

DETERMINACION DEL TIEMPO DE RETENCION Y CARACTERISTICAS HIDRAULICAS CON CLORURO DE SODIO COMO TRAZADOR EN UNA LAGUNA DE ESTABILIZACION

Laura Mabely Gómez Villagrán (1)

RESUMEN. Este artículo trata sobre la metodología utilizada para determinar el tiempo de retención del sistema lagunar de la planta piloto de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos – ERIS- de la Universidad de San Carlos de Guatemala. El procedimiento utilizado para determinar el tiempo de retención de las lagunas se obtuvo por medio de la aplicación de Cloruro de Sodio (NaCl) o sal común como sustancia trazadora, la cual fue aplicada a la entrada de la laguna con una concentración conocida y medida en la salida con un conductivímetro cada 12 horas durante 44 días. Los valores obtenidos de concentraciones son procesados y graficados en función del tiempo transcurrido, y utilizando modelos matemáticos se obtienen las características hidráulicas de las lagunas, tipo de flujo, zonas muertas, y cortocircuitos. Con la prueba se obtuvo que el tiempo de retención de la laguna de estabilización es de 23 días y en la laguna de maduración es de 36 días. Comparando estos resultados con los valores de tiempos de retención teóricos se tiene una diferencia de 3 días más en la laguna de estabilización y 7 días más en la laguna de maduración, además que las dos lagunas funcionan con flujo pistón y flujo mezclado en una relación 1:4 respectivamente.

PALABRAS CLAVE: Trazador, características hidráulicas, flujo pistón, flujo mezclado, tiempo de retención, Aguas residuales, procesos biológicos, reactores.

ABSTRACT: This article discusses the methodology used to determine the retention time of the lagoon system of the pilot plant of the Regional School of Sanitary Engineering and Water Resources – ERIS- of Guatemala. The procedure used to determine the retention time of the lagoons was obtained through the application of Sodium Chloride (NaCl) or common salt as a tracer substance, which was applied at the entrance of the lagoon with a known concentration and measured at the exit with a conductivity meter every 12 hours for 44 days. The concentration values obtained are processed and plotted in function of the time lapsed and using mathematical models we obtain the hydraulic characteristics of the lagoons, type of flow, dead zones, and short circuit. With the testing we obtained that the retention time of stabilization of the lagoon is 23 days and in the maturation lagoon is 36 days. Comparing these results with the values of the theoretical retention times we have a difference of 3 more days in the stabilization lagoon and 7 more days in the maturation lagoon, furthermore the two lagoons operate with a piston flow and a mixed flow in a 1:4 relation. **KEYWORDS:** Tracers, hydraulic characteristics, flow piston, flow mixed, retention time, sewage, biological processes, reactors.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación se desarrolló para determinar el tiempo actual de retención del sistema de lagunas utilizado como sustancia trazadora el Cloruro de Sodio NaCl por sus propiedades y su facilidad de medición en campo.

El estudio contiene una explicación sobre la influencia que ejerce el tiempo de retención en los procesos biológicos de cualquier sistema acuático, y como este tiempo afecta las características hidráulicas dependiendo del tipo de flujo que se presente.

El procedimiento utilizado para determinar el tiempo de retención de las lagunas se obtuvo por medio de la aplicación de Cloruro de Sodio

NaCl o sal común como sustancia trazadora, la cual fue aplicada a la entrada de la laguna con una concentración conocida y medida en la salida con un conductivímetro, hasta la salida del trazador completamente.

Los valores obtenidos de concentraciones son procesados y graficados en función del tiempo transcurrido, y utilizando modelos matemáticos de Análisis de la curva de tendencia, formulas de Wolf y Reisnick y el Índice de Morrill se obtienen las características hidráulicas de las lagunas, determinando tipo de flujo, zonas muertas, y cortocircuitos.

METODOLOGÍA

Estudiar los antecedentes y características físicas del reactor que deseamos analizar.

Determinar el tiempo de retención teórico Utilizando la ecuación:
 $T = \text{Volumen} / \text{Caudal}$

Elegir la sustancia trazadora más conveniente para el estudio:
 En este caso se uso el ion cloruro obtenido de la aplicación del cloruro de sodio NaCl, o sal común de cocina, que es de fácil obtención y bajo costo. Además la determinación de la concentración a la salida del reactor es rápida y fácil de medir a través de la conductividad.

