



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS A BASE DE LODOS
ACTIVADOS**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

SANDOVAL GÓMEZ, CARLOS

ASESOR: RUÍZ ARRIAGA, FERNANDO

Ciudad Universitaria, Distrito Federal,

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México

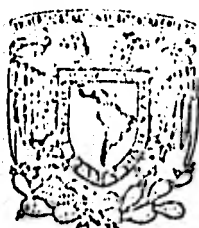


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

Al Pasante señor CARLOS SANDOVAL GOMEZ,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor M. I. Fernando Ruíz Arriaga, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS A BASE DE LODOS
ACTIVADOS"

- I. Introducción e importancia.
- II. Etapas y características del proceso.
- III. Tratamiento y disposición de lodos.
- IV. Conclusiones.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A t e n t a m e n t e
"POR NI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Ed. Universitaria, 19 de abril de 1982
EL DIRECTOR


ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

Rej
18

FACULTAD INGENIERIA

DIVISION DE INGENIERIA CIVIL

INGENIERIA SANITARIA

ESTUDIO; PROCESOS DE TRATAMIENTO
DE AGUAS

A BASE DE LODOS ACTIVADOS.

TRABAJO QUE PRESENTA PARA RECIBIR
EL TITULO PROFESIONAL

CARLOS SANDOVAL GOMEZ

Nº DE CUENTA 7427612-5

MEXICO D. F. 1983.

INDICE

PROLOGO	1
I INTRODUCCION.	
A) Objetivos del tratamiento de las aguas negras.	3
B) Valor de las aguas negras.	3
C) Consideraciones importantes para un proyecto de tratamiento de aguas negras.	3
D) Variación en la calidad de las aguas.	4
E) Localización de las instalaciones de tratamiento	5
F) Pruebas para las aguas negras.	6
1) Exámenes físicos.	6
2) Exámenes químicos.	7
II METODOS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS NEGRAS.	8
A) Tratamiento preliminar.	8
1) Rejas y cribas de barras.	8
2) Desarenadores.	9
3) Tanques de preaeración.	10
B) Tratamiento primario.	10
1) Tanques de sedimentación simple.	11
2) Tanques de sedimentación simple con limpieza mecánica.	11
3) Puntos importantes a considerar en el diseño.	13
III PROCESO DE LODOS ACTIVADOS.	14
A) Aspectos generales.	14
B) Parámetros importantes a considerar en el proceso de lodos activados.	14

1) Fundamentos de microbiología.	14
2) Edad de los lodos.	18
3) Aireación y agitación de la mezcla.	18
4) La carga de la EBO.	19
5) Separación de lodos activados de la mezcla.	20
6) Recirculación de la cantidad apropiada de lodos.	20
C) Proceso convencional de lodos activados.	20
1) Aireación escalonada.	21
2) Aireación graduada.	22
3) Aireación modificada.	23
4) Aireación activa.	24
5) Estabilización por contacto.	25
6) Digestión aerobia.	25
7) Características operacionales de los procesos de lodos activados.	28
D) Dificultades operacionales.	27
1) El lodo ascendente.	27
2) Lodos voluminosos.	27
IV TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE LOS LODOS.	28
A) Composición y tratamiento de los lodos.	28
1) Espesamiento.	29
2) Digestión con o sin calentamiento.	30
3) Secado sobre lechos de arena.	33
4) Acondicionamiento químico.	34
5) Elutriación.	34
6) Filtración al vacío.	35
7) Secado por calentamiento.	36

B) Disposición de los lodos.	37
1) Disposición en agua.	37
2) Disposición en tierra.	38

PROLOGO

En muchos sentidos puede decirse que la historia del agua es nada menos que la historia de la vida. Es el elemento principal de cuanto vive en nuestro planeta. La humanidad cuenta con ella no nada más para beberla si no para procurarse víveres, energía, transporte, lujos, etc. A medida que nuestros pueblos y ciudades se desarrollan y nuestra tecnología crece se requiere más y más agua, por ello deben idearse de continuo nuevos modos de hallarla, y de reusarla.

A pesar de ser tan común, el agua es extraordinaria. Está en todas partes, adoptando la forma de océanos, montañas de hielo, lagos, ríos, cubre cerca de las tres cuartas partes de la superficie de la tierra.

El agua sigue sustentando todas las formas de vida: algunos organismos de gran simplicidad pueden existir sin aire, pero ninguno puede desarrollarse sin agua.

En el transcurso de cientos de millones de años ha sido uno de los principales agentes en la estructuración y reestructuración de la superficie terrestre.

Como lluvia que cae o como río que corre, nivela enormes montañas, creando extensos valles y abruptos cañones, acabando por desmoronar hasta las más duras rocas.

Ree sin interrupción los litorales, transformando el perfil de las islas y los continentes.

Determina el clima, forma el suelo que sustenta siembras y bosques.

Como vapor o fuerza hidroeléctrica, mueve las máquinas de la técnica moderna.

Como sustancia química es única: es un compuesto de -- gran estabilidad, es un solvente notable y poderosa fuente de energía química. Es fuertemente atraída por la mayoría - de los materiales inorgánicos, incluso ella misma. Es decir que sus moléculas se adhieren unas a otras con más tenaci-- dad que la de ciertos metales.

Cuando la congelación la convierte en un sólido, se di-- lata en lugar de contraerse.

Es capaz de absorber e irradiar más calor que la mayo-- ria de las sustancias comunes.

Todas las propiedades del agua se derivan de su estruc-- tura molecular. La combinación de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O) formando una molécula de resisten-- cia sorprendente. Se requiere una tremenda energía para des-- componer esa molécula.

De todas las sustancias naturalmente presentes en la - superficie de la tierra, el agua es la más próxima a la ca-- tegoría de solvente universal. En realidad constituye un -- solvente tan bueno, que es rarísimo hallar agua perfectamen-- te pura. La lluvia misma, al descender disuelve a los gases atmosféricos y donde quiera que cae disuelve otras sustan-- cias; de algunas hallamos apenas indicios, mientras que o-- tras suelen abundar; cada arroyuelo, el arroyo, lago o mar es una solución acuosa, de centenares de sustancias orgánicas e inorgánicas.

I INTRODUCCION

A) OBJETIVOS DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS NEGRAS.

La protección de los medios naturales de recreo, la conservación de los recursos naturales, la prevención de la salud pública y la posibilidad de un mejor aprovechamiento del agua para la humanidad, constituyen razones poderosas para el tratamiento de las aguas negras.

B) VALOR DE LAS AGUAS NEGRAS.

Tienen un valor importante en los sistemas de riego, en los sistemas de enfriamiento de naves industriales, etc. Entre los subproductos que pueden obtenerse del tratamiento de las aguas negras, figuran:

El lodo, por su valor como fertilizante y su contenido de calor; la arena, por su posibilidad de uso como material para carreteras y rellenos sanitarios; el gas combustible de la digestión del lodo.

La estabilización biológica de los desechos orgánicos - puede abrir nuevos horizontes para su aprovechamiento.

C) CONSIDERACIONES IMPORTANTES PARA UN PROYECTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS.

Entre las primeras cosas que deben tomarse en cuenta al proyectar una instalación para el tratamiento de aguas negras se encuentra la capacidad de la instalación y el método de tratamiento a emplear; Tomando en cuenta que la eficiencia del proceso se mide en función de los cambios químicos y físicos que se producen durante el proceso de tratamiento.

