

SISTEMA AUTOMATIZADO DE RECICLADO DE AGUAS DOMICILIARIAS PARA EL RIEGO DE ÁREAS VERDES

AUTORES: Gema Gutierrez Zambrano¹
Eddy Delgado Laaz²
Jipsson Vélez Molina³
Genesis Valeriano Santillán⁴



DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: gutierrez-gema8382@unesum.edu.ec

Fecha de recepción: 20/08/2020

Fecha de aceptación: 10/01/2021

RESUMEN

La generación de residuos domiciliarios ha ido creciendo exponencialmente en las últimas décadas, para satisfacer las necesidades humanas mediante los servicios básicos como el agua potable, esta ha originado aguas grises y aguas negras, los derivados de aquello han incrementado problemas a la salud de la población, fuertes impactos ambientales a las aguas, a la atmósfera, al suelo e impactos económicos negativos en términos de devaluación de suelos. Al respecto el presente estudio realiza una investigación sobre un sistema automatizado para el tratamiento de aguas residuales domiciliarias, que pueda adaptarse a las necesidades de un hogar, presentando así un biodigestor anaerobio, que se caracteriza por ser de flujo continuo, baja carga orgánica y tener cuatro etapas de proceso, con el fin de reducir gastos, facilitar su implementación y cumplir con los requerimientos hídricos de una pared verde con medidas estándar. Se basó en el método analítico y el método hipotético deductivo, los resultados obtenidos, fueron de la pared verde, con un requerimiento hídrico de 105 litros por día, el biodigestor se adaptó para dicho requerimiento, en un contenedor plástico de 220 L de capacidad, donde se lleva a cabo un proceso automatizado que mejorará la calidad del agua, con la finalidad de usarla para el riego de una pared verde,

¹ Estudiante de sexto semestre de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí, Ecuador. E-mail: gutierrez-gema8382@unesum.edu.ec ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9100-7851>

² Estudiante de sexto semestre de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí, Ecuador. E-mail: delgado-eddy1574@unesum.edu.ec ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3699-1208>

³ Estudiante de sexto semestre de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí, Ecuador. E-mail: velez-jipsson3978@unesum.edu.ec ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8955-1903>

⁴ Estudiante de sexto semestre de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí, Ecuador. E-mail: valeriano-genesis1416@unesum.edu.ec ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9574-4181>

integrando de esta forma los Objetivos de Desarrollo Sostenible proponiendo una solución que contribuya al desarrollo social y ambiental del mundo.

PALABRAS CLAVE: Aguas residuales; Biodigestor; Anaerobio; Automatización.

AUTOMATED HOME WATER RECYCLING SYSTEM FOR IRRIGATION OF GREEN AREAS

ABSTRACT

The generation of household waste has been growing exponentially in recent decades, to satisfy human needs through basic services such as drinking water, this has caused gray water and sewage, the derivatives of that have increased problems to the health of the population, strong environmental impacts to the waters, the atmosphere, the soil and negative economic impacts in terms of land devaluation. In this regard, the present study carries out an investigation on an automated system for the treatment of household wastewater, which can be adapted to the needs of a home, thus presenting an anaerobic biodigester, characterized by being continuous flow, low organic load and having four process stages, in order to reduce costs, facilitate its implementation and meet the water requirements of a green wall with standard measures. It was based on the analytical method and the hypothetical deductive method, the results obtained, in the first place, were from the green wall, with a water requirement of approximately 105 liters per day, the biodigester was adapted for this requirement, in a plastic container of 220 L capacity, where an automated process is carried out that will improve the quality of the water, in order to use it for the irrigation of a green wall, thus integrating the Sustainable Development Goals in order to propose a solution, contributing to the social and environmental development of the world.

KEYWORDS: Sewage water; Biodigester; Anaerobe; Automation.

