

Diseño y construcción de un pantano de flujo vertical a escala piloto

Design and construction of a vertical flow wetland at pilot scale

Samaniego Moreno Luis[✉], Eligio Pérez-Hernández, Enrique Mandujano-Álvarez y Francisco Dávila-Ramos.

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Riego y Drenaje. Calzada Antonio Narro, No. 1923, Col. Buenavista, C.P. 25315. Saltillo Coahuila, México. Tel 844-4-11-03-53.

✉ Autor para correspondencia: lsamaniegom@yahoo.com.mx

Recibido: 15/01/2014

Aceptado: 18/07/2014

RESUMEN

Los sistemas de tratamiento naturales se caracterizan por su bajo costo de construcción, operación y mantenimiento, así como el nulo uso de energía fósil, siendo utilizados para la remoción de cargas contaminantes en las aguas residuales. Los conocimientos que se tienen en la actualidad han llevado a proponer nuevos diseños, con la combinación de diferentes tipos de humedales artificiales, en este caso de flujo vertical para el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Utilizando tres toneles de 0.80 m de altura, con un diámetro de 0.60 m y una capacidad de 0.20 m³ por cada tonel, a los cuales se les instaló válvulas para la toma de muestras, reguladoras de gasto, crucetas para la uniforme distribución del agua en el interior de cada tonel, de este modo tener las mismas condiciones de flujo, para mejorar la hidrodinámica del agua y ayudando al medio ambiente con la reducción de contaminantes. El tiempo de residencia teórico esperado por el sistema para una DBO de 20 mg L⁻¹ es de 5 d, considerando una eficiencia del 80 por ciento y un caudal de 67 L d⁻¹, mientras que para SST a 20 mg L⁻¹, los valores esperados son de 11 d, una eficiencia del 96 por ciento y un caudal de 30 L d⁻¹. Al realizarse el proyecto propuesto, se alcanza beneficio para el ecosistema y un aporte valioso para el desarrollo de la institución por la importancia que tiene la depuración y reutilización de las aguas residuales de la UAAAN. A grandes rasgos la construcción y diseño de un sistema natural de tratamiento es muy factible, rápido ya que los materiales utilizados son muy comunes y fáciles de adquirir.

Palabras clave: Depuración, Pantanos Construidos, Filtros Verdes, Filtros Intermitentes, Fitodepuración.

ABSTRACT

Natural treatment systems are characterized by their low cost of construction, operation and maintenance, as well as no use of fossil energy, being used for the removal of pollutant loads in wastewater. The knowledge we have today for proposing new designs, with the combination of different types of wetlands in this case vertical flow to treat wastewater from the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Used three barrels of 0.80 m tall with 0.60 m of diameter and 0.20 m³ of capacity per barrel, for the treatment of wastewater UAAAN, to which valves are installed for sampling throttles expense, spreaders for uniform distribution of water inside each barrel thus have the same flow conditions, to improve the hydrodynamic water and helping the environment with reduced pollutants. The theoretical residence time expected by the system for BOD at 20 mg L⁻¹ is 5 d, considering an efficiency of 80 percent and a flow rate of 67 L d⁻¹, whereas the expected value SST at 20 mg L⁻¹ is 11 d, an efficiency of 96 percent and a flow rate of 30 L d⁻¹. In making the proposed project will reach a great benefit to the ecosystem and a valuable contribution to the development of the institution by the importance of the treatment and reuse of wastewater. Broadly speaking, the construction and design of a natural system of treatment is very feasible, due at the materials used are very common and easy to acquire.

Keywords: constructed wetland, green filter, phytodepuration.

INTRODUCCION

Los humedales construidos son sistemas de depuración constituidos por lagunas o canales poco profundos (de menos de 1 m) plantados con vegetales propios de las zonas húmedas y en los que los procesos de descontaminación tienen lugar mediante las interacciones entre el agua, el sustrato, los microorganismos, la vegetación e incluso la fauna (García y Corzo, 2008).