La carga de una planta y la eficiencia se mide en función

de la cantidad y concentración de las sustancias contenidas en las aguas negras. Como ambas características fluctúan entre límites muy amplios, la capacidad de la instalación debe determinarse teniendo en cuenta los momentos de carga -- máxima, así como las fluctuaciones del caudal.

Otros conceptos que deben tomarse en cuenta son:

- 1) Facilidad de acceso al sitio de la planta.
- 2) Flexibilidad en la operación.
- 3) Previsiones contra la interrupción del funcionamiento.
- 4) Iluminación, ventilación y sistemas de drenaje adecuados.
- 5) Localización de medidores, registros, válvulas, puntos de muestreo y otros elementos de modo que tengan fácil acceso y facilidad de mantenimiento y conservación.
- 6) Salud y seguridad del personal.

D) VARIACIONES EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS NEGRAS.

La calidad de las aguas negras que llegan a una planta de tratamiento, varía constantemente. Las causas de la variación se deben a los cambios en la cantidad de agua de dilución debido a la entrada de aguas de lluvia o del lavado de calles; la fluctuación en el ritmo de actividades domésticas, como la casi nula aportación de residuos orgánicos durante la noche, las características de las industrias que descargan distintos productos de desecho según su proceso de fabricación. Las variaciones principales del agua que llega a una planta son:

- 1) Una parte sustancial de la carga diaria llega a la planta en un período relativamente corto.

2) Las características de concentración de las sustancias y de la materia orgánica no cambian tan considerablemente, por lo general se mantienen en un intervalo bien definido.

E) LOCALIZACION DE LAS INSTALACIONES DE TRATAMIENTO.

Comprende en gran medida la topografía, las condiciones del suelo y del subsuelo, el costo y sobretodo la actitud del público.

Los requisitos de salud, no determinan ninguna restricción respecto a la localización de la planta ya que pueden instalarse inclusive en zonas urbanas, y pueden hacerse funcionar satisfactoriamente, sin causar quejas y sin detrimento justificado del valor de los bienes raíces de las inmediaciones. Sin embargo es más recomendable situarse en un lugar aislado pues ofrecerá un factor de seguridad contra los trastornos que puedan derivarse de un funcionamiento inadecuado o de una administración insuficiente. Cuando una instalación tenga que localizarse en una zona urbana, se incrementará el costo del equipo y de la operación.

Una buena recomendación es que el lugar debe estar alejado de todas las zonas urbanas, especialmente de las residenciales. La experiencia dice que debe mantenerse una distancia de 360 m. entre la instalación y las zonas habitadas, con un mínimo de 240 m, cuando se tomen precauciones especiales para eliminar olores o insectos. Debe tenerse en cuenta la dirección de los vientos dominantes en particular en los meses de calor. Si es imprescindible localizar la instala--

ción en una zona abatida por los vientos, deberá procurarse aumentar estas distancias.

F) PRUEBAS PARA LAS AGUAS NEGRAS.

Las pruebas para las aguas negras que proporcionan información para fundamentar el diseño y operación de una planta. Son los exámenes físicos, químicos y bacteriológicos.

El volúmen de aguas negras y la concentración de contaminantes varían de hora a hora. Por esta razón las muestras son representativas exclusivamente del momento en el que se toman. Para obtener resultados de confianza se debe realizar un muestreo durante un periodo de 24 horas, en proporción - con el flujo, durante varios días.

1) EXAMENES FISICOS. En las aguas negras se incluyen pruebas para determinar: Temperatura, color, pero las más importantes son las de los sólidos totales, sólidos volátiles, - sólidos fijos, sólidos suspendidos y sólidos sedimentables.

Los sólidos totales se determinan por evaporación de - la parte líquida y pesando el residuo seco. Quemando este - residuo y volviendo a pesar se obtienen los sólidos fijos - y su diferencia representa los sólidos volátiles. Los sólidos en suspensión se determinan por filtración. Los sólidos sedimentables se determinan permitiendo que las aguas negras reposen durante un periodo estandar en un cono Imhoff. Las pruebas de sólidos son importantes debido a que permiten estimaciones de las reducciones alcanzadas en los diferentes pasos del proceso.

2) EXAMENES QUIMICOS. Son muchas las pruebas químicas en el análisis de las aguas negras, las más utilizadas son:

a) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Mide la cantidad de oxígeno necesaria para estabilizar a la materia orgánica sujeta a descomposición en las aguas negras. Es por lo tanto - un índice importante de la concentración de un agua. Se requiere un tiempo muy largo , probablemente 100 días o más para la estabilización completa de la materia orgánica. El oxígeno se toma rápidamente al inicio y luego más lentamente. - Como no es práctico en el trabajo real utilizar pruebas que requieran más de unos cuantos días para obtener resultados - dignos de confianza, se realizan pruebas de la (DBO) a los 5 días y a una temperatura estándar de 20°C. Se ha determinado que la (DBO) a los 5 días es alrededor del 68 % de la última, cuando se utiliza un coeficiente de velocidad de reacción de 0.10 . Este coeficiente no es constante en todas las aguas - negras, pero la prueba da resultados generalmente aceptables y comparables para diseño y operación.

b) Oxígeno disuelto. Esta prueba mide el contenido de oxígeno de las aguas negras. Un alto contenido de OD es un índice de frescura y en el efluente de una planta es índice de que se ha llevado a cabo una oxidación considerable durante el - tratamiento.

c) Oxígeno consumido. Esta prueba muestra la demanda de oxígeno consumido en las diferentes etapas del tratamiento, permitiendo una medición de los cambios que han tenido lugar.

II METODOS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS NEGRAS.

La cantidad o grado de tratamiento que se da a las aguas negras o a los desechos varia de acuerdo al empleo para el cual estará destinada el agua. A pesar de que son muchos los métodos de tratamiento, todos pueden incluirse dentro de los efectos siguientes:

- A) Tratamiento preliminar.
- B) Tratamiento primario.
- C) Tratamiento secundario.
- D) Cloración.
- E) Tratamiento de los lodos.

En este capítulo solo se tratan los puntos A y B.

A) TRATAMIENTO PRELIMINAR.

Consiste en separar de las aguas negras aquellos constituyentes que pudiesen obstruir o dañar las bombas, o interferir en los procesos subsiguientes del tratamiento. Por lo tanto, los dispositivos para el tratamiento preliminar se diseñan para:

Separar o disminuir el tamaño de los sólidos orgánicos que flotan o están suspendidos, consisten generalmente de trozos de madera, papel, basura, telas, etc.

Separar los sólidos inorgánicos pesados, como la arena, la grava e incluso objetos metálicos.

Separar cantidades excesivas de aceites y grasas.

Para lograr estos propósitos se usa equipo muy variado.

1) REJAS Y CRIBAS DE BARRAS. Están formadas por barras --

usualmente espaciadas desde 2 hasta 15 centímetros. Generalmente tienen claros de 2.5 a 5 cm. Aunque algunas veces se usan las rejas grandes en posición vertical. La regla general es que deben instalarse con un ángulo de 45 a 60 grados con la vertical. Se limpian manualmente o por medio de rastrillos automáticos, los sólidos separados se eliminan enterrándolos o incinerándolos, también pueden reducirse de tamaño con trituradoras o desmenuzadores y se reintegran a las aguas negras.

