

EFICIENCIA EN LA REMOCIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN LOS FILTROS PERCOLADORES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA – USAC –

Ileana Felicia Pierri Palma¹
Guatemala

RESUMEN. Este artículo muestra la eficiencia que se obtiene en el sistema de filtros percoladores para la remoción de nitrógeno total y fósforo total, así como, algunas de sus formas. En la planta de tratamiento de aguas residuales de la USAC, el caudal promedio es de 3,92 l/s entre los meses de octubre de 2012 a enero de 2013, con un índice promedio de biodegradabilidad del 0,55. Cabe señalarse que al evaluar el ciclo del nitrógeno y del fósforo se obtuvieron resultados que indican que entre la etapa I y II se da la fase de nitrificación y entre la etapa II y III la fase de desnitrificación, lo que contribuye a reducir los valores de nitrógeno total en un promedio del 20,5%. Por su parte, en el fósforo total se remueve un 11,5% de su valor inicial.

PALABRAS CLAVE

Filtros Biológicos. Fósforo. Nitrógeno. Nitrificación. Remoción.

ABSTRACT.

In this article it is show the efficiency gains obtained in the system of trickling filters for removal of total nitrogen and total phosphorus, as well as some its forms. In the Wastewater Treatment Plant of University of San Carlos of Guatemala the average flow is 3,92 l/s between the months of october 2012 to January 2013, with an average rate of 0,55 biodegradability. It is important to evaluate the cycle nitrogen and phosphorus results were achieved which indicated that between stage I and stage II occurs nitrification and between stage II and III gives the denitrification step, which helps to reduce nitrogen values total an average of 20,5%. In the case of total phosphorus is removed 11,5% of its initial value.

KEY WORDS.

Trickling Filters, Phosphorous, Nitrogen, Nitrification, Removal.

INTRODUCCIÓN

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la USAC comprende el pretratamiento de rejillas y canal desarenador, el tratamiento primario a través de un sedimentador primario, el tratamiento secundario por medio del sistema de filtros percoladores, el tratamiento terciario mediante un sedimentador secundario y el tratamiento de lodos por un digestor y el patio de secado.

Los filtros percoladores están distribuidos en dos líneas de tratamiento en paralelo y cada línea comprende tres etapas. Las etapas I, II y III tienen tamaños efectivos de 12,5, 12,3 y 10,5 cm, respectivamente.

(1) Ing. Civil, M.Sc. Ingeniería Sanitaria ERIS USAC
Para el tratamiento secundario se obtiene un porcentaje de remoción de nitrógeno y fósforo por lo cual se evaluó el comportamiento del índice de biodegradabilidad en las etapas de filtración, así como, la eficiencia en la remoción de los nutrientes: nitrógeno total y fósforo total.

En el proceso se analizó la etapa en la que ocurre la fase de nitrificación y desnitrificación.

METODOLOGÍA

Se evaluaron los parámetros representativos para observar la remoción de nitrógeno total y fósforo total en los filtros percoladores de la Planta de Tratamiento Aguas

Residuales de la USAC, así como los que indican en dónde ocurre el proceso de nitrificación-desnitrificación y los parámetros que influyen en dicho proceso.

Los parámetros seleccionados son los siguientes: temperatura, pH, demanda bioquímica de oxígeno DBO, demanda química de oxígeno DQO, amonio, nitritos, nitratos, fosfatos, fósforo total y nitrógeno total.

Los métodos estadísticos de muestreo utilizados son:

- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2002.

Donde se tiene que:

$$N \geq \left[\frac{t s}{U} \right]^2$$

N: es el número sugerido de muestras

s: es la desviación estándar global

t: es el nivel de confianza, prueba t de student para un nivel de confianza dado

U: es el nivel de incerteza, nivel aceptable de incertidumbre.

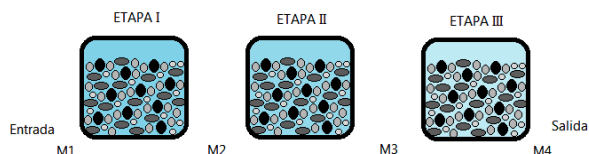
El nivel de confianza varía entre 90,0 y 99,0 % de acuerdo al gráfico s/U.

Así mismo, este método relaciona la desviación estándar con los niveles de confianza e incerteza a los que se deseen manejar.

Tabla I. **Número de muestras.**

Nivel de confianza	s/U = 1	s/U = 1.33
90%	5-6	5-6
95%	7-8	10-11
99%	10	16-17

Fuente: elaboración propia.



Es oportuno mencionar que para la evaluación del número de muestras también se pueden utilizar los valores estimados que proporcionan los métodos químicos autorizados para la obtención del fósforo total y nitrógeno total.

- Método Hach, Método Colorimétrico de Ácido de Molibdovanadatofosfórico. 4500-P C.