Definir la forma de añadir el trazador: instantánea o continua.

Determinar la conductividad eléctrica de la masa de agua a estudiar en condiciones normales o concentración inicial (C_i), ósea, sin trazador.

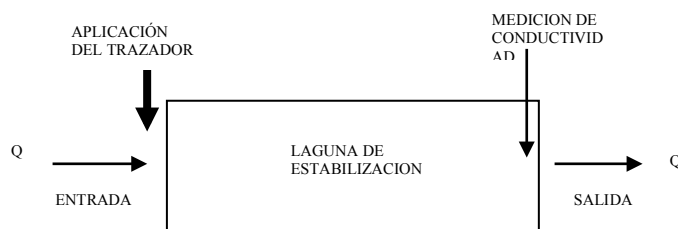
Determinar la solución del cloruro en kilogramos que se debe aplicar al reactor, considerando que la concentración del trazador debe ser mayor que la concentración del agua en estudio.

Disolver el Cloruro de Sodio (sal) en agua y agitar en forma permanente inclusive durante la aplicación.

Establecer los puntos en donde serán tomadas las muestras, un control de toma de muestras, en este caso por tratarse de lagunas se puede realizar diariamente, e identificar con claridad los frascos para la toma de muestras, los cuales deben estar limpios con agua desmineralizada.

Para este caso se utilizo la dosis instantánea, ya que es la recomendable cuando se utilizan cloruros.²

Esquemáticamente sería así:



Las muestras deben seguirse recolectando hasta que su concentración sea igual al nivel inicial de esta sustancia en el agua cruda.

Muestreo:



Del muestreo se obtendrá una serie de datos que deberán ser analizados y graficados, el resumen de cálculos es el siguiente:

Columna 1:	tiempo acumulado en días.	t
Columna 2:	Valor de la concentración medida a la salida de cada laguna con conductivimetro y convertida a mg/l.	C
Columna 3:	Valor de la concentración medida (C, mg /l) menos el valor de la concentración inicial del agua (C_i , mg/l).	$C - C_i$
Columna 4:	Valor de la concentración neta acumulada.	$\Sigma(C - C_i)$
Columna 5:	Valor de la relación de concentración medida C y concentración total acumulada expresada en %.	$\Sigma(C/C_0 \text{ total}) = F(t)$, %
Columna 6:	Valor de la relación entre tiempo en que se tomo la muestra t y tiempo teórico de retención t_0 .	t/t_0
Columna 7:	el valor 100 – columna 5.	$1 - F(t)$

MODELOS MATEMATICOS DE ANALISIS

Se utilizan para analizar las características hidráulicas de un reactor.

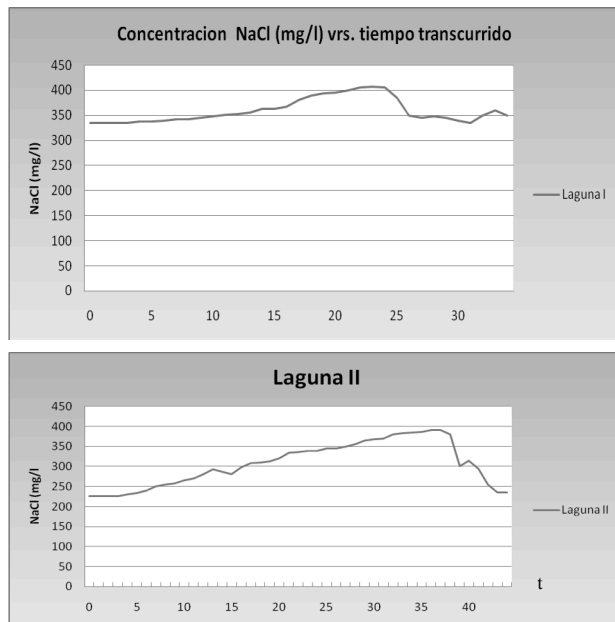
Fórmulas de Wolf y Reisnick.

Análisis de la curva de tendencia y su correlación con las características hidráulicas.

Índice de Morrill

RESULTADOS

Método de Tendencia Central



De estas graficas se obtuvo que en las dos lagunas el trazador empezó a aparecer al tercer día, por tanto $t_i = 3$, en las curvas de concentración vrs tiempo transcurrido de los valores obtenidos.