2) DESARENADORES. Las aguas negras contienen por lo general cantidades grandes de sólidos inorgánicos como arena y grava. La cantidad es muy variable y depende de muchos factores; pero principalmente si el alcantarillado colector es de tipo sanitario o combinado. Las arenas pueden dañar a las bombas por abrasión y causar serias dificultades operatorias en los tanques de sedimentación y en la digestión de los lodos por acumularse alrededor de las salidas causando obstrucciones. Por esta razón es práctica común eliminar este material por medio de las cámaras desarenadoras. Estas se localizan antes de las bombas y de los desmenuzadores, deben ser precedidas por cribas de barras y rastrillos gruesos.

Los desarenadores se diseñan en grandes canales donde la velocidad disminuye lo suficiente para que se depositen los sólidos inorgánicos pesados, manteniéndose en suspensión el material orgánico.

El tiempo de retención se basa en el tamaño y cantidad

de las partículas que deben separarse y generalmente varía de 20 seg a 1 minuto. Esto se logra instalando varios desarenadores para que el flujo se ajuste en ellos mediante vertedores proporcionales colocados al final de cada canal.

3) **TANQUES DE PREAERACION.** A veces se procura una preaeración de las aguas negras, es decir, una aeración antes del tratamiento primario, para lograr lo siguiente:

- a) Obtener una mayor eliminación de sólidos suspendidos, en los tanques de sedimentación.
- b) Ayudar a la eliminación de grasas y aceites que arrastran las aguas.
- c) Refrescar las aguas negras antes de llevar a cabo el tratamiento.
- d) Disminuir la demanda bioquímica de oxígeno. (DBO) La agitación de las aguas negras en presencia de aire, tiende a aglomerar o flocular los sólidos suspendidos más ligeros formándose masas más pesadas que se asientan rápidamente, también contribuye a la separación de la grasa o aceite contenida en las aguas negras llevándolos a la superficie, Se restauran también las condiciones aerobias en las aguas negras sépticas, favoreciendo el tratamiento subsecuente.

B) TRATAMIENTO PRIMARIO.

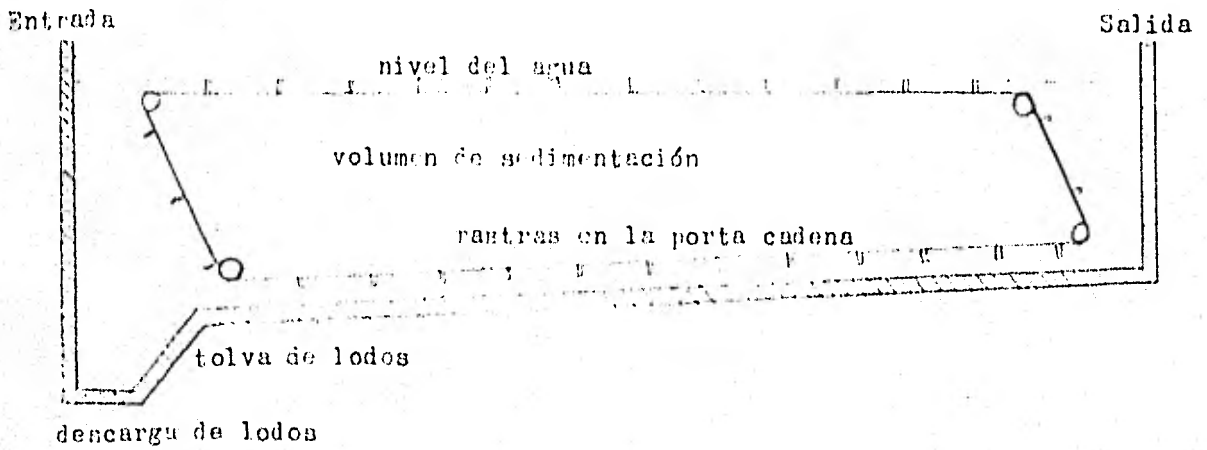
Los dispositivos que se utilizan en el tratamiento primario están diseñados para retirar de las aguas negras los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, mediante el proceso físico de sedimentación. Los dispositivos susceptibles de usar para dar este tratamiento son:

1) TANQUES DE SEDIMENTACION SIMPLE. Los sólidos asentados se sustraen continuamente o a intervalos frecuentes, para no dar tiempo a que se descompongan y produzcan gases. Los sólidos se van acumulando por gravedad, en una tolva, de donde se bombean o descargan por la acción de la presión hidrostática.

2) TANQUES DE SEDIMENTACION SIMPLE CON LIMPIEZA MECANICA.

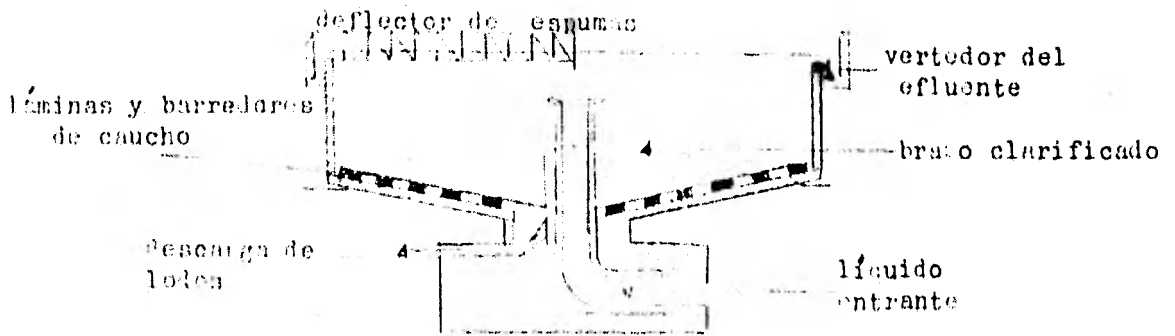
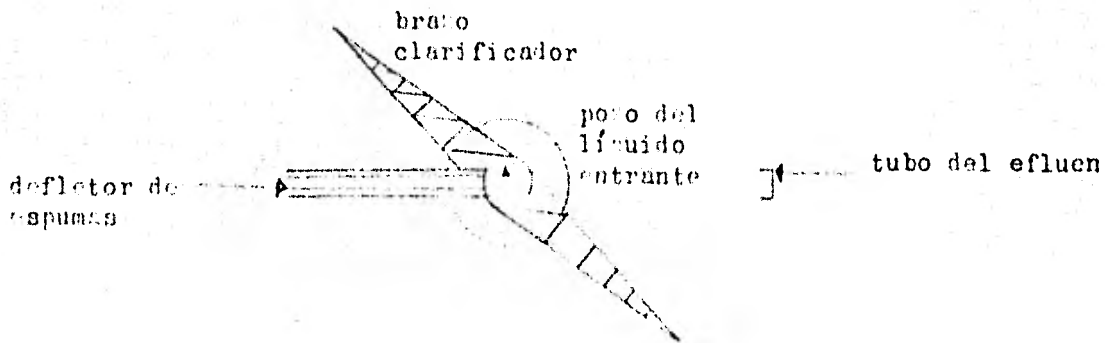
Estos tanques pueden ser rectangulares o circulares sin embargo operan con el mismo principio, recolectar los lodos sedimentados por medio de rastras, de movimiento lento, que los empujan a la tolva de descarga. En los tanques rectangulares, las rastras se fijan cerca de las orillas con unas cadenas que pasan sobre engranes o ruedas dentadas, accionadas por medio de motores. Las rastras se accionan lentamente rozando el fondo del tanque, empujando los sólidos sedimentados a una tolva en el extremo de entrada del tanque, luego son levantadas por la cadena hacia la superficie en donde parcialmente sumergidas, sirven para empujar los sólidos flotantes, las grasas y los aceites a un recolector situado en el extremo de salida del tanque.