INTRODUCCIÓN

Las estadísticas actuales del Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018, indican que la demanda mundial de agua se ha estimado en alrededor de 4.600 km³/año y se prevé que aumente entre un 20% y un 30%. El mismo informe indica que el uso global del agua ha aumentado seis veces en los últimos 100 años y sigue creciendo de manera constante a una tasa aproximada del 1% anual. (Peña, 2019)

Más del 50% de la población mundial vive en ciudades, se espera que para el 2050 este número aumente al 66%, es por ello que, según la FAO, (2016):

“Las áreas verdes urbanas pueden ayudar a mitigar algunos de los impactos negativos y las consecuencias sociales de la urbanización, y así hacer que las ciudades sean más resistentes a estos cambios. Una ciudad con una infraestructura verde bien planificada y bien manejada se vuelve más resistente, sostenible y equitativa en términos de nutrición y seguridad alimentaria, mitigación de la pobreza, mejora de los medios de subsistencia, mitigación y adaptación al cambio climático, reducción del riesgo de desastres y conservación de ecosistemas.”

Es por ello que dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible se enmarcan tres en donde se tratan de solucionar estas problemáticas y los cuales son: Objetivo 6. Agua limpia y saneamiento, objetivo 11. Ciudades y comunidades sostenibles y el objetivo 13. Acción por el clima. En los cuales Los mismos en los que se basó para plantear los objetivos del presente trabajo de investigación, cuyo objetivo general es Proponer un sistema de reciclado de aguas residuales domiciliarias para el riego de áreas verdes.

Este se justifica con la necesidad de implementar más áreas verdes en la ciudad de Jipijapa por motivo de que en esta existen muy pocas, además como un método de adaptación al cambio climático en la urbe, con el fin de reducir las altas temperaturas, las cuales oscilan entre los 25 °C y 28°C (PDOT Jipijapa, 2015). La vegetación regula las temperaturas extremas de las ciudades, ejerciendo un control climático sobre la misma. Pero, la calidad ambiental urbana y la integridad ecosistémica no solo dependen de la presencia de reservas naturales, sino de la estructura global del tejido urbano y del grado de conexión biológica entre los parches naturales, la vegetación de las calles y jardines privados. (Rodríguez, 2008)

Sin embargo, la escasez de agua en el cantón es una limitante para el desarrollo de estas áreas verdes, es por ello que para que esto sea sostenible en el presente artículo se realizó el diseño de un biodigestor anaerobio de aguas domiciliarias con el fin de reutilizar el agua de consumo doméstico para el riego de una parad verde y así optimizar el recurso agua.

DESARROLLO

Las paredes verdes son estructuras que se sujetan a la pared y están diseñadas para contener a la vegetación, de tal modo que esta no tiene contacto directo con la superficie sobre la que está instalada (Lundegren, 2016).

Un metro cuadrado de cobertura vegetal genera suficiente oxígeno para un adulto durante un año y atrapa 130 g de polvo durante ese mismo tiempo. Un edificio con un jardín o huerto vertical puede reducir 40 toneladas de gases nocivos de la atmósfera si tiene una fachada de 60 m^2 . Para las personas laborando o viviendo dentro de dicha instalación la contaminación sonora de la ciudad disminuye por 10 decibelios. Si se manejan de forma correcta le pueden dar una fachada agradable para la construcción. Fomentaría una iniciativa en las ciudades para que adopten estos estilos y poder así reducir la contaminación sonora y de gases nocivos (Alicante forestal, 2017).

Además, ayudan a estabilizar la temperatura ambiental, así como a racionalizar el empleo de sistemas de ventilación eléctricos, ya que las paredes funcionan como un aislante térmico (Twenergy, 2018).

Estructura de las Paredes Verdes

- **Soporte Estructural:** Previo a la instalación de la pared verde, es indispensable un buen sistema de anclaje y sujeción, el cual lo brinda la malla electro soldada, ya que el peso muerto de la pared verde, con un sistema basado en sustratos oscila alrededor de los 80 kg/m², contemplando la saturación del medio de crecimiento y las plantas.

