



Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Estudios Superiores Iztacala

**"PARAMETROS DETERMINANTES  
EN LA EFICIENCIA DE UN SISTEMA DE LODOS  
ACTIVADOS PARA EL TRATAMIENTO  
DE AGUA RESIDUAL"**

**SEMINARIO DE TITULACIÓN  
TÓPICOS SELECTOS EN BIOLOGÍA**

**TESINA  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
BIÓLOGO**

**P R E S E N T A:  
REYNALDO AYALA PATIÑO**



**DIRECTOR DE TESINA:  
BIOL. ÁNGEL MORÁN SILVA**

**TLALNEPANTLA, ESTADO DE MÉXICO  
- 2007 -**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **DEDICATORIA**

QUIERO DEDICAR ESTE TRABAJO A MI ESPOSA Y A MIS DOS HIJOS POR SU  
INMENSO AMOR.  
¡SON MI RAZON DE SER!

A MIS PADRES POR TODOS SUS ESFUERZOS.

A TODOS MIS HERMANOS.

## **AGRADECIMIENTOS**

AGRADEZCO AL DOCTOR SERGIO CHAZARO OLVERA, POR EL APOYO BRINDADO PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO.

AGRADEZCO AL BIOLOGO ANGEL MORAN SILVA POR HABER ACEPTADO DIRIGIR ESTE TRABAJO.

AGRADEZCO A LA QFB ESPERANZA ROBLES VALDERRAMA POR EL APOYO BRINDADO DURANTE TODOS ESTOS AÑOS.

AGRADEZCO AL M. EN C. HORACIO VAZQUEZ LOPEZ POR SUS APORTACIONES Y COMENTARIOS PARA EL DESARROLLO DEL PRESENTE TRABAJO.

AGRADEZCO A MI AMIGO EL POLLO POR TANTAS OCURRENCIAS, GRACIAS.

AGRADEZCO A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE DE ALGUNA FORMA CONTRIBUYERON A LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

## ÍNDICE

1. RESUMEN .....	2
2. INTRODUCCION .....	3
3. OBJETIVOS.....	5
4. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.....	5
5. ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UN SISTEMA DE LODOSACTIVADOS.	6
• TRATAMIENTO PRELIMINAR	
• TRATAMIENTO PRIMARIO	
• TRATAMIENTO SECUNDARIO	
• SEDIMENTACIÓN	
• RECIRCULACIÓN DE LODOS	
• TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LODOS	
6. PUNTOS FUNDAMENTALES DE CONTROL Y FACTORES QUE INFLUENCIAN EL FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS.....	8
• PARAMETROS	
1. Ph	
2. TEMPERATURA	
3. OXIGENO DISUELTO	
4. CONCENTRACIÓN DE BIOMASA (SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES)	
5. SEDIMENTACIÓN E ÍNDICE DE LODOS	
6. SUSTANCIAS NUTRITIVAS	
7. SUSTANCIAS TOXICAS	
8. RECIRCULACIÓN DE LODOS	
9. ASPECTO DEL LODO	
10. OBSERVACIÓN AL MICROSCOPIO	
11. CUENTA AL MICROSCOPIO	
5. PROBLEMAS Y SOLUCIONES EN EL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS.....	12
6. NORMATIVIDAD.....	15
7. REFERENCIAS.....	17

## **RESUMEN**

Casi dos de cada tres personas en el mundo padece por causas de una severa escasez de agua potable y cada día mueren cientos de personas por enfermedades relacionadas con la falta de este elemento. El tratamiento de las aguas residuales es de gran importancia ya que ofrece una alternativa de solución a esta problemática; para ello, se recurre a muchos métodos de los cuales los más utilizados son los que involucran microorganismos debido a que son económicos, eficientes y no generan subproductos contaminantes. El tratamiento biológico consiste en la oxidación de la materia orgánica llevada a cabo por microorganismos. Las principales ventajas de estos sistemas son: la alta remoción de carga orgánica, efluentes de buena calidad, procesos estables.

## INTRODUCCIÓN

Casi dos de cada tres personas en el mundo padece por causas de una severa escasez de agua potable y cada día mueren cientos de personas por enfermedades relacionadas con la falta de este elemento (de la Macorra, 2006).

El agua es un recurso estratégico que concierne a todos. Más allá del debate en torno a su concepción como un bien comerciable que pueda estar sujeto a los valores del mercado o como un asunto de seguridad nacional, el agua es el sustento de la vida y si se desea la continuidad de la vida como la conocemos, es necesaria la creación de una nueva cultura que conozca y respete el valor del agua. De esta nueva cultura dependerá la supervivencia de las futuras generaciones y especies del planeta (de la Macorra, 2006).