Los tanques circulares tienen armaduras horizontales fijas a un eje central impulsado por un motor. El fondo de los tanques está inclinado hacia el centro y las rastras mueven a los sólidos hacia la tolva o embudo ahí localizada. Las armaduras desnatadoras están sujetas a la flecha central en la superficie. En la figura II-1 y II-2 se muestran los esquemas del tanque rectangular y circular.



Tanque rectangular

Figura II-1



Tanque circular

Figura II-2 12

3) PUNTOS IMPORTANTES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO.

- a) Entradas. Estas deben diseñarse para dispersar la corriente de alimentación, para que se difunda homogéneamente el flujo por todo el tanque.
- b) Deflectores. Estos se encuentran a la entrada y salida del tanque, sirviendo en el primero para ayudar a difundir el flujo y en el segundo para detener el material que flota en el efluente.
- c) Vertedores de salida. Su diseño es muy variado, los hay para hacer que las aguas sedimentadas salgan en forma de película muy delgada por la superficie del tanque, generalmente son ajustables. Es muy importante que estén nivelados para que la descarga sea uniforme en su cresta. El término -- carga superficial de sedimentación, expresa en m^3 por m^2 de superficie del tanque, el gasto diario de aguas negras. La capacidad superficial es un factor importante por que afecta directamente el porcentaje de eliminación de sólidos sedimentables y la (DBO).
- d) Periodo de retención. Es el tiempo en horas que se retienen las aguas negras en el tanque, basándose en el gasto y volúmen del tanque, suponiendo un desplazamiento total y un flujo uniforme. Los periodos de retención deben ser de 2 horas cuando menos.
- e) Dimensiones. Según las normas aceptadas, la longitud mínima es de 3 m y la profundidad del tanque no menor de 2.10 m, las dimensiones del tanque quedan determinadas por la -- cantidad de aguas que se requiere tratar.

III PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

A) ASPECTOS GENERALES.

En este proceso los lodos activados deben mantenerse - en suspensión, durante su período de contacto con las aguas negras a tratar, mediante algún método de agitación, Por lo tanto, el proceso consta de las siguientes etapas:

- 1) Mezclado de las aguas negras con los lodos .
- 2) Aereación y agitación de la mezcla durante el tiempo que sea necesario.
- 3) Separación de los lodos activados de la mezcla.
- 4) Recirculación de la cantidad adecuada de lodos activados.
- 5) Disposición del exceso de lodos activados.

Se han desarrollado diversas variaciones para llevar a cabo los pasos anteriores, con el propósito de lograr diferentes condiciones. Esto a dado origen al término " método convencional de lodos activados " para distinguir el proceso original, asignando nombres específicos a las variaciones - del proceso original.

B) PARAMETROS FUNDAMENTALES A CONSIDERAR EN EL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS.

1) FUNDAMENTOS DE MICROBIOLOGIA. El entendimiento de la forma, estructura y actividades bioquímicas de los microorganismos es básico para el diseño de un proceso de tratamiento a base de lodos activados. En donde las bacterias representan un papel importantísimo en la estabilización de la materia orgánica, por ello debe proporcionárseles un medio apropia-

do para su desarrollo.

La temperatura y el PH juegan un papel vital en la vida y muerte de las bacterias así como en otros organismos y plantas. Se ha comprobado que la velocidad de reacción para los microorganismos aumenta con la temperatura, doblándose cada 10°C de aumento, hasta alcanzar la temperatura límite. Según el grado de temperatura en que se desarrollan mejor - las bacterias. Se clasifican en criófilas, mesófilas y termófilas.

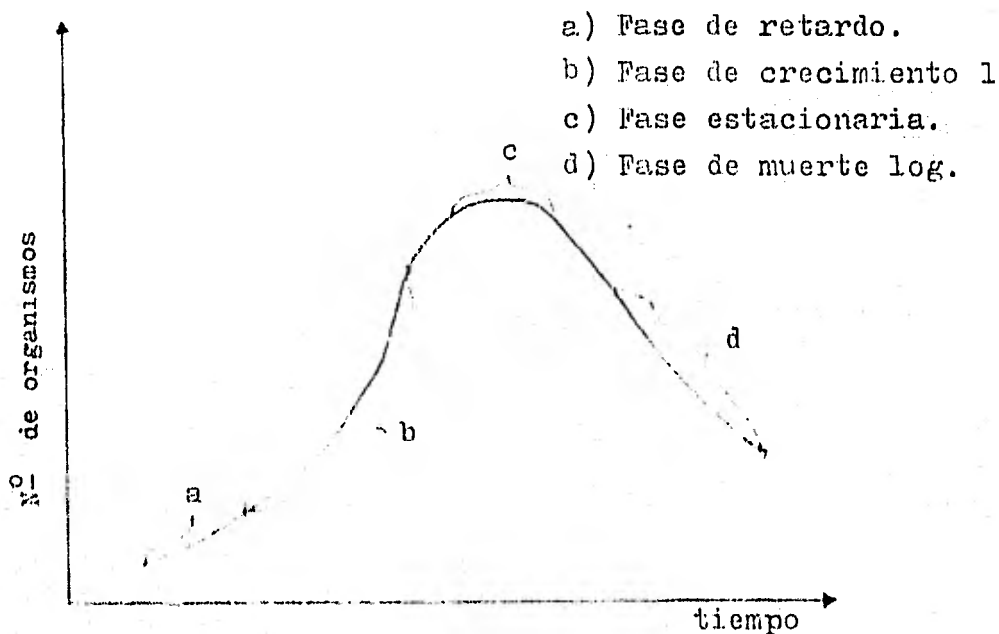
Los intervalos típicos de temperatura para las bacterias en cada una de las categorías señaladas puede verse - en la tabla III-1

Tipo	Temperatura, en °C	
	Intervalo	Óptima
Criófilas	-2 a 30	12 a 18
Mesófilas	20 a 45	25 a 40
Termófilas	45 a 75	55 a 65

TABLA III-1

El PH de una solución es un factor clave en el crecimiento de los organismos. La mayoría de éstos no puede tolerar niveles de PH por encima de 9.5 o por debajo de 4.0, el óptimo se encuentra entre 6.5 y 7.5.

La curva típica de un crecimiento bacteriano se muestra en la figura III-2.



Curva típica de un crecimiento bacteriano.

Figura III-2

a) Fase de retardo. Tras la adición de un inóculo a un medio de cultivo, la fase de retardo representa el tiempo - requerido para que los organismos se aclimaten a las nuevas condiciones ambientales.

b) Fase de crecimiento logarítmico. Durante este período la célula se divide a una velocidad determinada por su tiempo de generación y su capacidad de procesar alimento.