- **Impermeabilización:** Es necesario dejar un espacio entre la edificación y la estructura donde se soportará el jardín. Este espacio permitirá un flujo de aire constante, que evitará el crecimiento de moho y regulará las variaciones térmicas y acústicas que existan fuera de la edificación.
- **Medio De Cultivo De Sistemas Basados En Sustratos:** Se usan membranas de geotextil con compartimentos conectados entre sí y anclados a la armazón de metal. Los mismos se pueden retirar para mantenimiento o replantación, para un área de 1m² se pueden ubicar 50 plantas. La mayoría de los sistemas basados en sustratos están diseñados para el riego automático.
- **Irrigación Y Nutrición De Sistemas Basados En Sustratos:** se recomienda que la irrigación sea automatizada, ya que se mitigan las pérdidas de la planta debido al manejo inconsistente de la humedad. Los ciclos de riego suelen durar unos minutos, y se requerirán varias veces al día, para paredes verdes basadas en sustratos ubicadas en exteriores soleados, se recomienda un riego automatizado por medio de goteo, que permita una emisión uniforme de agua; Teniendo en cuenta que el sustrato es orgánico y de calidad, se debe proceder a regar iniciando el riego por la parte superior para aprovechar la escorrentía que se genere. la demanda hídrica de este sistema varía entre 2 a 5 litros de agua por metro cuadrado por día. En términos generales, si la pared verde se encuentra ubicada en un área de alta exposición solar, se recomienda que las plantas se ubiquen desde la parte superior hacia la inferior en función de su tolerancia al sol y al estrés hídrico, quedando en la parte alta las plantas con mayor tolerancia al sol y menor requerimiento de agua.
- **Bandeja De Goteo:** En la parte inferior de la pared verde debe existir una bandeja de goteo, la misma que tiene la función de capturar el exceso de agua proveniente del riego de la pared, así como el agua que gotea del follaje. El tamaño de la bandeja de goteo debe ser suficiente para mantener el volumen de agua de un ciclo de riego completo. Si la pared contempla un sistema de riego automatizado, se puede incorporar la recirculación del agua capturada en la bandeja de goteo, por medio de un bombeo hacia la parte superior de la pared, para reutilizarla en lugar de desperdiciarla.
- **Mantenimiento De Sistemas Basados En Sustratos:** Las paredes verdes requieren un cuidado minucioso durante los primeros tres meses después de ser plantadas. Durante este período se necesita que cada 15 días las plantas sean podadas, reemplazadas en el caso de que hayan muerto, fumigadas si existiese una plaga, o enriquecidas. Posterior a la fase de adaptación, el mantenimiento puede realizarse una vez al mes. Los sistemas basados en sustratos, proporcionan una estructura para soportar la planta y facilita el acceso de agua, aire y nutrientes. El mantenimiento del sustrato se hace por medio de la mezcla manual de fertilizantes con el medio de cultivo, para proveer los nutrientes necesarios a la planta.

Digestión anaerobia

El tratamiento anaerobio es un proceso microbiológico en ausencia de oxígeno, en el que la materia orgánica se transforma por acción de microorganismos en biogás y bioabono (Yanket al., sf); en él se implica la realización de una serie de reacciones bioquímicas donde participan microorganismos, de los cuales una parte son oxidados completamente por el carbono formando anhídrido carbónico, mientras otra es reducida en alto grado para formar metano (Guevara 1996).