El volumen de agua en el mundo es de 1.360 millones de kilómetro cúbicos, es decir 1.360 trillones de litros, bajo esta perspectiva el agua aparece como un recurso prácticamente inagotable, sin embargo, de este enorme volumen solo el 3% es agua dulce y solo la mitad de esta es potable. Además de esta agua dulce la gran mayoría esta en forma de hielo, es subterránea o de difícil acceso, solo el 0.008 % se encuentra en lagos o ríos y es de fácil acceso (Freis, 2005).

En la actualidad el problema de contaminación del agua y de los volúmenes que se generan es alarmante por la gran cantidad de contaminantes que se vierten al agua, por las alteraciones que ocasionadas a los cuerpos de agua donde se descargan y por los problemas de salud que estas originan (Estrada, 2003).

Todas las comunidades generan residuos tanto sólidos como líquidos. La fracción líquida de los mismos, aguas residuales, es esencialmente el agua que se desprende de la comunidad una vez que ha sido contaminada durante los diferentes usos para los cuales ha sido empleada. Desde el punto de vista de las fuentes de generación, podemos definir el agua residual como la combinación de los residuos líquidos, o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales, a los que pueden agregarse aguas subterráneas, superficiales y pluviales (Metcalf, 1996).

Si se permite la acumulación y estancamiento del agua residual, la descomposición de la materia orgánica que contiene puede conducir a la generación de grandes cantidades de gases malolientes y numerosos microorganismos patógenos causantes de enfermedades (Bitton, 1994; Metcalf, 1996). También suelen contener micronutrientes y materia orgánica, causantes de los problemas de eutrofización, crecimiento de microflora y disminución del oxígeno de los cuerpos receptores e interferir en el equilibrio de la vida acuática (Robles et al., 2004). Es por todo esto que la evacuación inmediata y sin molestias del agua residual de sus fuentes de generación, seguida de su tratamiento y eliminación, es no solo deseable sino también necesaria en toda sociedad industrializada (Metcalf, 1996).

El tratamiento de las aguas residuales es de gran importancia ya que ofrece una alternativa de solución a esta problemática; para ello, se recurre a muchos métodos de los cuales los más utilizados son los que involucran microorganismos debido a que son económicos, eficientes y no generan subproductos contaminantes (Rarmalo,1993; Ramírez, 1998; Jiménez, 2002;).

El tratamiento biológico consiste en la oxidación de la materia orgánica llevada a cabo por microorganismos (Metcalf, 1996; Winkler,1996).

Para que esta degradación biológica sea eficiente, debe establecerse las condiciones adecuadas para el crecimiento bacteriano principalmente: Temperatura 30-40 °C y pH = a 6.5-8.0. para evitar la inhibición de este crecimiento es necesaria la ausencia de sustancias tóxicas como son los metales pesados Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, y otros así como cianuros, fenoles y aceites. (Metcalf,1996; Estrada, 2003)

El empleo del proceso de lodos activados ofrece una alternativa para el tratamiento de aguas residuales. Este proceso consiste de una masa activa de microorganismos capaces de estabilizar un residuo por la vía aerobia. En una unidad se pone en contacto los lodos activados con las aguas residuales que contienen materia orgánica finamente dividida en estado coloidal y en solución. La función del lodo activado es absorber y flocular, contiene la población de microorganismos activa; éste es un proceso de contacto aerobio, por lo tanto requiere de un abastecimiento permanente de oxígeno, el que se consigue por aireación en un estanque apropiado (Kabouris y Georgakakos 1996, Metcalf 1996, Winkler 1996, Ramírez 1998,).

El pase de burbujas de aire a través de las aguas de desecho coagula los coloides y la gras, satisface parte de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), y reduce un poco el nitrógeno amoniacal. La aireación también puede impedir que las aguas de desechos se vuelvan sépticas en uno de los tanques subsiguientes de sedimentación. Pero si las aguas de desecho se mezclan con lodo previamente aireado y luego se vuelve a airear, como se hace con los métodos de tratamiento de aguas de desecho utilizando lodo activado, la efectividad de la aireación se mejora mucho. La reducción de la DBO y sólidos en suspensión en el proceso convencional de lodo activado que incluye predecantación y sedimentación final, puede variar desde 80 a 95 % y la reducción de las bacterias coliformes de 90 a 95 % (Winkler,1993; Metcalf, 1996; Jiménez, 2002;).