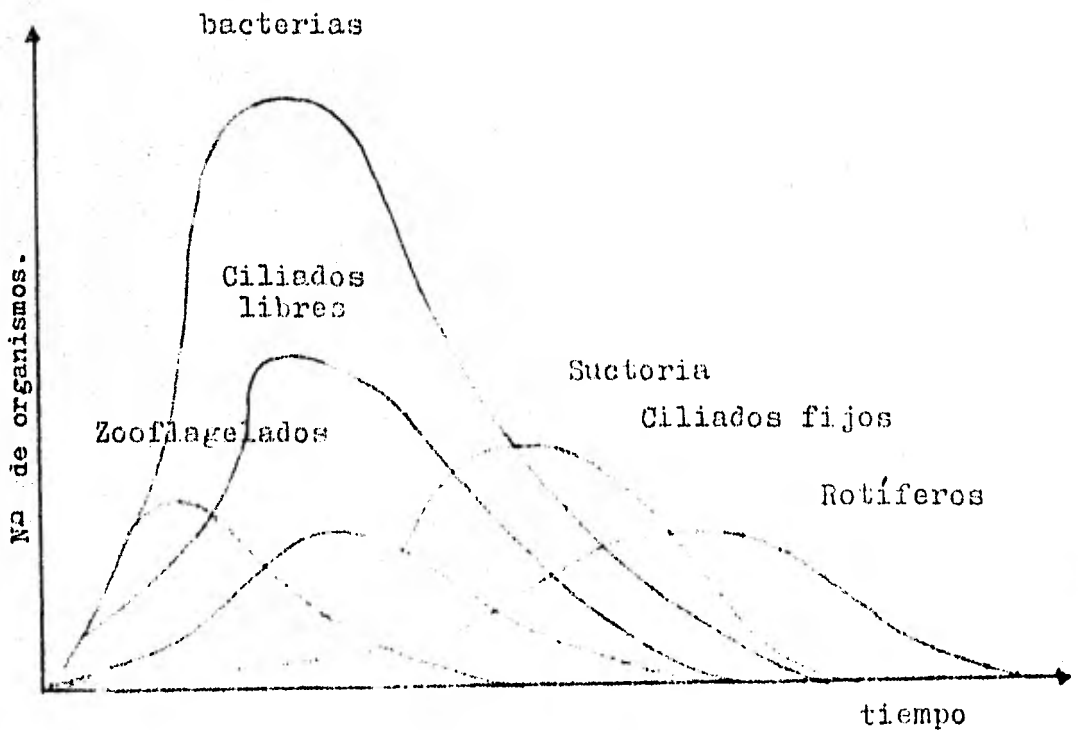
c) Fase estacionaria. En esta etapa la población permanece constante. Las razones son: primero las células han agotado los nutrientes para su crecimiento y segundo el crecimiento de las células nuevas se nivela por la muerte de -

células viejas.

d) Fase de muerte logarítmica. Al agotarse los nutrientes se genera una tasa de muerte logarítmica.

Frecuentemente, las unidades de tratamiento biológico se componen de complejas poblaciones biológicas mezcladas e interrelacionadas, en las que cada microorganismo del sistema tiene su propia curva de crecimiento.

Al proyectar o analizar un proceso de tratamiento biológico deberá pensarse en un ecosistema idóneo como el que muestra la figura III-3.



Ecosistema más general de las aguas negras

Figura III-3

2) EDAD DE LOS LODOS. Es el tiempo medio en días, que permanece sujeta a la aereación una partícula de sólidos suspendidos en el proceso de tratamiento de lodos activados.

Se calcula empleando la fórmula:

$$\text{Edad de los lodos} = \frac{V \times A}{Q \times C}$$

en la que:

V = Volúmen del tanque de aereación, en m³ o en litros.

A = Concentración de los sólidos suspendidos en el tanque de aereación en mg/lt.

Q = Gasto de aguas negras en m³ por día.

C = Concentración de sólidos en las aguas negras que entran al tanque de aereación, en mg/lt, (excluyendo los lodos activados).

Debe mantenerse la edad de los lodos dentro de ciertos límites, para que la operación sea satisfactoria, lo cual depende de las características de las aguas que se están tratando. Para la mayoría de las aguas negras domésticas comunes, es satisfactoria una edad de tres a cuatro días.

3) AEREACION Y AGITACION DE LA MEZCLA. Con la aereación se logran los tres objetivos siguientes:

Mezclar los lodos circulados con las aguas negras; mantener los lodos en suspensión por la agitación de la mezcla y suministrar el oxígeno que se requiere para la oxidación biológica. El aire se agrega generalmente por alguno de los dos métodos que se conocen como sistema de "aereación por difusión", o por aereación mecánica.

En el sistema de difusión de aire, éste se suministra

a baja presión generalmente de .5 a .7 kg/cm², se hace pasar através de diversos tipos de material poroso, en placas o en tubos que reparten el aire en forma de pequeñas burbujas. Estas placas o tubos están colocados de tal manera en el tanque de aereación, que imprimen un movimiento giratorio a la mezcla de aguas negras, los tubos difusores se hacen de alúmina cristalina fundida o de arena de alto contenido en sílice y de acero inoxidable corrugado con múltiples orificios de salida.

Estos van suspendidos en secciones sobre el tanque de aereación de manera que puedan ser descorreatados desde la superficie, para su limpieza o reposición.

4) LA CARGA DE LA DBO. La cantidad básica de aire que se requiere debe ser suficiente para mantener las aguas negras con un mínimo de 2 ppm de oxígeno disuelto, bajo cualquier condición de la carga de la DBO y en cualquier parte del tanque de aereación.

Una cantidad de aire insuficiente da por resultado una baja calidad de los lodos activados y con ello una sensible disminución en la eficiencia de la planta. El empleo de cantidades excesivas de aire no solamente es un desperdicio, sino que conduce a la formación de lodos tan finamente dispersos que difícilmente llegan a sedimentarse.

Se ha comprobado que para lograr un buen tratamiento en el proceso convencional es adecuado un tiempo de aereación de 6 a 8 hrs. con aire difundido y de 9 a 12 hrs, con aereación mecánica.

5) SEPARACION DE LOS LODOS ACTIVADOS DE LA MEZCLA. El ciclo de remoción de los lodos tiene mucha importancia pues cierta proporción debe retirarse continuamente para recircularlos - al tanque de aireación. El exceso debe eliminarse antes de - que pierda su actividad por la muerte de los organismos aero bios debido a la falta de oxígeno. Cuando se cuenta con re-- cursos adecuados, es posible reactivar los lodos en tanques de reaireación separados, antes de agregarlos a las aguas ne gras. Sin embargo es más recomendable conservar la actividad de estos mediante su pronto retiro del tanque.

6) RECIRCULACION DE LA CANTIDAD APROPIADA DE LOS LODOS. Esta cantidad debe ser suficiente para producir la purifica--- ción descada en el tiempo disponible para la aireación.

Debido a las variaciones en las características y con-- centración así como el tipo de planta de tratamiento, la can tidad puede variar desde 10 hasta 50 % del volúmen de las -- aguas negras en tratamiento. Para una planta convencional el porcentaje % varía normalmente de 10 a 20.

La concentración máxima queda supeditada a la cantidad de aire y a la carga de las aguas. Si se deja que se acumu-- len los sólidos, los requerimientos de aire y alimentos exce-- derán de los disponibles y se desequilibrará la operación.

C) PROCESO CONVENCIONAL DE LODOS ACTIVADOS.

