

EVALUACIÓN DE UN REACTOR ANAEROBIO Y HUMEDAL ARTIFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

María Alejandra Castellanos Hernández (1), Dr. Delfino Francia Pérez (2)

1 [Ingeniería Química Petrolera, Universidad Popular de la Chontalpa] | [calejandrichi 93@gmail.com]

2 [Departamento de Ciencias Ambientales, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad Guanajuato] | [franciad@ugto.mx].

Resumen

El tratamiento de las aguas residuales es una cuestión prioritaria a nivel mundial, ya que es importante disponer de agua de calidad y en cantidad suficiente, lo que permitirá una mejora del ambiente, la salud y la calidad de vida. En México, debido a la insuficiente infraestructura, los altos costos, la falta de mantenimiento y de personal capacitado, sólo 36 % de las aguas residuales generadas reciben tratamiento, lo cual crea la necesidad de desarrollar tecnologías para atender este problema. En el presente trabajo se evalúa el porcentaje de remoción de la carga orgánica de aguas residuales domésticas, en un sistema que fue diseñado incluyendo tratamiento preliminar (rejillas), un cárcamo de bombeo, sedimentador primario, reactor anaerobio y un humedal artificial. Los parámetros analizados en el agua residual y agua tratada fueron: demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y sólidos totales. Los resultados demuestran que el sistema es una opción para la remoción de la carga orgánica, de bajo costo de operación y mantenimiento.

Abstract

Wastewater treatment is a priority issue worldwide, since it is important to have water in sufficient quantity and quality, which will allow an improvement of the environment, health and quality of life. In Mexico, due to the insufficient infrastructure, high costs, lack of maintenance and trained personnel, only 36% of wastewater is receiving treatment, which creates the need to develop technologies for its application to the solution of this problem. In the present work evaluates the percentage of removal of the organic load of domestic wastewater, in a system that was designed including preliminary treatment (bar screen), a pumping station, primary sedimentation, anaerobic reactor and an artificial wetland. The parameters analyzed in wastewater and treated water was: chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD) and total solids. The results show that the system is an option for the removal of organic load, due to low cost of operation and maintenance.

Palabras Clave

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), Demanda química de oxígeno (DQO), Influyente, Efluente, Proceso anaerobio.

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales que forma parte del desarrollo de cualquier país; es el compuesto químico más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida. Su disponibilidad es paulatinamente menor debido a su contaminación por diversos medios, incluyendo a los mantos acuíferos, lo cual representa un desequilibrio ambiental, económico y social [1].

El tratamiento de las aguas residuales ha sido una consecuencia del desarrollo de la civilización, que se caracteriza por el aumento de la densidad demográfica y expansión industrial. Las razones que justifican el tratamiento de las aguas residuales pueden ser resumidas en cuatro puntos: (a) Razones higiénicas o de salud pública. (b) Razones económicas. (c) Razones estéticas. [2].

En nuestro país para cuantificar el grado de contaminación y poder establecer el sistema de tratamiento más adecuado, se utilizan varios parámetros expresados en la normatividad oficial vigente, contenidas principalmente en las normas oficiales mexicanas: NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996, NOM-003-SEMARNAT-1997 y NOM-004-SEMARNAT-2002

Fundamentos de tratamiento de aguas residuales.

El término tratamiento de aguas es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación así como la de las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales llamadas, en el caso de las urbanas, aguas negras. [3].

El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente, y un residuo sólido o lodo que con un proceso adecuado sirve como fertilizante orgánico para la agricultura o jardinería [4].

Tratamiento Preliminar

Está destinado a la preparación o acondicionamiento de las aguas residuales con el objetivo específico de proteger las instalaciones y asegurar el adecuado funcionamiento de las mismas [2], separando sólidos de gran tamaño, sólidos inorgánicos, como arenas, y cantidades excesivas de grasas y aceites [5].

Cárcamo de bombeo

Las cárcamos de bombeo consisten básicamente de dos componentes, la estructura para interceptar y contener el agua donde se homogeniza la carga contaminante y otra que sirve para proporcionar la energía necesaria para elevar el agua acumulada y que constituye el equipo de bombeo [6].