Los resultados obtenidos indican que la conductividad inicial de la laguna de estabilización 1, ósea, sin trazador es de 335 mg/l de NaCl y el valor de máxima concentración se dio a los 23 días llegando a 407.5 mg/l de NaCl y fue hasta en el día 34 que la conductividad eléctrica regreso a su normalidad.

La laguna de estabilización 2 presentó una conductividad inicial o sin trazador de 225 mg/l de NaCl, fue hasta en el día 36 de prueba que se presento la máxima concentración de trazador llegando a 390.5 mg/l de NaCl, y a los 44 días de prueba se registra una conductividad eléctrica parecida a la inicial.

La relación entre el tiempo inicial en que se aplica el trazador y este aparece en el efluente y el tiempo teórico de retención define la condición de cortocircuitos de las laguna, los resultados obtenidos indican que la relación T_i/T_0 es menor a 0.3, esto significa que no existe paso directo del trazador entre la entrada y la salida.

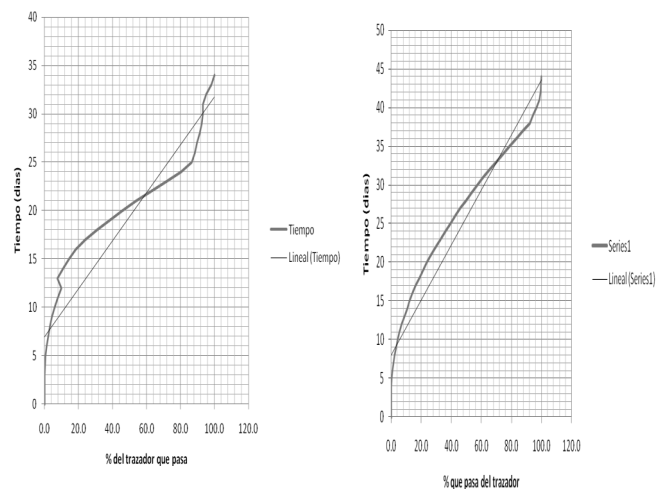
La relación t_m / t_0 , que es la relación entre el tiempo cuando pasa el 50% del trazador y el tiempo teórico de retención indica la existencia de espacios muertos en la laguna, los resultados indican que:

LAGUNA	$t_m =$	$t_0 =$	t_m / t_0
Estabilización 1	20	26	0.76923077
Estabilización 2	28	29	0.96551724

Lo que significa que efectivamente existen espacios muertos en las dos lagunas.

La relación $t_p > t_0$ indica la relación entre el tiempo en que se presenta la máxima concentración del trazador y el tiempo teórico de retención, cuando es ideal a 1 existe únicamente flujo de pistón y "0" para flujo mezclado, cuando la relación t_p / t_0 se aproxima a 1, y $t_i / t_0 > 0.5$ se puede concluir que existe predominio de flujo de pistón.

Metodo del indice de Morril
Porcentaje que pasa del trazador



Los resultados obtenidos indican que existe una moderada dispersión del flujo (índice de Morrill < 3) y cierta proporción de cortocircuitos, pues el t_i fue pequeño.

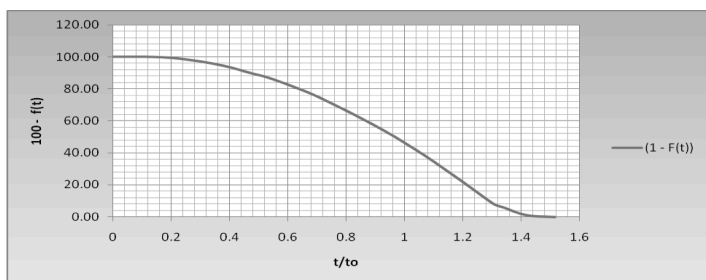
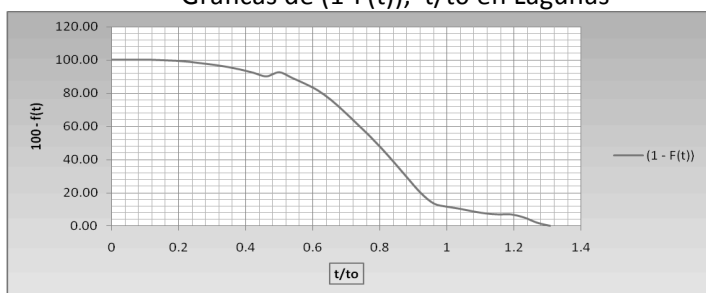
Si todo el flujo fuera de pistón, la curva logarítmica de Morrill fuera horizontal y el índice de morril será 1, pues el trazador saldría en el tiempo $t=t_0$ y nada saldría antes. En cambio, a medida que hay más proporción de flujo mezclado, se aumenta el Angulo que la curva hace con la horizontal, pues hay una distribución más amplia del tiempo de retención.