Para este proceso se usa el sistema de aire difundido, y las aguas del efluente se mezclan con los lodos activados recirculados. El tiempo de aireación es de 6 a 8 hrs.

Los lodos se recirculan en una proporción que mantenga un contenido de sólidos de 1000 a 2500 ppm. El índice de los lodos y su edad según se determinen para cada planta caen dentro del intervalo de 100 a 200 y de tres a cuatro días. Con esto se espera una eficiencia global de la planta de 80 a 95 %, medida en abatimiento de la DBO y de los sólidos suspendidos. Es uno de los sistemas más eficientes.

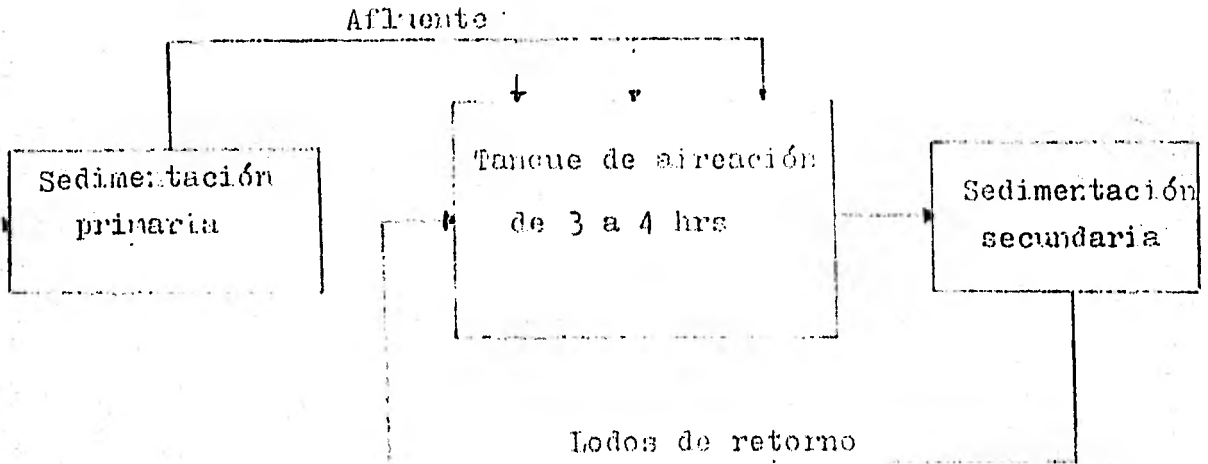
Aunque el proceso puede adaptarse para tratar aguas negras y desechos muy diversos, con concentraciones y composiciones cambiantes. Es muy sensible a cargas repentinas y a sustancias tóxicas que pueden destruir o inhibir la actividad de los microorganismos, cuya participación es esencial.

Con el fin de satisfacer ciertas condiciones particulares, para lograr economía en la construcción y operación de una planta, se realizan modificaciones al proceso convencional de lodos activados.

1) AIREACION ESCALONADA. En este proceso las aguas entran al tanque por diversos lugares, pero los lodos se introducen en el primer punto de entrada con o sin una porción de aguas negras. Por lo tanto la concentración de sólidos en la primera etapa es mayor y disminuye a medida que se introduce más agua en las etapas subsecuentes. Esto permite regular con mayor facilidad la cantidad de sólidos que se mantienen en aireación.

En este proceso se logra tratar una misma cantidad de agua en casi la mitad del tiempo de aireación utilizada en el proceso convencional siempre y cuando se mantenga la edad de los lodos dentro de los límites adecuados de 3 a 4 días.

Son menores los costos de construcción y la superficie requerida aunque el costo de operación sea igual para ambos procesos. Observe la figura III-4.



Aireación escalonada.

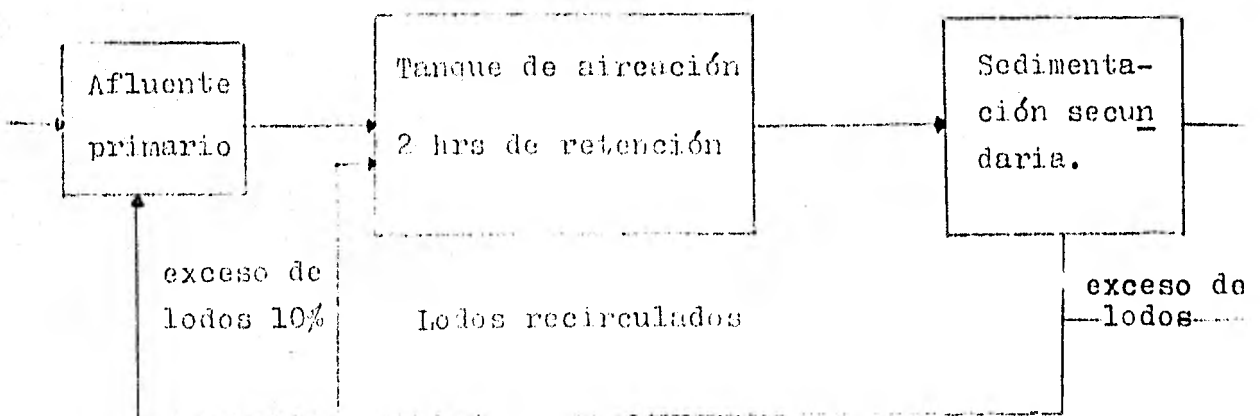
Figura III-4

2) AIREACION GRADUADA. Este proceso se basa en que se necesita mayor cantidad de aire durante el principio de descomposición de la materia orgánica. Por este motivo, la proporción de aire que se introduce en el agua es mayor en la entrada del tanque, que en las secciones subsecuentes. Esto nos obliga a ir separando las bocuillas difusoras a lo largo del tanque.

Las ventajas que pretende esta modificación son un mejor control del proceso cuando se presentan cargas repentinas y una disminución en el costo de operación.

3) AIREACION MODIFICADA. Tambien se le conoce como tratamiento intensivo con lodos activados. Es aplicable cuando las aguas receptoras requieren un mayor grado de tratamiento. En este sistema las aguas negras ya sean crudas o sedimentadas se mezclan con el 10 % de lodos de recirculación y se aerean durante un período de 1 o 2 hrs solamente. Con esto los sólidos de la mezcla disminuyen a menos de 1000 ppm, con lo cual se necesita menos aire. Controlando el suministro de aire, el período de aireación y el % de lodos recirculados se puede lograr cualquier grado de tratamiento entre la sedimentación primaria y el proceso convencional de los lodos activados.