Entre las ventajas de este sistema están: alta remoción de carga orgánica, efluentes de buenas características organolépticas, procesos estables cuando los lodos son manejados apropiadamente, estas plantas se caracterizan por el poco espacio que requiere su instalación y son sistemas modulares por lo que son fácilmente expansibles. Entre sus desventajas están: requieren equipo mecanizado (motor, reducto, aireadores, bombas, etc.), gran consumo de energía, requieren de personal capacitado, eventual producción de olores, producción de aerosoles, requiere mayor mantenimiento y reposición de equipos, producen una gran cantidad de fango, el costo de construcción de una planta de lodo activado puede ser competitivo con otros tipos de planta de tratamiento que producen resultados

comparables, sin embargo, los costos unitarios de operación son relativamente altos convirtiéndose en la opción más costosa (Seoanes,1995;Winkler,1996; Jiménez 2002).

## **OBJETIVOS**

Los objetivos del presente trabajo son:

1. Dar a conocer los parámetros determinantes para la operación de una planta tratadora de agua residual por lodos activados.
2. Simplificar la operación de una planta tratadora de agua residual.
3. Conocer algunas problemática en la operación de una planta tratadora de agua residual por lodos activados y sus posibles causas y soluciones
4. proponer algunas alternativas para el uso del lodo generado en una planta de lodos activado.
5. conocer el marco jurídico que regula el uso de aguas residuales tratadas

## **JUSTIFICACIÓN DEL TEMA**

La gran problemática que ocasiona la falta de tratamiento de agua se ve agravada por la complejidad en la operación de los sistemas de tratamiento y la falta de personal calificado por esto es necesario establecer mecanismos y parámetros de operación que permitan a un mayor número de profesionistas poder acceder al conocimiento simplificado de la operación de los sistemas de tratamiento de agua residual y que estos conocimientos sean lo mas simplificado posible.

producción de aerosoles, requiere mayor mantenimiento y reposición de equipos, producen una gran cantidad de fango, el costo de construcción de una planta de lodo activado puede ser competitivo con otros tipos de planta de tratamiento que producen resultados comparables, sin embargo, los costos unitarios de operación son relativamente altos convirtiéndose en la opción más costosa (Seoanes,1995;Winkler,1996; Jiménez 2002).

## **OBJETIVOS**

Los objetivos del presente trabajo son:

1. Dar a conocer los parámetros determinantes para la operación de una planta tratadora de agua residual por lodos activados.
2. Simplificar la operación de una planta tratadora de agua residual.
3. Conocer algunas problemática en la operación de una planta tratadora de agua residual por lodos activados y sus posibles causas y soluciones
4. proponer algunas alternativas para el uso del lodo generado en una planta de lodos activado.
5. conocer el marco jurídico que regula el uso de aguas residuales tratadas

## **JUSTIFICACIÓN DEL TEMA**

La gran problemática que ocasiona la falta de tratamiento de agua se ve agravada por la complejidad en la operación de los sistemas de tratamiento y la falta de personal calificado por esto es necesario establecer mecanismos y parámetros de operación que permitan a un mayor número de profesionistas poder acceder al conocimiento simplificado de la operación de los sistemas de tratamiento de agua residual y que estos conocimientos sean lo mas simplificado posible.

producción de aerosoles, requiere mayor mantenimiento y reposición de equipos, producen una gran cantidad de fango, el costo de construcción de una planta de lodo activado puede ser competitivo con otros tipos de planta de tratamiento que producen resultados comparables, sin embargo, los costos unitarios de operación son relativamente altos convirtiéndose en la opción más costosa (Seoanes,1995;Winkler,1996; Jiménez 2002).

## **OBJETIVOS**

Los objetivos del presente trabajo son:

1. Dar a conocer los parámetros determinantes para la operación de una planta tratadora de agua residual por lodos activados.
2. Simplificar la operación de una planta tratadora de agua residual.
3. Conocer algunas problemática en la operación de una planta tratadora de agua residual por lodos activados y sus posibles causas y soluciones
4. proponer algunas alternativas para el uso del lodo generado en una planta de lodos activado.
5. conocer el marco jurídico que regula el uso de aguas residuales tratadas

## **JUSTIFICACIÓN DEL TEMA**

La gran problemática que ocasiona la falta de tratamiento de agua se ve agravada por la complejidad en la operación de los sistemas de tratamiento y la falta de personal calificado por esto es necesario establecer mecanismos y parámetros de operación que permitan a un mayor número de profesionistas poder acceder al conocimiento simplificado de la operación de los sistemas de tratamiento de agua residual y que estos conocimientos sean lo mas simplificado posible.

## ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UN SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS

Partes de una instalación biológica:

1. **TRATAMIENTO PRELIMINAR.** Una vez que las aguas residuales entran en la planta de tratamiento, esta deberá ser acondicionada a fin de remover o neutralizar materiales que puedan interferir en el tratamiento. Muchas aguas negras crudas contienen materias suspendidas y flotantes, tales como heces, papel, telas, vegetales, carne, etc. Esta debe ser manejada adecuadamente a través de un tratamiento preliminar que puede incluir lo siguiente:

- Tamizado
- Trituradoras
- Desarenadores
- Trampas de grasas
- Filtros
- Homogenizadores

2. **TRATAMIENTO PRIMARIO.** Los sólidos que se sedimentan rápidamente o flotan son removidos en el tratamiento primario. Este paso reduce enormemente el contenido de sólidos en las aguas residuales por medio de las fuerzas de gravedad y las diferencias de densidad entre el agua y los sólidos. El tratamiento primario incluye:

- Sedimentación en tanques o estanques.
- Recolección y remoción de natas.
- Recolección y remoción de lodos.

3. **TRATAMIENTO SECUNDARIO.** Se efectúa generalmente en un depósito rectangular (también puede ser elíptico o cuadrado) aquí por medio de la acción de las bacterias sobre la carga contaminante se desarrolla la depuración del agua en presencia de oxígeno disuelto. La aportación de oxígeno necesario en esta fase será abastecido por un grupo de sopladores. Al tiempo que se suministra el oxígeno, el aire produce torbellinos que aseguran el movimiento y la mezcla de las bacterias en el líquido que se debe depurar, evitando sedimentaciones y acumulaciones peligrosas.

4. **SEDIMENTACIÓN.** El proceso de tratamiento secundario es usualmente seguido por tanques de sedimentación (clarificadores secundarios) que son usados para separar los sólidos biológicos por gravedad. Tienen el objetivo de clarificar el agua de salida del sistema de aireación u oxidación biológica y permite la recirculación de los lodos sedimentados.

El agua proveniente de la oxidación biológica es enviada hacia el centro del sedimentador y por gravedad los sólidos biológicos son separados del agua y recogidos en el fondo.

En este punto el efluente se puede:

- Descargar libremente al cuerpo receptor.
- Reusar en la agricultura, industria o riego de áreas verdes.
- Emplear para recargar y evitar undimientos; entre otros usos.

**5. RECIRCULACIÓN DE LODOS.** Los lodos que se separan del agua en el sedimentador se vuelven a enviar hacia la parte superior de la zona de oxidación por medio de bombas y un sistema de tuberías que lo succionan desde el fondo del sedimentador.

La recirculación de lodos es una fase esencial de todo el ciclo de depuración y evita el empobrecimiento del contenido de bacterias del depósito biológico.

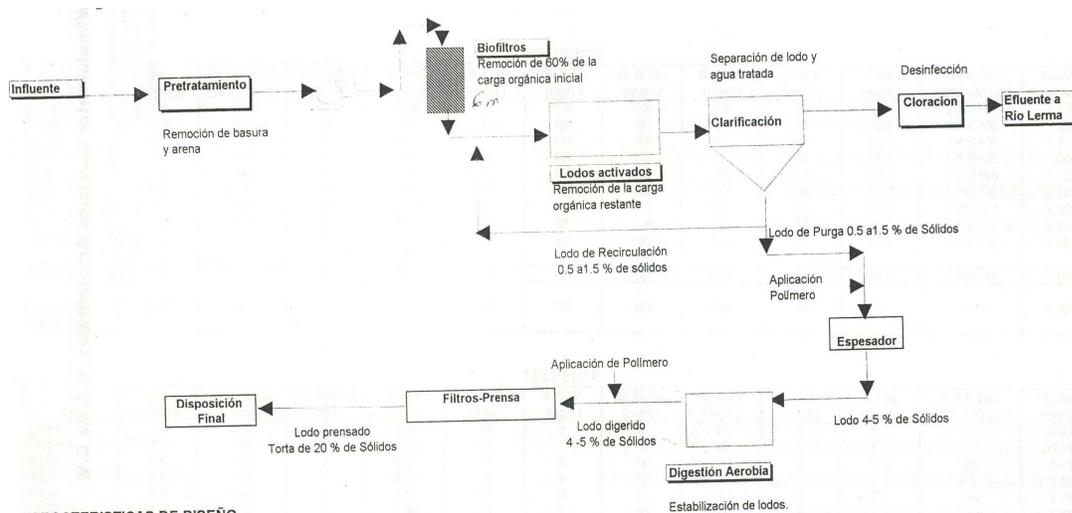
Por medio de la recirculación se puede regular la cantidad de lodos biológicos necesarios para un buen rendimiento de depuración.