Con los valores estimados que proporciona el Método Hach para el fósforo total se aplica la fórmula del procedimiento estadístico del Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2002. Tomando el primer valor de **fósforo** como 15 mg/L de acuerdo a las concentraciones promedio de las aguas residuales domésticas, se tiene que:

$S = \pm 3$ mg/l según Standar Methods, 1995

$U = 5$ mg/l según el Método Hach

$N = t$ de 99 % y s/U de 0.6 = 8 muestras

- Método Merck, Método fotométrico. 4500-N. EN ISO 11905-1.

Con los valores estimados que facilita el Método Merck para el nitrógeno total se aplica la fórmula del procedimiento estadístico del Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2002.

Para el **nitrógeno** se tienen los valores:

$S = \pm 0,14$ mg/l N

$U = 0,3$ mg/l N

$N = t$ de 99% y s/U de 0,47 = 7 muestras

Con los métodos seleccionados para las pruebas de laboratorio se observa que el mínimo de muestras es de 7, por lo que fueron seleccionadas 10 con un rango de 3 muestras de error. Esto cumple para el nitrógeno total y fósforo total en los métodos utilizados y según el rango de 7 a 11 muestras para un nivel de confianza del 95 %,

obtenido del Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2002.

Por otra parte, se realizaron los muestreos en cada uno de los puntos localizados en la entrada de la etapa I, entre la etapa I y II, entre la etapa II y III y en la salida de la etapa III, como se muestra en la presente figura:

Figura 1. **Puntos de muestreo**

Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS

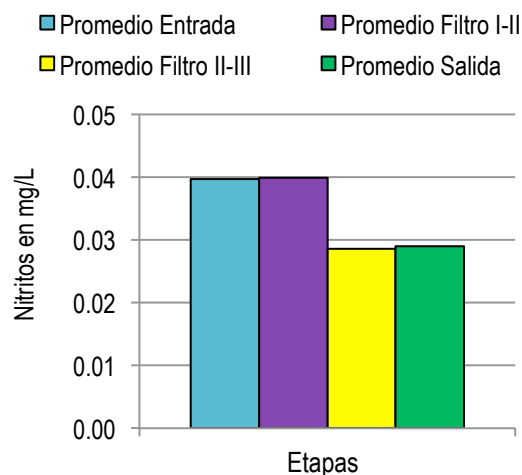
Se observó que la remoción del nitrógeno total alcanzó un promedio del 20,4%, amonio 69,3%, nitritos 25,0% y nitratos 54,1%.

En el caso de la remoción del fósforo total se obtuvo un promedio del 12,5% y para los fosfatos 57,7%.

La eficiencia promedio de remoción de materia orgánica fue 79,8% de DBO₅. En cuanto a la DQO se logró un promedio de remoción del 71,8%. Al relacionar los resultados de remoción de DBO₅/DQO se obtiene el índice de biodegradabilidad en los filtros.

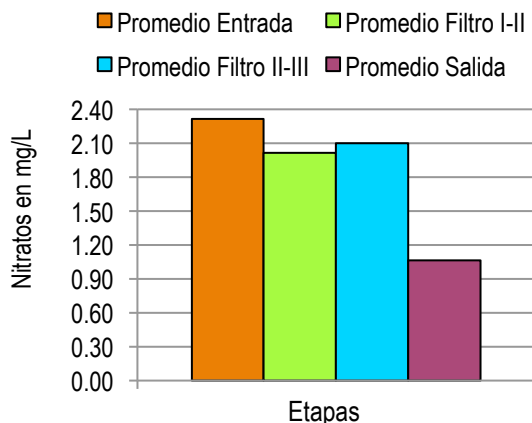
A continuación se presentan las figuras que muestran la relación entre las etapas y los porcentajes de remoción de nitritos y nitratos para determinar la fase de nitrificación y desnitrificación.

Figura 2. Promedio de **nitritos** de los filtros percoladores en la PTAR de la USAC.



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Promedio de nitratos de los filtros percoladores en la PTAR de la USAC



Fuente: elaboración propia.

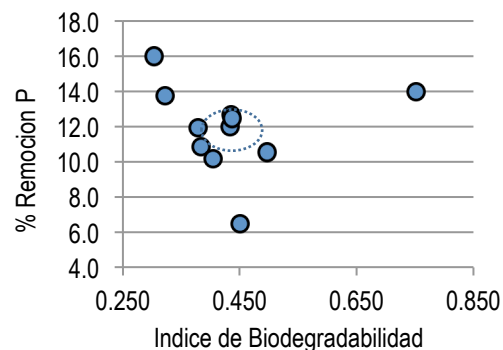
Al analizar los gráficos se aprecia que de la entrada al filtro I-II los nitritos se incrementan y los nitratos se reducen. Entre el filtro I-II y el filtro II-III disminuyen los nitritos y aumentan los nitratos. Del filtro II-III a la salida se mantienen los valores de nitritos y disminuyen considerablemente los valores de nitratos.

