60% de los sólidos suspendidos totales por el proceso físico de la gravedad.

En el humedal artificial de flujo vertical la remoción de sólidos suspendidos totales se debe a procesos físicos y sólo está influenciada por la temperatura a través de los efectos de la viscosidad en el flujo de agua. (UN-HABITAT, 2008).

En la siguiente tabla se estiman los porcentajes de remoción de sólidos suspendidos totales (SST) en cada uno de los compartimientos (Tabla 3).

Tabla 3. Porcentaje estimado de SST removido por compartimiento

Compartimiento	% de Remoción
Sedimentado	55-60
Humedal artificial de flujo vertical	70-75
Filtración de pulimento	40-45

Remoción de coliformes fecales

La remoción de coliformes fecales en el sistema de tratamiento para aguas grises que se plantea, se produce principalmente por la acción de las comunidades bacterianas de tipo facultativo aerobias y anaerobias que se formarán en cada uno de los tres compartimientos actúan entre sí como competidores y depredadores.

En el primer compartimiento, la competición entre las bacterias con hongos, algas y protozoos que trae consigo el agua residual gris se producirá

en el enmallado de plástico. En el segundo compartimiento, esa competición y depredación se producirá en el medio filtrante arenoso, y por último en el tercer compartimiento, en el filtro de pulimento la reducción de bacterias coliformes fecales se producirá en el aserrín, arena y gravilla.

En la tabla 4 se indican los porcentajes estimados de remoción de bacterias coliformes fecales en cada uno de los compartimientos.

Tabla 4. Porcentaje estimado de bacterias coliformes fecales removido por compartimiento

Compartimiento	% de Remoción
Sedimentado	75-80
Humedal artificial de flujo vertical	80-85
Filtración de pulimento	85-90

Conclusiones y recomendaciones

El tratamiento híbrido podrá servir de modelo para ser aplicado a urbanizaciones o cooperativas de vivienda de estrato medio a bajo. Los costos que se ahorrarían las personas fluctuarían en un rango entre el 20 al 30 % del consumo mensual. Los porcentajes de remoción de los principales contaminantes materia orgánica, sólidos suspendidos totales y coliformes fecales efluente del tratamiento híbrido permitirían obtener un agua que cumple con las normas internacionales para uso en riego o en los tanques de los inodoros.

Un tratamiento de agua residual gris doméstica híbrido plantea la consecución de remociones totales de materia orgánica, sólidos suspendidos totales, coliformes fecales del 93 %, 92 % y 99,2 %, respectivamente. Este tipo de tratamiento puede tener un valor agregado al disminuir las descargas de aguas servidas a través del sistema de alcantarillado sanitario, con el abaratamiento de la infraestructura para los organismos seccionales del país. Además, este sistema de tratamiento híbrido que se propone podrá servir a los estudiantes de las carreras de ingeniería civil y arquitectura para que éstos

profundicen más sus conocimientos sobre tratamiento de aguas.

las aguas grises por biofiltración. Bren School of Environmental Science and Management, University of California, Santa Barbara.

Referencias

Allen L., Christian-Smith J., Palaniappan M. (2010). Overview of grey water reuse: The potential of grey water systems to aid sustainable water management. Pacific Institute.

Dalahmeh S., Pell M., Vinneras B., Hylander L., Oborn I., Jonsson H. (2012). Efficiency of Bark, activated charcoal, foam and sand filters in reducing pollutants from grey water. *Water air soil pollution* 223: 3657-3671.

García J., Corzo A. (2008). Guía Práctica de Diseño, Construcción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial.

Haman Al-Mughalles M., Abdul Rahman R., BintiSuja F., Mahmud M., Mastura Syed Abdullah S. (2012). Grey water Treatment Using GAC Biofilm Reactor and Sand Filter System. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(3): 283-292.

Imhof B, Muhlemann J. (2005). Grey water treatment on household level in developing countries- A state of the art review. Eawag-Sandec, ETH Duwis.

Lesikar B.J, Lee B., Walker D. y Lyons E. (2004). Water reuse - University Curriculum Development for Decentralized Wastewater Treatment.

Paulo P.L., Boncz M.A., Asmus A.F., Jonsson H., Ide C.N. (2007). Grey water treatment in constructed wetland at household level.

UN-HABITAT. Constructed Wetlands Manual. (2008). UN-HABITAT Water for Asian Cities Programme Nepal, Kathmandu.

Yocum D. (2006). Manual de Diseño: Humedal Construido para el Tratamiento de