Lo anterior ha estimulado la realización de este proyecto a partir de procesos observados en la naturaleza, que permita diseñar proyectos alternativos para el tratamiento de aguas residuales con menores costos de construcción, energía y explotación. Así como la implementación de sistemas más compactos fáciles de operar, ya que no son muy comunes a diferencia de los demás humedales de flujo horizontal, este tiene combinación de

los dos tipos lo que le permitirá un mayor aporte de oxígeno debido al flujo vertical y por consiguiente evitar zonas muertas que puedan afectar el proceso de depuración. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es el de diseñar y construir un humedal artificial de flujo vertical, como apoyo al tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

MATERIALES Y METODOS

La instalación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Buenavista, Saltillo, Coahuila México, ubicada en las coordenadas geográficas 25° 21'18" latitud Norte y 101° 25' longitud Oeste. El sistema de tratamiento se encuentra ubicado a un extremo de una laguna de oxidación, entre prácticas de emprendedores y el jardín botánico como se muestra en la Figura 1.

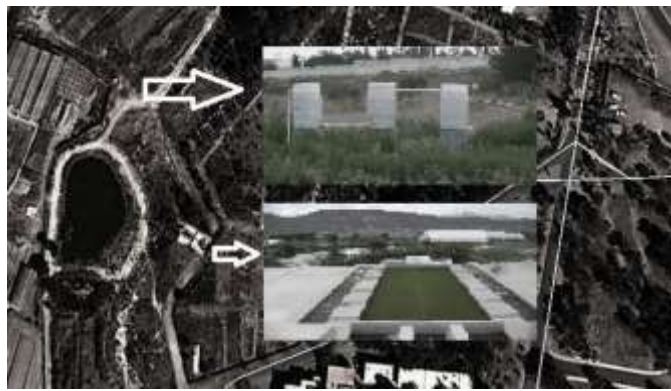


Figura 1. Descripción del lugar, el sistema de flujo vertical y tanque Imhoff.

Se utilizaron 3 toneles con dimensiones de 0.8 m de alto, 0.6 m ancho con un volumen de 0.2 m³ de capacidad por cada tonel (inserto Figura 1), los cuales se instalaron en serie, que se conectaron mediante tubos de policloruro de vinilo (PVC) con diámetro de 0.0254 m, y una separación entre toneles de 1 m. Se colocaron válvulas para toma de muestras en la entrada y a la salida de cada módulo, además, una válvula reguladora de gasto que ingresa al sistema. Para el flujo vertical, la alimentación se realiza uniformemente sobre la superficie, y la recogida a lo largo y ancho de todo el fondo. En cada tonel se instaló en la parte superior e inferior una cruceta que consiste en tuberías ensambladas con una cruceta de PVC y un tapón al final de cada tubo, a los cuales se les perforó a 5 cm de distancia, permitiendo el flujo de agua uniformemente evitando zonas muertas que puedan afectar en el proceso de tratamiento. Los toneles se rellenaron con grava triturada de 20 mm de diámetro a 0.8 m de altura. El sistema de abastecimiento es un tanque Imhoff que se ubica aproximadamente a 80 m de distancia con aguas provenientes de aulas, oficinas y laboratorios. La carga hidráulica de 4 metros permite un buen funcionamiento del sistema. El tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario de 7.75 m de largo y 4.45 m de ancho.

Diseño Hidráulico del Sistema

Se asume frecuentemente que el funcionamiento de los pantanos construidos sea descrito por un modelo de diseño de cinética de primer orden para un reactor de flujo pistón (Rousseau *et al.*, 2004), el cual es un reactor sin mezcla a contra flujo, y de esta forma toda la fracción de flujo reside dentro de la unidad por un periodo de tiempo igual al tiempo teórico de detención hidráulico, esto corresponde al volumen de la unidad entre el gasto. Sin embargo, se ha demostrado que las limitaciones de estos modelos son debido principalmente a la alta dependencia de sus parámetros a la carga hidráulica y a las concentraciones iniciales (Kadlec *et al.* 2000).