Tratamiento primario o sedimentación primaria

Tiene como objetivo la remoción por medios físicos o mecánicos de una parte sustancial del material que puede representar entre el 25% y el 40% de la DBO y entre el 50% y el 65% de los sólidos suspendidos [2]. La sedimentación primaria separa del agua las partículas sólidas en función de la diferencia de peso específico entre estas y el líquido [7]. Dichas partículas se sedimentan, es decir, se dirigen al fondo del tanque por efecto de la acción de la gravedad [8].

Tratamiento Secundario

El tratamiento secundario se refiere a los procesos de tratamiento biológico de las aguas residuales [9], en los que los microorganismos consumen (degradan) la materia orgánica transformándola en sustancias más sencillas, tales como bióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), nitrógeno amoniacal (NH_3), nitratos (NO_3) y agua (H_2O) [10], según sea el proceso, aerobio o anaerobio, incrementándose a su vez la masa microbiana. En el proceso, la materia orgánica disuelta coloidal presente en el agua residual se transforma en un floc biológico sedimentable que puede ser removido en tanques de sedimentación secundaria [11].

- *Reactor anaerobio*

El proceso en el reactor anaerobio se caracteriza por la conversión de la materia orgánica a metano y bióxido de carbono, en ausencia de oxígeno y con la interacción de diferentes poblaciones bacterianas [12]. La principal aplicación de este tratamiento es en la estabilización de lodos con alto contenido de materia orgánica, así como el tratamiento de residuales de alta carga [11], a temperaturas superiores a 20°C, permite eficiencias de 55-75% en la eliminación de DQO, de 65-80% en la eliminación del DBO y del 67-81% en la eliminación de SS [13].

- *Humedales Artificiales*

Los humedales artificiales son ecosistemas en los que se desarrollan procesos químicos, físicos y biológicos que mejoran la calidad de las aguas residuales tratadas [4], son económicamente viables, muy eficientes para la remoción de contaminantes, en los cuales se obtienen eficiencias superiores al 80%, siendo también muy útiles en la remoción de metales, trazas de compuestos orgánicos y patógenos [13]. Existen dos tipos de humedales, los de flujo superficial y subsuperficial. Los de flujo subsuperficial se diseñan y construyen para que el agua fluya a través de la zona radicular de la vegetación y por lo tanto no presentan una superficie libre de flujo [14], está formado por una zanja de poca profundidad (0.60 m), impermeabilizada y rellena con grava de río u otro material que soporte el crecimiento de plantas acuáticas como carrizo (*Phragmites australis*), tule (*Thypha latifolia*), coyol (*Canna sp*), etc., con las tuberías de alimentación y descarga necesarias [4].

La hipótesis que se plantea es que el tren de tratamiento integrado por sedimentador primario, reactor anaerobio y humedal artificial de flujo subsuperficial disminuye los valores de carga orgánica del agua residual generada en edificios de la División de Ciencias de la Vida del Campus Irapuato-Salamanca.

El objetivo de este proyecto es evaluar la operación una planta de tratamiento de aguas residuales diseñada en la universidad de Guanajuato localizada en la División de Ciencias

de la Vida, del campus Irapuato-Salamanca de Universidad de Guanajuato y cumplir con los objetivos de protección de la salud y el medio ambiente, aprovechamiento del agua tratada y el cumplimiento de la normatividad ambiental.

MATERIALES Y MÉTODOS

La planta de tratamiento de aguas residuales cuenta con tratamiento preliminar (rejillas), cárcamo, sedimentador primario, reactor anaerobio y un humedal artificial, los parámetros evaluados fueron: Sólidos, Demanda química de oxígeno (DQO), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

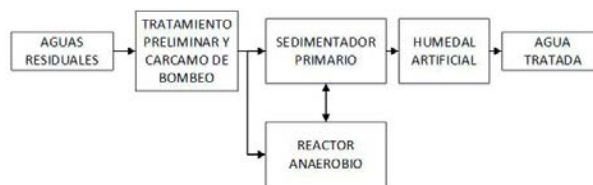


IMAGEN 1. Proceso de tratamiento de aguas residuales.