**6. TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LODOS.** En la fase de sedimentación se produce una considerable cantidad de lodos, por lo que se tiene que proceder a su almacenamiento en un depósito expreso de tipo fisicoquímico para su desecación, percolación, digestión y disposición final.

Existen varios métodos para la disposición final de los lodos entre los que se pueden citar:

- Disposición en rellenos sanitarios.
- Aplicación con fines benéficos en la agricultura o bosques.
- Incineración
- Composteo o secado con fines comerciales.

## DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA PLANTA DE LODOS ACTIVADOS



### CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

Parámetros	Influente	Efluente
DBO (mg/L)	300	30
DOO (mg/L)	450	60
SST (mg/L)	275	30

Flujo medio de diseño 1,250 LPS  
Flujo máximo de diseño 2,500 LPS



## **PUNTOS FUNDAMENTALES DE CONTROL Y FACTORES QUE INFLUENCIAN EL FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS**

Para el buen funcionamiento de un sistema de lodos activados se requiere el control de ciertos parámetros indicadores del funcionamiento del proceso, paralelo al mantenimiento regular de los motores y bombas.

El control se produce por medio de pruebas esenciales (pH, oxígeno disuelto, volumen de lodo) realizadas directamente en las instalaciones, así como las observaciones periódicas del operador quien podrá evaluar el funcionamiento en base a al olor, color, u otros fenómenos que se presenten en la instalación.

### **PARÁMETROS**

1. **pH.** Es un índice de acidez o alcalinidad del líquido a tratar. El efecto del pH en un tratamiento biológico es importante por el efecto que tiene en las reacciones enzimáticas ya que cada enzima tiene un pH óptimo para realizar su actividad y variándolo disminuye su velocidad de reacción.

Además de influir en las reacciones bioquímicas, el pH tiene un efecto selectivo sobre los microorganismos: en ambientes ácidos los lodos compiten con las bacterias y predominan sobre ellas con valores de 5.5- 6, disminuyendo la sedimentación de los lodos, lo que conlleva una reducción del depuramiento del agua.

Además se debe considerar la naturaleza celular de las bacterias y su composición proteica, que con un pH inferior de 5 y superior de 9.5 se tiene una desnaturalización de las proteínas, infiriendo fácilmente que en estas condiciones de pH las bacterias mueren en corto tiempo.

Cambios repentinos de pH disminuyen de manera importante la actividad de la biomasa por lo que se debe recurrir a una neutralización y homogeneización para mantener un pH que normalmente oscile entre 6.5 y 8.5 para que en la mezcla aireada se mantenga entre 7 y 8.

2. **TEMPERATURA** La velocidad de reproducción de los microorganismos esta directamente relacionada con la temperatura ya que este factor influye sobre todas las reacciones químicas y bioquímicas.

La temperatura es importante para la síntesis y el metabolismo, pero interviene también en transporte de oxígeno del aire en el agua y la actividad biológica tiene diferentes rendimientos entre los 4 y 40°C.

3. **OXÍGENO DISUELTO.** La concentración de oxígeno disuelto en la mezcla biológica se mide en mg/l o ppm, para realizar la depuración aerobia.

Cuando las concentraciones de  $O_2$  en la mezcla de agua- lodos activados es superior a 1 ppm. la velocidad de respiración continua de forma regular. Solo para reacciones de nitrificación es fundamental asegurar niveles de oxígeno disuelto alrededor de 2 ppm. Niveles altos de oxígeno, superiores a 4 ppm solo son un desperdicio y repercuten directamente sobre los costos de la depuración.

Por el contrario se trabaja con concentraciones de oxígeno inferiores de 1ppm. El lodo sometido a esta concentración puede tener efectos tendiendo a agruparse en gruesos copos disminuyendo de esta manera la velocidad de traslación del oxígeno al interior. Para poder obtener el mismo nivel de depuración se deberá reducir la carga orgánica y mantener el nivel de aireación en valores de 1.5 a 2.5 ppm.

**4. CONCENTRACIÓN DE BIOMASA (SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES).** La concentración de la biomasa es un factor importante. Es necesario mantener suficiente cantidad de lodo, de tal manera que haya un equilibrio entre las cargas orgánicas aplicadas a la planta de tratamiento y la cantidad de sólidos en el tanque de oxidación sin incrementar los sólidos por encima del oxígeno disponible.