Con esto se consigue un ahorro en los costos de construcción y de operación de la planta, los lodos obtenidos son más densos pero con la ventaja de que no están expuestos al abultamiento. Observe la figura III-5



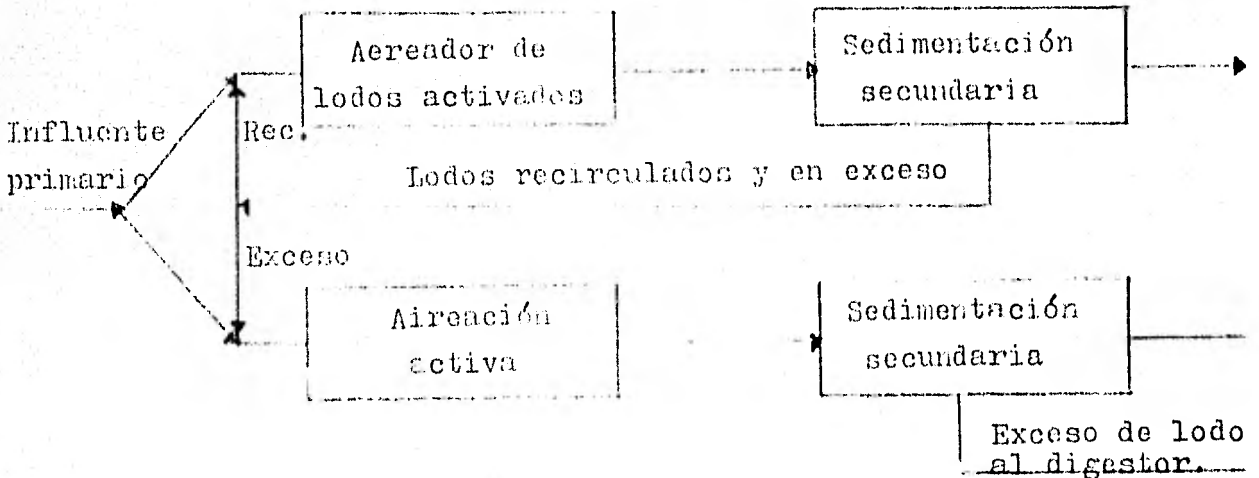
Aireación modificada.

Figura III-5

4) AIREACION ACTIVA. Es un tratamiento con un período de aireación menor. Consiste en no desperdiciar el exceso de lodos, pasándolos a una sección de aireación activa que recibe también una porción de aguas negras sedimentadas.

En la sección de aireación activa, se aerea la porción de aguas negras sedimentadas que se enviaron allí, con una baja concentración de sólidos de (200 a 400 ppm) se destinan tanques de sedimentación final para ambas secciones, yendo a dar a las aguas receptoras los efluentes.

Variando la porción del gasto total de aguas negras entre las dos secciones de la planta, así como otros factores de operación el proceso de aireación activa ofrece gran flexibilidad y un amplio margen de eficiencia del tratamiento, Observe la figura III-6.



Aireación activa.

Figura III-6

5) ESTABILIZACION POR CONTACTO. En este método los lodos biológicamente activos se ponen en contacto íntimo con las aguas negras durante 15 o 30 minutos solamente, tiempo durante el cual los lodos activos absorben un gran porcentaje de materia contaminante suspendida y disuelta en las aguas. Entonces fluye la mezcla al tanque de sedimentación de donde se separan los lodos y se pasan a un tanque regenerador en el que se estabilizan por aireación. Esta modificación es aplicable especialmente en el tratamiento de desechos industriales debido a que todo el suministro de lodos que se siembra no es vulnerable a las cargas repentinas por mantenerse la mayoría de la semilla bajo aireación por separado.

6) DIGESTION AEROBIA (OXIDACION TOTAL). Este proceso relativamente sencillo consiste en completar prácticamente la estabilización de la materia putrescible de las aguas negras por oxidación biológica, en un solo compartimento. La experiencia ha demostrado que este proceso es muy sensible a los cambios repentinos de volumen y a las características de los desechos.

Los lodos deben desecharse periódicamente para mantener el equilibrio y producir un efluente de alta calidad.

Este proceso es aplicado en plantas relativamente chicas siendo muy favorable y de gran eficiencia, más aun si se combina con sedimentación secundaria.

operacionales de los procesos de lodos activados.

Modificación del proceso.	Modelo de flujo	Sistema de aireación	Eficiencia en % eliminación (DBO)	Aplicación
Convencional	En pistón	Difusores y mecánica	85-90	Agua residuales domésticas débiles, es afectado por cargas súbitas.
Mezcla completa	Mezcla completa.	Difusores y mecánica	85-95	Aplicación general, resistente a cargas súbitas, aireadores de superficie.
Aireación escalonada.	En pistón	Difusores	85-95	Su aplicación es para gran variedad de residuos y concentraciones.
Aireación modificada.	En pistón	Difusores	60-75	Grado intermedio de tratamiento en el que el tejido celular en el efluente no supone inconveniente alguno.
Contacto y estabilización.	En pistón	Difusores	80-90	Expansión de los sistemas existentes en las plantas compactas.
Aireación prolongada.	Mezcla completa.	Difusores	75-95	Se utiliza en pequeñas comunidades, generalmente es flexible.
Sistema de oxígeno no puro.	En serie - con mezcla completa	Aireadores mecánicos.	85-95	Por lo general se emplea para ampliar la capacidad de una planta que este sobre cargada.

D) DIFICULTADES OPERACIONALES.

Los problemas más frecuentes en el funcionamiento de una planta de lodos activados son:

1) EL LODO ASCENDENTE. A veces, un lodo con buenas características de sedimentación sube a la superficie o flota sobre ella, tras un periodo de sedimentación relativamente corto. La causa de este fenómeno es la desnitrificación, por la cual los nitritos y nitratos del agua residual se convierten en gas nitrógeno quedando parte de este atrapado en los flóculos de la materia orgánica, aligerando la masa y subiendo por ello a la superficie. Esto puede distinguirse por que existen burbujas pegadas a los sólidos que flotan.

Estos problemas se pueden superar mediante:

a) Aumento de la velocidad del mecanismo colector del lodo en los tanques, siempre y cuando sea posible.

b) Disminución del tiempo medio de retención celular - aumentando el caudal de purga del lodo.

2) FANGO VOLUMINOSO (BULKING). Es el lodo que posee malas características de sedimentación y de compactividad, los dos tipos principales de lodo voluminoso son:

a) El causado por el crecimiento de organismos filamentosos que crecen en condiciones adversas.

b) El causado por el agua ligada al flóculo en el que las células bacterianas que componen éste se hinchan por la adición de agua hasta el extremo que reduce su densidad y no se sedimentan.

IV TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE LOS LODOS

Los lodos de las aguas negras, por su origen reciben el nombre de primarios, secundarios, exceso de lodos activados, lodos químicos. Por su estado o tratamiento recibido pueden denominarse crudos o frescos, digeridos, elutriados, húmedos, secos. Otras expresiones descriptivas son lodos de tanque Imhoff o de tanque séptico.

Los lodos deben someterse, en general, a algún tratamiento que sea capaz de modificar sus características para que pueda disponerse de ellos sin poner en peligro la salud o causar molestias, también para disminuir su volumen y facilitar su manejo y disposición.

A) COMPOSICION Y TRATAMIENTO DE LOS LODOS.

Los lodos obtenidos de un tanque de sedimentación simple, son esencialmente los sólidos sedimentables del agua cruda y consecuentemente se les llama lodos crudos. Estos prácticamente no han sufrido descomposición y son por lo tanto, sumamente inestables y putrescibles. Estos lodos son de color gris de apariencia desagradable y contienen fragmentos de desperdicios, sólidos fecales y un olor nauseabundo.

Los lodos en exceso o sobrantes separados en el proceso de lodos activados, están parcialmente descompuestos, son de color café y flocculentos, tienen un olor a tierra no desagradable. Si no se tiene cuidado por ulterior descomposición, se hacen sépticos y de mal olor.

Los lodos del proceso de precipitación química, son por lo general, de color negro. Se descomponen o digieren pero -

con más lentitud que los de otros procesos, el volumen de los lodos producidos es muy grande y no es fácil de manejar para su digestión. Por ello suelen usarse otros tratamientos para acondicionarlos para su disposición.