El proceso anaeróbico ocurre en cuatro etapas (Vargas 1992; Guevara 1996; Hilbert 2003), hidrólisis, acidogénesis, acetanogénesis, y metanogénesis. (Citado de González Salcedo & Olaya Arboleda, 2009)

Biodigestor Anaerobio de aguas residuales domiciliarias

La remoción de materia orgánica constituye uno de los objetivos del tratamiento de las aguas residuales, utilizándose en la mayoría de los casos procesos biológicos. El mecanismo más importante para la remoción de la materia orgánica presente en el agua residual, es el metabolismo bacteriano. El metabolismo consiste en la utilización por parte de las bacterias, de la materia orgánica como fuente de energía y carbono para generar nueva biomasa. Cuando la materia orgánica es metabolizada, parte de ella es transformada químicamente a productos finales, en un proceso que es acompañado por la liberación de energía llamado "Catabolismo". (Rodríguez, 2004)

El uso de biodigestores anaeróbicos estabiliza los efluentes mantienen la calidad ambiental y puede considerarse como el proceso productivo, donde los desperdicios orgánicos constituyen la materia prima y el combustible y aditivo de nutrientes para cultivos, el producto final. La posibilidad de reutilizar desechos y obtener ciertos beneficios, mediante la aplicación de tecnologías no convencionales, es un sendero que en la actualidad se considera necesario a la hora de realizar diversos tipos de proyectos e inversiones. En lo particular, lo referido se ajusta a la actividad agropecuaria, que dispone de materia prima en exceso. En ese sentido la biodigestión anaeróbica presenta una aplicabilidad con balances energéticos positivos si se aprovecha el biogás que se obtiene (Valdés, 2014).

Siguiendo la estructura de los modelos de biodigestores comerciales, se adecuó su estructura interna en un tanque de 220L de capacidad con el fin de reducir gastos y cumplir con los requerimientos hídricos de la pared verde establecida, además las bacterias anaeróbicas que se utilizaran en el biodigestor están contenidas dentro de la solución Biodyne 301, la misma que es un producto comercial el mismo que cuenta con 29 cepas de bacterias aeróbicas y facultativas con capacidad para degradar diferentes compuestos presentes en las aguas residuales que afectan la DBO y la DQO: grasas, proteínas, azúcares, entre otros. Además, que no es una sustancia tóxica y que el agua resultante del tratamiento puede ser utilizada para el riego.

Materiales y métodos

En el desarrollo de la presente investigación se utilizaron materiales de consulta digitales que contenían información relevante a la temática abordada.

Los métodos utilizados en el presente estudio fueron:

- **Método Hipotético-Deductivo:** El método hipotético deductivo es una descripción del método científico. Tradicionalmente, a partir de los avances de Roger Bacon, se consideró que la ciencia partía de la observación de hechos y que, de esa observación repetida de fenómenos comparables, se extraían por inducción las leyes generales que gobiernan esos fenómenos. Posteriormente Karl Popper rechaza la posibilidad de elaborar leyes generales a partir de la inducción y sostuvo que en realidad esas leyes generales son hipótesis que formula el científico, y que se utiliza el método inductivo de interpolación para, a partir de

esas hipótesis, de carácter general para elaborar predicciones de fenómenos individuales. Es central en esta concepción del método científico, la falsabilidad de las teorías científicas, esto es, la posibilidad de ser refutadas por la experimentación. En el método hipotético deductivo, las teorías científicas no pueden nunca reputarse verdaderas, sino a lo sumo no refutadas. (Custodio Ruiz, 2008)

- Método analítico: Se distinguen los elementos de un fenómeno y se procede a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado. La física, la química y la biología utilizan este método; a partir de la experimentación y el análisis de gran número de casos se establecen leyes universales. Consiste en la extracción de las partes de un todo, con el objeto de estudiarlas y examinarlas por separado, para ver, por ejemplo, las relaciones entre las mismas. Estas operaciones no existen independientes una de la otra; el análisis de un objeto se realiza a partir de la relación que existe entre los elementos que conforman dicho objeto como un todo; y a su vez, la síntesis se produce sobre la base de los resultados previos del análisis. (Custodio Ruiz, 2008)