El análisis de sólidos del tanque de oxidación debe realizarse con la mayor frecuencia posible, si hay muchos sólidos el exceso debe eliminarse; sino es así, se debe suspender la eliminación. La cantidad de sólidos que se debe mantener en cada planta varia desde 1.2 a 2.5 g/l para aguas poco contaminadas o concentraciones mas altas superiores a los 6 y 7 g/l para aguas muy contaminadas. La fracción volátil o elementos orgánicos de la biomasa (sólidos suspendidos volátiles) debe ser mantenida en valores incluidos entre el 70-80 % de los sólidos suspendidos totales. Valores superiores indican una carga orgánica excesiva y valores por debajo manifiestan mineralización, carga orgánica muy baja o edad de lodo muy alta o precipitación de material inorgánico.

**5. SEDIMENTACIÓN E ÍNDICE DE LODOS.** Un lodo capaz de una buena depuración sedimenta rápidamente y se considera que la sedimentación es buena cuando el índice de volumen de sedimentación de los lodos es de 100-150. El índice del volumen de sedimentación de los lodos nos indica el volumen ocupado por un gramo de lodo después de 30 minutos de sedimentación, el conocimiento de esta medida de la densidad del lodo obtenido nos proporciona una medida para operar correctamente una planta.

El aumento del índice de lodos puede ser por el aumento de oxígeno, cambio de pH, carga orgánica, falta de nutrientes, descargas tóxicas, proceso de putrefacción, exceso de azúcares, bacterias filamentosas.

La disminución del índice de lodos generalmente es debido a una excesiva mineralización.

**6. SUSTANCIAS NUTRITIVAS.** Para favorecer el crecimiento y desarrollo de microorganismos es necesario que el líquido a tratar contenga elementos nutritivos particularmente nitrógeno y fósforo, generalmente manteniendo una relación en peso

de DBO:N:P de 100:5:1. La falta de elementos nutritivos impide la buena depuración de los efluentes.

**7. SUSTANCIAS TÓXICAS.** La actividad de los microorganismos se puede ver afectada por la presencia de algunas sustancias tóxicas, orgánicas e inorgánicas presentes en las descargas industriales.

Particularmente se pueden considerar los metales pesados tales como el cadmio, mercurio, plomo, cobre, níquel, zinc, y cromo, ya que causan efectos negativos cuando su concentración es de solo alguna fracción de mg/l.

Otra sustancia que inhibe el desarrollo del lodo es el cloro en concentraciones de 0.3 mg/l.

Numerosas sustancias orgánicas pueden producir una acción tóxica sobre la flora bacteriana de entre las cuales se encuentran los fenoles, tensoactivos catiónicos y aun los tensoactivos aniónicos y no iónicos aunque no son agentes bacteriostáticos, influyen en el lodo por su poder dispersante.

**5. RECIRCULACIÓN DE LODOS.** En las plantas de lodos activados el lodo de retorno o recirculación de lodos, es extraído de las tolvas de los sedimentadores y de ahí es bombeado a los tanques de aireación para ser mezclado con el influente de agua a tratar, la cantidad de lodo a recircular varía de acuerdo a las condiciones locales pero generalmente es de 50 a 100% del gasto de agua total que entra a la planta. El lodo sobrante generalmente es desviado o descartado para su tratamiento y desecho.

**6. ASPECTO DEL LODO.** La observación del lodo representa una fuente de gran información exacta sobre cómo marcha un proceso de depuración, un lodo de buena calidad presenta un color oscuro y un ligero olor no desagradable, si el olor se hace desagradable y el color cambia de tonalidad, significa que está ocurriendo una fermentación anaerobia y es necesario más aire o un menor tiempo de residencia del lodo en el decantador. Respecto al color cabe aclarar que este también tenderá a adquirir alguna tonalidad dependiendo del origen del agua que se está depurando.

**7. OBSERVACIÓN AL MICROSCOPIO.** El análisis al microscopio debe realizarse lo más frecuente posible revisando la consistencia del floculo, la cual debe ser compacta y bien definida.

La presencia de protozoarios ciliados sigue en importancia a las bacterias para la formación de un lodo activado sano. Los tipos de protozoos ciliados incluyen a los nadadores libres y fijos, estos microorganismos se alimentan de las bacterias en suspensión y partículas diminutas del agua. Al eliminar estas partículas el efluente se vuelve más claro. La presencia de una gran cantidad y variedad de protozoarios ciliados indica un ambiente balanceado en la planta de lodos activados.

Usualmente una dominancia de ciliados fijos, ciliados libres y rotíferos indican un buen lodo de sedimentación.