RESULTADOS

Tomando la ecuación básica cinética de primer orden y considerando que el valor aproximado de la DBO5 es el 50% (Arce, *et al.*, 2007) del valor de la DQO; y según Guzmán (2013), la DQO a la salida del tanque Imhoff, que es el influente del sistema vertical, la DQO = 160.84 mg L⁻¹; DBO5 = 160.84 mg L⁻¹*0.5 = 80 mg L⁻¹; Los rendimientos esperados por el sistema vertical es de 80%; sin embargo la NOM-001-ECOL-1996, marca como límite 20 mg L⁻¹. La temperatura promedio del agua residual es de 19°C (Guzmán, 2013), con lo

anterior y aplicando la ecuación de primer orden, da como resultado un tiempo de residencia teórico de 5 días y un gasto de 67 L a-1.

Aplicando nuevamente la ecuación de primer orden, para la remoción de sólidos suspendidos totales, da como resultado un tiempo de residencia teórico de 11 días para un valor final de 20 mg L⁻¹, considerando un valor de 400 mg L⁻¹ de sólidos suspendidos (Guzmán, 2013); a la salida del tanque Imhoff y un 96% de eficiencia del sistema, con una temperatura promedio del agua residual de 19°C (Guzmán, 2013) y un gasto de 30 L d⁻¹.

CONCLUSIONES

Al realizar el proyecto propuesto, se alcanza un beneficio para el ecosistema y un aporte para el desarrollo de la institución por la depuración y reutilización de las aguas residuales de la UAAAN. Comprometiéndose cada vez con el cuidado del medio ambiente y haciendo un uso más eficiente del agua. A grandes rasgos la construcción y diseño de un sistema natural de tratamiento es muy factible, rápido, ya que los materiales utilizados son muy comunes y fáciles de adquirir.

Se recomienda efectuar estudios e investigaciones para adecuar los modelos de diseño a las condiciones locales y analizar sus comportamientos con otros factores aparte de la temperatura que pueden variar las eficiencias como lo son las plantas autóctonas, tipos de suelo, entre otros. Así mismo, realizar pruebas de trazadores para calcular la hidrodinámica del sistema y llevar a cabo pruebas de laboratorio para evaluar las eficiencias de remoción

LITERATURA CITADA

Arce, V. A. L., Calderón M. C. G. y Tomasini, O. A. C. 2007. Fundamentos Técnicos para el Muestreo y Análisis de Aguas Residuales. Serie Autodidáctica de

Medición de la Calidad del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA y de la Subdirección General de Administración del Agua, CNA.

<https://doi.org/10.24850j-tyca-2017-04-1C>

García, J. y Corzo, A. 2008 Depuración con humedales construidos. Guía Práctica de Diseño, Construcción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial. <https://doi.org/10.31428/10317/9209>

Guzmán, M. S. 2013. Eficiencia de remoción de carga orgánica en un sistema natural de tratamiento, evaluado por DQO. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio narro. 50 p. <https://doi.org/10.24850j-tyca-2017-05-04>

Kadlec, R. H., Knight, R. L., Vymazal, J., Brix, H., Cooper, P. y Haberl, R. 2000. Constructed Wetlands for Pollution Control: Processes, Performance, Design and Operation. IWA Specialist Group On use of Macrophytes in Water Pollution Control, IWA Publishing.

Rousseau, D., Vanrolleghem, P. y Pauw, N. 2004. Model-Based Design of Horizontal Subsurface Flow Constructed Treatment Wetlands: A review. *Water Res.*, 38(6): 1484-1493. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2003.12.013>

Copyright (c) 2014 Luis Samaniego Moreno, Eligio Pérez Hernández, Enrique Mandujó Álvarez y Francisco Dávila Ramos.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](#).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia - Texto completo de la licencia](#)