En la imagen 1 se muestra el proceso de tratamiento de aguas residuales, el cual se diseñó para operar de dos formas: 1) En la primera se alimenta el agua residual al sedimentador, de donde los sólidos pasan al reactor anaerobio y el agua fluye a través del canal hacia el humedal artificial; 2) en la segunda, la alimentación del agua residual va al fondo del reactor anaerobio para operar como reactor anaerobio de flujo ascendente, posteriormente, el agua fluiría hacia el canal de sedimentación y de este al humedal artificial. En el presente proyecto se evaluó la primera forma de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Para evaluar el sistema de tratamiento, se realizó la toma de muestras de aguas residuales con base al procedimiento descrito en la norma NMX-AA-003-1980 que regula el muestreo de Aguas Residuales y de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Se realizaron 4 muestreos aleatorios de la entrada del cárcamo y la salida del humedal artificial. La evaluación de los parámetros

mencionados se realizó de acuerdo a los procedimientos analíticos señalados por la Normatividad Oficial Mexicana:

NMX-AA-003-1980; Muestreo

NMX-AA-028-SCFI-2001; Demanda Bioquímica de Oxígeno; método electrométrico

NMX-AA-030-SCFI-2001: Demanda Química de Oxígeno; método de colorimétrico

NMX-AA-034-SCFI-2001: Determinación de sólidos; método gravimétrico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se muestran los resultados finales obtenidos de los parámetros evaluados, las gráficas muestran un promedio por día de los valores obtenidos tanto en el influente como en el efluente.

En la imagen 2 se observan los resultados del análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, en la cual se aprecia una disminución notable en los valores obtenidos. A pesar de que las plantas del humedal tienen poco tiempo de vida (2 meses de haber sido plantadas aproximadamente), se puede decir que este tiene una eficiencia promedio de alrededor de 60%. Se espera que en un periodo de dos meses más, que las plantas se desarrollen más, se pueda tener una eficiencia mucho mejor.

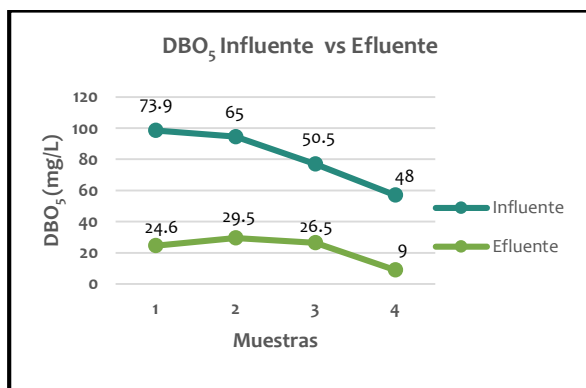


IMAGEN 2. Resultados Obtenidos de DBO₅

Debido a que los análisis se realizaron en temporada vacacional, en que la asistencia de alumnos es muy baja, no se generaron grandes influentes de agua residual. De igual forma se

argumenta que la planta de tratamiento es un sistema nuevo en su fase de arranque por tal motivo su eficiencia se pudiera ver disminuida. Pero aun así a pesar de las condiciones que se presentaron, se puede observar que esta opera de forma adecuada y que una vez estabilizada se obtengan las eficiencias con las que fue diseñada, en la imagen 3 se muestran los resultados de la demanda química de oxígeno (DQO).

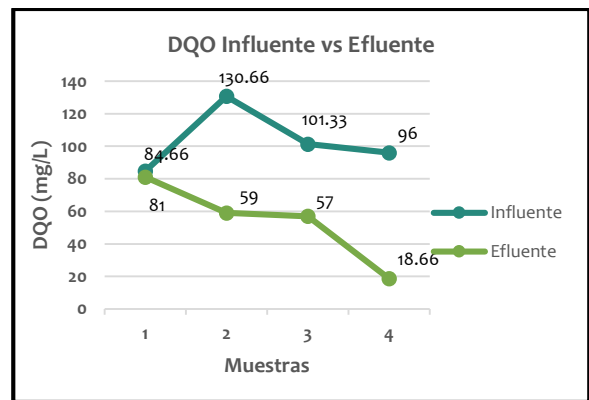


IMAGEN 3. Resultados obtenidos de DQO

En la tabla 1 se pueden incluir los resultados obtenidos de los análisis de sólidos, se aprecia que no hay mucha variación debido a que como se mencionó anteriormente, las cargas contaminantes de las aguas residuales fueron pequeñas.