Resultados

El tratamiento anaerobio de efluentes domésticos fue aplicado desde finales del siglo XIX, con el desarrollo de la fosa séptica (1895) y del tanque Imhoff (1905). El denominado tanque “biolítico” fue utilizado por primera vez en 1910, siendo analizado de nuevo en los años 50, y constituyendo el modelo previo de los actuales digestores UASB. Estas primeras versiones del UASB fueron combinadas con filtros para mejorar el tratamiento global, consiguiendo buenos resultados, que sin embargo no permitieron asentar la tecnología (Jewell, 1987), Switzenbaum y Grady (1986) presentaron una proyección del tratamiento anaerobio de efluentes residuales domésticos, basada en la documentación aportada en una reunión internacional, celebrada en la Universidad de Massachusetts en Junio de 1985, donde se afirmaba el potencial de la digestión anaerobia, especialmente en los países tropicales. Se apuntaba que el proceso de conversión de un sustrato complejo como las aguas domésticas podía presentar como etapas limitantes la hidrólisis y la fermentación antes que la metanización. La eliminación de coloides y partículas dependería de la capacidad de sedimentación en el interior de los digestores, y se llamaba la atención sobre las posibles interferencias que los sulfatos podrían causar.

Lettinga et al. (1993) presenta un análisis de la viabilidad del tratamiento anaerobio en países de clima tropical (principalmente en reactores UASB), concluyendo que ofrece una interesante alternativa de saneamiento en los países en vías de desarrollo. Dicha viabilidad se deduce de los resultados obtenidos en digestores industriales utilizados en Colombia (Cali, 1983-89; Bucaramanga, 1990), en la India (Kampur, 1989), en Brasil (Campina Grande, 1990), que son aplicaciones de investigaciones de laboratorio y planta piloto desarrolladas por el grupo de Lettinga desde 1976 en Holanda (van der Last y Lettinga, 1992).

Bogte et al. (1993) estudiaron la aplicación de los digestores UASB de pequeña escala (1.2 m³, considerado suficiente para 5 personas), al tratamiento de efluentes domésticos en diferentes zonas rurales o carentes de instalaciones de saneamiento colectivas en Holanda. (Como se cita en Ruiz, Álvarez & Soto, 2001)

Paredes verdes

Los sistemas de paredes verdes en el mercado tienen grandes variaciones en su diseño e instalación; es posible conseguir desde modulares pequeños, hasta sistemas más sofisticados que

pueden cubrir una edificación por completo. Por ello, para llevar a cabo el presente estudio nos basamos en una pared de una casa con medidas estándar, tomando una pared de 3,5 m de alto por 6 m de ancho con un total de $21m^2$. Calculando así un requerimiento hídrico de aproximadamente 105 litros por día, ya que el promedio de agua usada al día en una pared verde o jardín vertical es de 5 litros por metro cuadrado, sin embargo, es preferible que estos sistemas sean de riego automatizado, donde esta agua puede recircular como se menciona anteriormente, de tal forma que no se desperdicie, ni se use en exceso este recurso.