Generalmente el solo observar la forma que toma la curva de trazadores, da una primera indicación del comportamiento hidráulico del reactor que se estudia.

El valor obtenido en el método del índice de Morrill para las dos lagunas es menor a 3 por lo que indica que existe una moderada dispersión del flujo.

Método con formulas de wolf reisnick

Graficas de $(1-F(t))$, t/t_0 en Lagunas



RESUMEN DE RESULTADOS UTILIZANDO LAS FORMULAS DE WOLF REISNICK

Laguna	Caudal m ³ /día	Flujo de piston - p (% de parte efectiva)	Flujo mezclado (1-p) (% de parte efectiva)	Espacio muerto (% del volumen del tanque)
Estabilizacion	43.2	21	79	49
Maduracion	43.2	16	84	39

Con el método de las formulas de Wolf Reisnick se obtiene que la laguna de estabilización 1 presenta que el 21% de su comportamiento hidráulico es con flujo pistón y el 79% restante funciona con flujo mezclado, además el 40% del volumen del tanque es espacio muerto.

La laguna de estabilización 2 presenta que el 16% de su comportamiento hidráulico es con flujo pistón y el 84% restante funciona con flujo mezclado, además el 39% del volumen del tanque es espacio muerto.

CONCLUSIONES

Se confirma la hipótesis planteada ya que el tiempo de retención obtenido con la prueba de trazador de Cloruro de Sodio NaCl en la laguna de estabilización fue de 23 días y en la laguna de maduración fue de 36 días, comparando estos resultados con los valores de tiempos de retención teóricos se tiene una diferencia 3 días más en la laguna de estabilización y 7 días más en la laguna de maduración.

La laguna de estabilización funciona en un 21% con flujo de pistón, 79% con flujo mezclado.

La laguna de maduración función en un 16% con flujo de pistón, 84% con flujo mezclado.

Las variables externas como la mala distribución del flujo de entrada y el poco o nulo mantenimiento de las lagunas hace el 49% de su volumen presente espacios muertos en la laguna de estabilización 1 y un 39% en la laguna de estabilizacion2.

El tiempo de retención calculado esta siendo afectado por la infiltración en el subsuelo derivado del rompimiento de la capa impermeabilizante de las lagunas. Se elaboro una metodología del procedimiento para determinar el tiempo de retención de una laguna de estabilización utilizando cloruro de sodio como trazador.

Los métodos utilizados para analizar los resultados obtenidos de la prueba con trazadores resultan efectivos, sin embargo solo el método con las formulas de Wolf Reisnick presentan datos concretos.

BIBLIOGRAFIA

- CARLOS RICHTER, JOSÉ PÉREZ CARRIÓN, GERARDO MÉNDEZ, LIDIA CEPEDA, "Tratamiento de Filtración Rápida", Manual I y II Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1992.
- CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA, (CEPIS) Perú, Factores que afectan el tiempo de retención, Ing. José Pérez.
- CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA, (CEPIS) Perú, Sistemas de lagunas de estabilización, Editorial Mc. Graw Hill
- CRITES Y TCHOBANOGLIOUS; "Tratamiento de Aguas Residuales en pequeñas poblaciones", Mc. Graw Hill, 2000.
- FABIAN YANEZ, "Criterios para la selección de procesos de tratamiento de aguas residuales" Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).
- JOSÉ PÉREZ CARRIÓN, GERARDO MÉNDEZ, LIDIA CEPEDA, "Tratamiento de Filtración Rápida", Manual III Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1992.
- MARIN ESCALONA, LUIS, "Determinación experimental de la distribución de los tiempos de residencia en un estanque agitado con pulpa. Metsolver.com
- RICARDO ALFREDO LÓPEZ CUALLA "Elementos de Diseño para acueductos y alcantarillados" Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería 2da. Edición 2003.
- STEWART M. OAKLEY, Manual de Diseño, operación y mantenimiento, monitoreo y sostenibilidad, Junio 2005.