## PROBLEMAS Y SOLUCIONES EN EL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS

OBSERVACIÓN	CAUSA PROBABLE Y CORRECCIÓN
<b>TANQUE DE AIREACIÓN</b>	
1.- Hirviendo, turbulencia excesiva, burbujas de tamaño grande.	La sobre aireación puede ser la causa del rompimiento de los floculo o los niveles de oxígeno altos. Reduzca los niveles de oxígeno a los más apropiados para su planta.
2.- Patrón de aireación superficial no uniforme. Puntos muertos o mezcla no adecuada.	Los difusores pueden estar obstruidos o rotos. Reemplace o repare.
3.- Se esta necesitando grandes cantidades de aire para mantener la planta operando apropiadamente. Hay dificultad para mantener los niveles de oxígeno	<p>Pueden existir fugas en el sistema de aireación que deben ser reparadas.</p> <p>Algunos difusores pueden estar rotos o tapados deben ser reparados.</p> <p>La transferencia del oxígeno es insuficiente o inadecuada. Revise el funcionamiento del aireador.</p> <p>Alguna carga orgánica excesiva puede estar entrando a la planta. Determine la fuente de la carga orgánica y corrija. Agregue mayor aireación.</p>

<b>PROBLEMAS DE ESPUMA</b>	
<p>1.- Espuma blanca y jabonosa cubriendo una parte o toda la superficie del tanque de aireación.</p>	<p>Condiciones de arranque. Baja concentración de sólidos en el tanque de aireación. No deseche sólidos, Inocule el proceso con lodo de otra planta. Desechado excesivo de sólidos o lavado por flujo hidráulico. Reduzca el desechado de lodo y aumente la recirculación.</p> <p>Desechos tóxicos como metales pesados, ácidos o bactericidas o una cauda extrema en la temperatura. Revise por sustancias tóxicas, haga pruebas de consumo de oxígeno y revise la temperatura. Revise los organismos del lodo activado o inocule si es posible.</p> <p>La recirculación es insuficiente o esta apagada. Reestablezca una tasa de recirculación de lodos adecuada.</p>
<p>2.- Una espuma brillante, delgada de color canela oscuro que se forma en la mayor parte del tanque de aeriación.</p>	<p>El sistema de oxidación esta llegando a una condición de carga baja debido a que hay demasiados sólidos en el proceso, revise la concentración de sólidos suspendidos totales y sólidos suspendidos volátiles. Gradualmente aumente el desecho hasta alcanzar condiciones normales.</p>
<p>3.-Una espuma gruesa de color canela, grasosa sobre la mayor parte de la superficie del aeriador. La espuma del lodo contiene un tipo de bacteria nocardia cuando se observa al microscopio.</p>	<p>El tanque de aeriación contiene sólidos en exceso debido a un desecho insuficiente de lodos. Gradualmente aumente el desecho hasta que los sólidos sean removidos del sistema.</p>
<p>4.- Una espuma chocolate oscura, casi negra y jabonosa con olores sépticos o agrios son detectados.</p>	<p>Existen condiciones anaerobias en el tanque de aeración. Revise los niveles de oxígeno y aumente la tasa de aeración. Reduzca la carga orgánica si es posible</p>

<b>CLARIFICADOR SECUNDARIO</b>	
1.-Nubes de sólidos en ciertas áreas del clarificador. La prueba de sedimentación indica un buen nivel de sedimentación con sobrenadante claro.	Una sobrecarga hidráulica causa una pérdida de sólidos. Revise los flujos y la carga superficial del clarificador. Reduzca la recirculación de lodos para mantener un manto de lodos más alto.
2.- Nubes localizadas de lodos harinosos ascendiendo en ciertas partes del clarificador. Las pruebas de sedimentación indican una sedimentación lenta y floculos dispersos.	Existe una sobrecarga orgánica del tanque de aeración o una concentración baja de sólidos en el tanque de aeración. Revise los niveles de oxígeno, disminuya los niveles de desecho de lodo y aumente los niveles de oxígeno para balancear el sistema.
3.-Nubes onduladas de lodos extendidas uniformemente por todo el clarificador. La prueba de sedimentación es lenta y se compacta pero el sobrenadante es claro	<p>El lodo se abulta por organismos filamentosos, revise si hay carga orgánica inapropiada o los niveles de oxígeno son bajos, deficiencia en los nutrientes del agua residual, o un pH menor de 6.5. Haga un examen al microscopio, determine el tipo de filamentosos si es posible. Reestablezca el balance ambiental a favor de las bacterias formadoras de flor sobre los organismos filamentosos.</p> <p>El lodo se abulta debido a organismos jóvenes de sedimentación pobre. Revise las cargas orgánicas y la concentración de sólidos. Reduzca la tasa de desecho de lodo y mantenga el oxígeno en niveles adecuados. 1</p>



## NORMATIVIDAD

Para el caso de México en materia de reglamentos para las descargas de agua residuales tratadas, estas estarán sujetas al cumplimiento de la normatividad mexicana, siendo las normas oficiales mexicanas las que tendrán competencia dependiendo del uso de la descarga y/o el cuerpo receptor de la descarga.