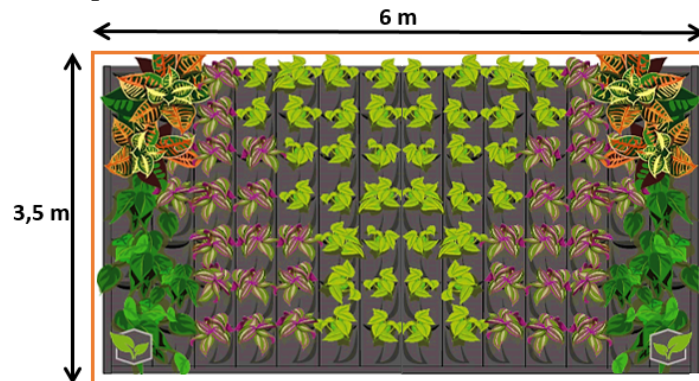


Figura 1. Medidas estándar de la pared verde

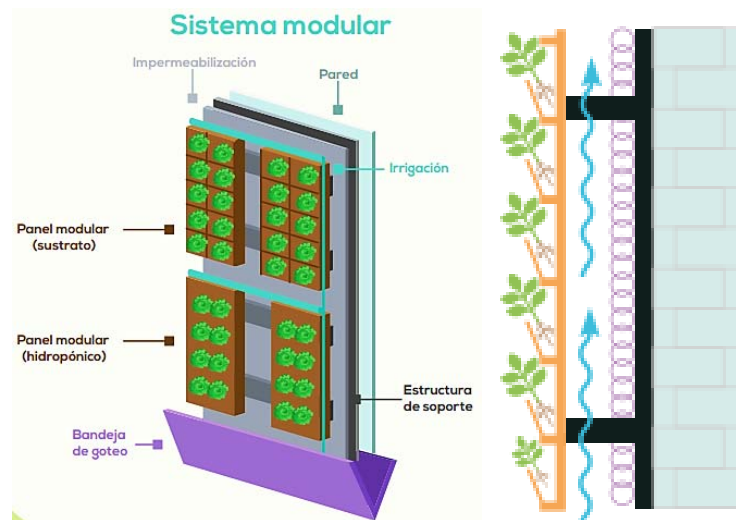


Figura 2. Sistema de las paredes verdes

Fuente: Fundación Proyecta Verde y M.I. de Guayaquil, 2019

Biodigestor Anaerobio de aguas residuales domiciliarias

Con el fin de cumplir con el requerimiento hídrico de la pared verde anteriormente establecida se pudo apreciar que se necesitan una media de 105 L diarios de agua para el riego de la misma,

para no sufrir con escases de agua en un futuro, el biodigestor de lo basó en un contenedor plástico de 220 L de capacidad, el mismo que tiene un precio de \$25.00.

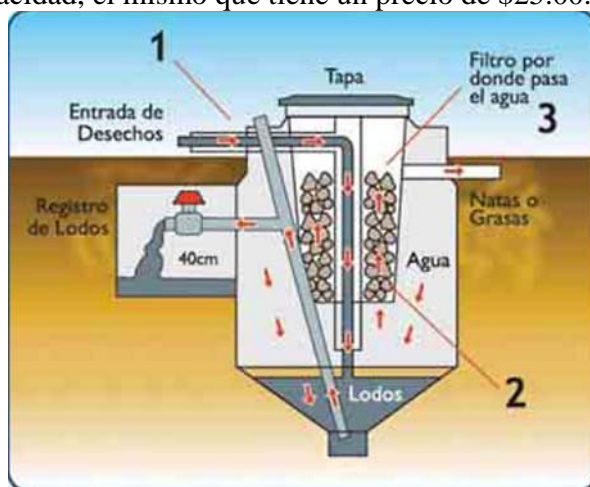


Figura 3. Biodigestor Anaerobio

Fuente: Hydroplayas, 2018

Siguiendo el modelo establecido por (ROTOPLAST, 2015) el mismo que consta de 4 partes elementales que son: El filtro biológico de aros pet, entrada de desechos, registro de lodos y salida de agua tratada.

El filtro biológico de aros pet es el encargado de fijar a las bacterias anaerobias, las cuales atrapan a la materia orgánica presente en el agua y la digieren. (Nicoll, 2018) El mismo que tiene una longitud de 0,4 m con un diámetro inferior de 0,122 m y diámetro superior de 0,279 m, este tiene un recubrimiento externo de malla plástica con un ojal de 0,5 cm y en su interior 200 aros pet hechos con manguera plástica de 1" de diámetro y los mismos que tendrán un ancho de 1cm. Estos tienen un precio de \$0,70 dólares.

El ingreso del agua residual al biodigestor es mediante una tubería de pvc de 3" de diámetro y una longitud de 0,5 m, además en la parte superior un codo del diámetro anteriormente mencionado, el mismo que se conectaría a la tubería que proviene de la trampa de grasas.