Tabla 1. Resultado de los análisis de sólidos.

Muestras	Tipos de Análisis					
	ST (mg/L)			SS (mg/L)		
1. Influyente	0.50	0.00	0.65	0.66	0.00	0.83
2. Efluente	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir que la planta de tratamiento de aguas residuales cumplirá con los objetivos establecidos

en el diseño, a pesar de las condiciones que se presentaron, es decir pequeños valores de carga orgánica debido a baja población estudiantil durante la estancia y desarrollo del proyecto, y a que el sistema de tratamiento de aguas residuales estaba en fase de arranque y estabilización. Se obtuvieron resultados adecuados de los tres parámetros analizados, DBO₅, DQO y Sólidos, estos disminuyeron su valor en la salida del humedal. Se espera que una vez estabilizado el sistema, este opere con las eficiencias necesarias para cumplir los objetivos planteados.

Se recomienda que, una vez que se termine la evaluación de la primera opción de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales, se evalúe la segunda opción para comparar eficiencias de tratamiento y decidir cuál de las dos formas de operación es la más conveniente.

REFERENCIAS

- [1]. Romer, A.M., Colín, C.A., Sánchez S.E. (2009). Tratamiento de aguas residuales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica. *Revista Internacional de contaminación ambiental*, vol.25 no.3, pp 2-3.
- [2]. Rojas, R. (2002). Curso integral "Gestión integral de tratamiento de agua residuales". Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente. Organización Mundial de la Salud. pp 9.
- [3]. Muñoz C.A. (2008). Caracterización y tratamiento de aguas residuales, Tesis Universidad del estado de Hidalgo .Reforma, Hidalgo. pp 138.
- [4]. Carrión C. G. (2008). Manual técnico de difusión sistema de tratamiento de aguas residuales para albergues en zonas rurales. Ministerio de comercio exterior y turismo. Lima Perú. pp.10.
- [5]. Crites, R. y Tchobanoglous, G. (2000). Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Ed. Mc Graw Hill Interamericana S.A. Colombia.
- [6]. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Cárcamos de bombeo para alcantarillado, funcional e hidráulico. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. pp. 7
- [7]. Ramalho R.S. Tratamiento de aguas residuales. Ed. Reverté, S.A. Quebec, Canadá. pp 143.
- [8]. Velázquez P.F. (2009). Revisión del funcionamiento hidráulico de una planta de tratamiento de aguas residuales. Tesis. Instituto Politécnico Nacional. México. D.F. pp 44.
- [9]. Amaya G.E. Manual de Ingeniería Sanitaria. Universidad del Salvador .pp. 572-580.
- [10]. Calderón, M.C .Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua. Consultado en <http://www.conagua.gob.mx/>
- [11]. Menéndez, G.C., García, J. (2007). Procesos para el tratamiento biológico de aguas residuales industriales. Ed. Universitario. La Habana. pp. 3-19.
- [12] Rodríguez, J.A. 2014. Tratamiento anaerobio de aguas residuales. Universidad el valle. Cali Colombia. pp.
- [13]. Ruiz. I. y Álvarez J. (2015.) El potencial de la digestión anaerobia en el tratamiento de aguas residuales urbanas y efluentes de baja carga orgánica. Universidad de Coruña. Facultad de ciencias. Consultado en: <http://www.researchgate.net/>
- [14]. Peña, V.M., Van, G.M. Madera P.C. (2005). Humedales de flujo subsuperficial: una alternativa natural para el tratamiento de aguas residuales domésticas en zonas tropicales. Consultado en: <http://revistaingenieria.univalle.edu.co:8000/index.php/inycampe/artic le/view/62/61>. Fecha de consulta: 09/07/15.