- NORMA OFICIAL MEXICANA **NOM-001-SEMARNAT-1996**, QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN AGUAS Y BIENE FEDERALES.
  
- NORMA OFICIAL MEXICANA **NOM-002-SEMARNAT-1996**, QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES A LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO URBANO MUNICIPAL.
  
- NORMA OFICIAL MEXICANA **NOM-003-SEMARNAT-1997**, QUE ESTABLECE LOS LIMITESMAXIMOS PERMISIBLE DE CONTAMINANTES PARA LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS QUE SE REUSEN EN SERVICIOS AL PUBLICO.

Los límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas son los establecidos en la tabla 1 de la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997.

TABLA 1  
NOM-003-SEMARNAT.1997

LIMITESMAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES					
TIPO DE REUSO	PROMEDIO MENSUAL				
	COLIFORMES FECALES NMP/100ml	HUEVOS DE HELMINTO (h/l)	GRASAS Y ACEITES mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l	SST mg/l
SERVICIO AL PUBLICO CON CONTACTO DIRECTO	240	≤1	15	20	20
SERVICIOS AL PUBLICO CON CONTACTO INDIRECTO U OCASIONAL	1000	≤5	15	30	30

La materia flotante debe estar ausente en el agua residual tratada.

El agua residual tratada reusada en servicios al público, no deberá contener concentraciones de metales pesados y cianuros mayores a los límites máximos permisibles establecidos en la columna que corresponde a embalses naturales y artificiales con uso en riego agrícola de la tabla 3 de la Norma oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996.

**EXTRACTO DE LA TABLA 3 DE LA NOM-001-SEMARNAT-1996**

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS Y CIANUROS		
PARÁMETROS MEDIDOS DE MANERA TOTAL	EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES	
	USO EN RIEGO AGRÍCOLA	
mg/l	P.M.	P.D.
arsénico	0.2	0.4
cadmio	0.2	0.4
cianuros	2.0	3.0
cobre	4.0	6.0
cromo	1	1.5
mercurio	0.01	0.02
níquel	2	4
plomo	0.5	1
zinc	10	20

P.D. = PROMEDIO DIARIO. P.M. = PROMEDIO MENSUAL

## REFERENCIAS

Bitton G. (1994). Wastewater Microbiology, Wiley-Liss, New York. 478 p.

Estrada C. (2003). Sistema de tratamiento de aguas. Frecuencia verde.  
[http://semades.jalisco.gob.mx7027expertos7tratamiento\\_agua.htm](http://semades.jalisco.gob.mx7027expertos7tratamiento_agua.htm)

de la Macorra X. (2006). Agua la crisis del siglo XXI. Nacional Geographic en español, México, pp 4-6.

Frers, C. (2005). Aguas que lloran por los humanos. Argenpress.info. Buenos aires.  
<http://www.argnpress.info/nota.asp?num=017769>

Jiménez C.B. E. (2002). La Contaminación Ambiental en México, Limusa, México, 925p.

Kabouris J.C. y Georgakakos A.P. (1996). Parameter and state estimation of the activated sludge process I Wat. Res. 30,2853-2865.

Metcalf H. (1996). Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización. Vol. 1, Mc. Graw- Hill, México, 345p.

Ramalho R.S. (1993). Tratamiento de Aguas Residuales. Reverte, Barcelona, 705p.

Ramírez E. (1998). Sistema de tratamiento de aguas residuales En: Hacia una renovación ambiental en México. (R. Chio Ed.). SEP, México, pp 91-99.

Robles E., Gonzáles M.E. y Castro P. (2004). Los Contaminantes fisicoquímicos del agua: sus efectos en el hombre y el medio ambiente. Tesis, FES Iztacala UNAM, México.120 p.

Seoanes C. M. (1995). Aguas residuales y urbanas, tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento. Mundi Prensa, Madrid, 368 p.

Winkler M.A. (1996). Tratamiento biológico de aguas de desecho, Limusa, México, 187 p.