Los sólidos disueltos al tener un peso mayor por acción de la gravedad se depositan en la parte inferior del biodigestor, estos sedimentos son denominados lodos. (Lituma, 2010) Para la extracción de los lodos del fondo del tanque se lo realiza con un tubo de 2 ½" y con una longitud de 0,93 m el mismo que va de forma diagonal desde el centro inferior del biodigestor hasta la parte superior derecha del mismo, a 0,20 m de parte superior de este tubo se sitúa una "T" de pvc la cual conducirá a los lodos a parte exterior de biodigestor, mediante capilaridad, y dirigidos a una cámara de registros de lodos. Estos lodos resultantes de la digestión anaerobia pueden ser utilizados como abono orgánico para plantas ornamentales. (Limón, 2013).

Para la salida del agua tratada se extiende un tubo pvc, de 2 ½" y con una longitud de 0,5 m, desde el centro del filtro biológico de aros pet, a 0,2 m de la parte superior, hasta la parte externa del contenedor y será conducida a un filtro externo.

Para optimizar el proceso del tratamiento de agua se procede a colocar una trampa de grasas para la separación y recolección de grasas y aceites del agua usada (Hydroplayas, 2018). Este será colocado antes de que el agua residual entre al biodigestor, con el fin de que las bacterias biodigestoras optimicen la digestión de materia orgánica presente en el agua.

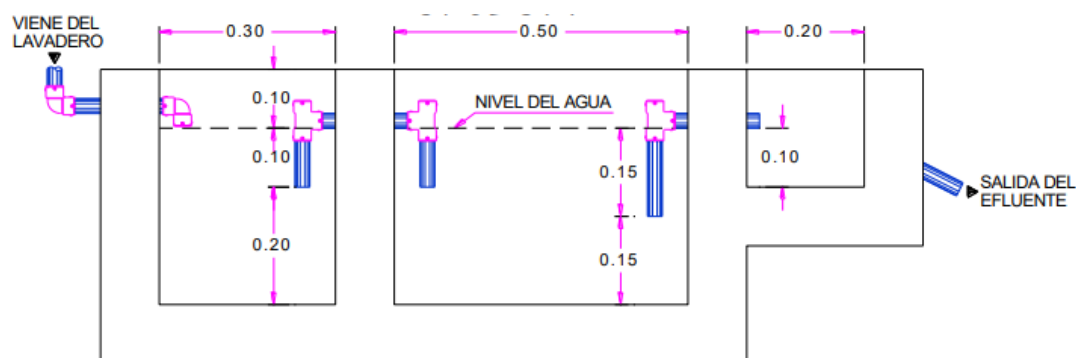


Figura 3. Sistema Biodigestor anaerobio

Fuente: Hydroplayas, 2018

Además, con el fin de que el agua para el riego de la pared verde tenga una mejor calidad, el agua a la salida del biodigestor, estas pasarán por un filtro de grava, arenas y carbón activado, para después pasar por una desinfección con pastillas de cloro. Esto contenido en un tanque de 220 L, el mismo utilizado para el biodigestor.

Sistema de riego automatizado

Para que el sistema de riego sea automatizado se utilizará una bomba de marca “LEO” de ½ hp la misma que tiene un caudal de 40L/min, y para el sistema de automatización se implementará un circuito “ARDUINO 1” el cual previo un programado con el programa “Arduino 1.0.1” el cual permitirá que la bomba de agua se encienda a las 06:00h y las 18:00h respectivamente durante 3 min permitiendo el paso de 120L por el sistema de riego (Arduino, 2020).

Integración de los Objetivos de desarrollo sostenible

El presente tema contribuye al cumplimiento de las metas y objetivos de desarrollo sostenible. Ya que la implementación de biodigestores anaerobios para el tratamiento de aguas residuales generadas en el hogar, busca el manejo adecuado del recurso hídrico, permitiendo la seguridad de los individuos, al garantizando un saneamiento adecuado del agua mejorando su calidad y su uso responsable, integrando así el ODS 6 “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”.