Existen además, varios parámetros críticos en el proceso de nitrificación, donde la relación de demanda química de oxígeno y nitrógeno - DQO/N - vincula el contenido de carbono con el nitrógeno del agua residual, lo que determina la competencia en el crecimiento de microorganismos autótrofos y heterótrofos.

Otros de los parámetros son la temperatura y el oxígeno en el agua, ya que éstos influyen directamente en los microorganismos existentes en la biopelícula que se encuentra en el medio filtrante.

Cabe destacar que en las figuras 4 y 5 se relaciona el índice de biodegradabilidad de la materia (DBO_5/DQO) tanto en la entrada como en la salida de los filtros percoladores, con el porcentaje de remoción del nitrógeno y el fósforo, como se muestra a continuación:

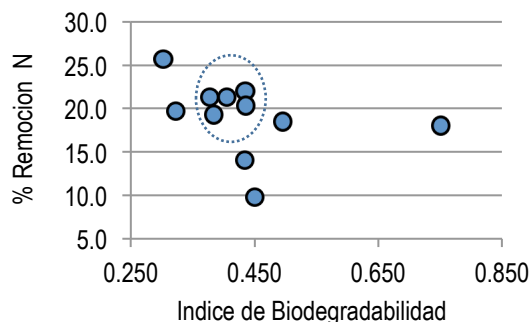
Figura 4. Relación entre porcentaje de remoción de fósforo y el promedio de índice de biodegradabilidad de los filtros percoladores en la PTAR de la USAC



Fuente: elaboración propia.

De lo anterior se desprende que en un rango de 0,4 a 0,5 de índice de biodegradabilidad, porcentaje de remoción de fósforo varía entre el 10,0 al 13,0 %.

Figura 5. Relación entre porcentaje de remoción de nitrógeno y el promedio de índice de biodegradabilidad de los filtros percoladores en la PTAR de la USAC



Fuente:

elaboración propia.

En el gráfico anterior se aprecia que en un rango de 0,38 a 0,45 de índice de biodegradabilidad, el porcentaje de remoción de nitrógeno varía entre el 18,0 al 23,0 %.

CONCLUSIONES

1. Para el proceso biológico de filtros percoladores en la remoción de nitrógeno se obtiene un valor promedio de 20,3 % y para el fósforo un valor promedio de 12,5 %.
2. El agua residual en el proceso de filtración presenta un índice de biodegradabilidad promedio de 0,55, lo que indica que es apta para tratamientos biológicos.
3. Por asimilación bacteriana se elimina en promedio un 69,3 % de amoníaco en el proceso biológico.

4. Se remueve en promedio 54,1 % de nitratos y un 25,0 % de nitritos con el proceso de nitrificación-desnitrificación.
5. La fase de nitrificación-desnitrificación aparece en todo el proceso de la filtración biológica por filtros percoladores.
6. La nitrificación se da entre los filtros I-II, que es donde el amoniaco pasa a nitrito y posteriormente a nitrato.
7. La fase de desnitrificación se da entre los filtros II-III, donde las bacterias consumen el oxígeno existente en los nitratos y lo liberan en forma de nitrógeno gaseoso.
8. De forma general, en un rango de 0,38 a 0,45 de índice de biodegradabilidad se obtienen remociones promedio de 20,5 % de nitrógeno total. Y en un rango de 0,40 a 0,50 de índice de biodegradabilidad un 11,5 % de remoción promedio para fósforo total.

RAMÍREZ, Oscar. Investigación De La Eficiencia De Las Etapas En Serie Del Filtro Percolador De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales De La Universidad De San Carlos. Guatemala. USAC. 2012.

RAMÍREZ, Oswaldo. Evaluación de la eficiencia de remoción de bacterias, materia orgánica y nutrientes en un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante filtros percoladores. México. UNAM. 2007.

ROMERO, Jaime. Tratamiento de aguas residuales; Teoría y principios de diseño. Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. 2010.

BIBLIOGRAFIA

- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION.
American Public Health Association.
Standard methods for the examination of water and wastewater. EUA. 1995.
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION.
American Public Health Association.
Standard methods for the examination of water and wastewater. 21th edition. EUA. 2002.
- BERGANZA, Ricardo. Determinación de la eficiencia de remoción de materia orgánica de dos filtros percoladores colocados en serie. Guatemala. USAC. 1982.
- CHÁVEZ, Luis. Evaluación del funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Negras de la Ciudad Universitaria. Guatemala. USAC. 1991.
- CRITES, Ron. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Colombia. McGraw Hill. 2000.
- LÓPEZ, Magda. Evaluación de los filtros percoladores de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Universidad de San Carlos, a través de la eficiencia en la remoción de *Estreptococos* fecales. Guatemala. USAC. 2001.
- METCALF & EDDY. Ingeniería de las Aguas Residuales, Tratamiento, vertido y reutilización, Tomo I. México. McGraw Hill. 1996.
- OAKLEY, Stewart. Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Centroamérica. Un Manual de Experiencias, Diseño, Operación y