Además, la construcción de paredes verdes para darle un uso al agua reciclado por el biodigestor permite el cumplimiento del objetivo de desarrollo sostenible 13 “Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”, al contribuir con la mitigación del cambio climático y con la adaptación al mismo, debido a que estas paredes verdes como se menciona anteriormente, aportan con múltiples beneficios ambientales como disminuir los gases de efecto invernadero, la temperatura ambiental, la contaminación sonora y atmosférica y en consecuencia mejorando la salud de las personas.

Es de esta forma, que la combinación de dos sistemas, como son el biodigestor anaerobio para el reciclado de aguas domiciliarias y las paredes verdes a donde se destina el agua tratada, son un complemento ideal, que crea un hogar sostenible, contribuyen a la integración del ODS 11 “Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”.

CONCLUSIONES

Las paredes verdes logran mejorar la calidad de vida de los habitantes, al generar suficiente oxígeno, atrapar el polvo, reducir los gases nocivos de la atmósfera y disminuir la contaminación sonora.

Con la aplicación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en los hogares, se logra prevenir la contaminación, minimizar riesgos biológicos, mejorar la disposición final de efluentes como sustrato de plantas cultivadas en jardines verticales o paredes verdes.

Gracias a la reducción de organismos patógenos presentes en las aguas residuales, durante el proceso de biodigestión se mejoraron considerablemente las condiciones higiénicas sanitarias de los hogares.

El sistema está diseñado para que sea totalmente automatizado, sin embargo, requiere su respectivo control y mantenimiento cada 3 meses, ya que de no ser así se alteraría la calidad del agua, produciendo afectos contraproducentes a las plantas de la pared verde a las que se destina el agua tratada.

La implementación de los biodigestores anaerobios permite reciclar el agua residual generada por el hogar, logrando que no sea depositada al río o mar cuando no se dispone de una red de alcantarillado sanitario, de tal forma que se reduce la contaminación por aguas negras y grises.

El sistema de tratamiento de aguas domiciliarias para el riego de áreas verdes es una oportunidad para las empresas constructoras de complejos habitacionales, ya que impulsa el desarrollo de comunidades y ciudades sostenibles, al ser una estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático, en beneficio de los habitantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alicante Forestal (2017). Beneficios de los jardines verticales. Recuperado el:25/05/2018, en línea en: <https://www.alicanteforestal.es/jardinesverticales/beneficios/#>
- Arduino. (2020). Arduino.cl. Obtenido de <https://arduino.cl/arduino-uno/>
- Custodio Ruiz, A. (2008). Métodos y técnicas de investigación científica. Retrieved 19 August 2020, from <https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion-cientifica/>
- FAO. (11 de 2016). FAO. Obtenido de Construir ciudades más verdes: nueve beneficios de los árboles urbanos: <http://www.fao.org/zhc/detail-events/es/c/455658/>
- Fundación Proyecta Verde, & M.I. Municipalidad de Guayaquil. (2019). Guía de instalación de techos, paredes y fachadas verdes [Ebook] (1st ed., pp. 34-41). Guayaquil: Carla Risco, Andrea Castillo, Karolina Mesa, Juan Carlos Solís y Gabriel Freire. Retrieved from <https://www.proyectaverde.com/descarga-la-guia>
- González Salcedo, L. O., & Olaya Arboleda, Y. (2009). Fundamentos para el diseño de Biodigestores. Departamento de Ingeniería.
- Hydroplayas. (2018). Hydroplayas EP. Obtenido de <http://hidroplayas.gob.ec/leydetransparencia/trampasdegrasa.pdf>
- Limón, G. (2013). LOS LODOS DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Universidad de Guadalajara.
- Lituma, C. (2010). Biodigestion anaerobia de lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales. Universidad Politécnica Salesiana.