En general es conveniente manejar los lodos lo más concentrados posibles, por las siguientes razones: Para economizar espacio de almacenamiento en el digestor, para economizar capacidad en las bombas, para requerir menores cantidades de calor y energía.

Los métodos de tratamiento de lodos son:

1) **ESPEZAMIENTO.** Este proceso consiste en concentrar los lodos diluidos para hacerlos más densos, en tanques especiales diseñados para este propósito. Su uso se limita principalmente al exceso de lodos acuosos, del proceso de lodos activados.

El tanque espesador está equipado con paletas verticales de movimiento lento, Los lodos se bombean continuamente del tanque de sedimentación al espesador, el cual tiene una baja velocidad de derrame, permitiendo una concentración de sólidos en el fondo. Por este método se pueden obtener lodos con un contenido de sólidos del 10 % o más. Esto significa que con lodos originales del 2 % , se eliminaron cerca de 4/5 partes del agua, lográndose uno de los objetivos del tratamiento de los lodos. Esto permite el empleo de unidades de digestión más pequeñas, ahorrándose calor y temperatura en los digestores.

2) DIGESTION CON O SIN CALENTAMIENTO. El propósito de la digestión es lograr dos objetivos del tratamiento de los lodos, o sea: Una disminución en el volumen y la descomposición de la materia orgánica muy putrescible hasta formar compuestos orgánicos e inorgánicos inertes o relativamente estables. Con excepción de los tanques sépticos y los de doble acción; la digestión se lleva a cabo en tanques separados que se usan únicamente para este fin.

PROCESO DE DIGESTION.- La digestión de los lodos se lleva a cabo en ausencia de oxígeno libre, por los organismos anaerobios. La materia sólida de los lodos es aproximadamente en un 70 % orgánica y en un 30 % inorgánica o mineral. La mayor parte del agua es embebida " que no se separa de los sólidos ". Los organismos vivos rompen la compleja estructura molecular de estos sólidos, liberando el agua embebida y obteniendo oxígeno y alimento para su desarrollo.

Los microorganismos (bacterias y otras formas), atacan en primer lugar a los sólidos solubles o disueltos, como los azúcares. De estas reacciones se forman ácidos orgánicos, a veces hasta de varios miles de ppm, y gases como anhídrido carbónico y ácido sulfhídrico. El valor del PH de los lodos, disminuye a valores de 5.1 , Esto se conoce como etapa de fermentación ácida y procede con rapidez. En seguida viene una segunda etapa que llevan a cabo organismos a los que favorece un ambiente ácido, lo cual se conoce como período de digestión ácida, durante el cual los ácidos orgánicos y los compuestos nitrogenados son atacados y licuados

con mucho menor rapidez. Durante esta etapa, el valor del PH aumenta hasta 6.8 .

En la tercera etapa de la digestión, conocida como período de digestión intensa, estabilización y gasificación, son atacados por las bacterias los materiales nitrogenados más resistentes, como son las proteínas, los aminoácidos y otros. El valor del PH aumenta hasta 7.4 produciéndose grandes volúmenes de gases con un 70 % de metano (CH_4), o más. El metano es un gas inoloro, muy inflamable, que puede usarse como combustible. Los sólidos que aún quedan, son relativamente estables o lentamente putrescibles, pudiendo disponerse de ellos sin crear condiciones indeseables, teniendo además cierto valor en la agricultura.

El proceso total de digestión de los lodos puede compararse a una producción industrial en serie, en donde un grupo de operarios toma la materia prima y la acondiciona para que un segundo grupo de operarios con diferentes "aptitudes" sigan transformando la materia hasta llegar a un tercer grupo especializados que la convierten en los productos finales.

Los lodos bien digeridos tienen color negro, olor alquitrano no desagradable y recogidos en una probeta de vidrio, deben presentar una estructura granular y mostrar canalizaciones bien marcadas causadas por el agua al subir a la superficie mientras los sólidos se asientan en el fondo.

La producción de gases debe ser del orden de 750 lts - por kg de materia volátil destruida. Una cifra muy usada en

aguas de composición media, es la que supone una producción de gases de 28 lts percapita y por día.

Como la digestión es efectuada por organismos vivos, - conviene proporcionarles un ambiente favorable para que sean más activos y efectuen su trabajo en el menor tiempo posible. Los factores principales que intervienen son:

a) La temperatura.- Se ha comprobado que la digestión de los lodos tiene lugar a cualquiera de las temperaturas - que normalmente se encuentra en las diferentes etapas del - proceso, pero el tiempo que se tarda en completar la digestión varía mucho con la temperatura. Son también perjudiciales las variaciones bruscas de temperatura. A 13^oC se completa la digestión, hasta un 90 % en unos 55 días y a 35^oC se reduce a 24 días. Naturalmente que estas cifras son promedios pues no se pueden establecer cifras exactas para todos los lodos cuya composición es variable.

Para suministrar el calor se usan varios métodos y son: Circulación de agua caliente a 50^oC, através de tubería o - serpentines fijados interiormente en las paredes del tanque ; es uno de los más usados.

Circulación de lodos del tanque de digestión o de lodos crudos, por un cambiador de calor fuera del tanque.

Combustión de los gases de los lodos en un calentador fuera del tanque.

Inyección de vapor en el fondo del tanque.

Introducción de agua caliente o vapor a los lodos crudos antes de que entren al tanque.

b) Suministro de alimentos.- El grado de disponibilidad de alimentos que se proporcione a las bacterias es vital en la eficiencia de un digestor. Si se agregan demasiados lodos al digestor se producen gran cantidad de ácidos - en la primer etapa, a tal grado que el medio se vuelve desfavorable para los organismos que llevan a cabo la segunda y tercer etapa, y se dice que el digestor esta sobre cargado. Los organismos son más eficientes cuando se les suministra su alimento en volúmenes cortos e intervalos frecuentes.

c) Control del PH. El valor óptimo del PH de los lodos en un digestor oscila entre 6.8 a 7.4, en donde las bacterias se desarrollan adecuadamente, si existen variaciones notables del PH fuera del intervalo anterior quiere decir - que el proceso se esta desequilibrando, la razón es un desequilibrio entre los lodos frescos que se estan metiendo al digestor y los que estan en el digestor.

3) SECADO SOBRE LECHOS DE ARENA. Es un dispositivo que elimina gran cantidad de agua, para que el resto pueda manejarse como material sólido, con un contenido de humedad inferior al 70 %.

Estos lechos de arena consisten de una capa de grava - de tamaño regular, de 30 cm de profundidad, bajo una capa de arena limpia, de 15 a 20 cm. La tubería que lleve los lodos al lecho debe terminar a 30 cm sobre la superficie de la capa de arena, estos lechos son descubiertos.

Operación.- El secado de los lodos sobre los lechos, - resulta de la combinación de dos fenómenos, drenaje y evapo

ración. Cuando se aplican los lodos, el desprendimiento de los gases ocluidos y los disueltos tiende a hacer que floten los sólidos, quedando abajo una capa que se drena a través de la arena. El escurrimiento más importante ocurre durante las 12 a 18 horas. El subsecuente secado se debe a la evaporación del agua, que enjutan y agrietan a la superficie del lodo. Se recomienda que los lodos que se apliquen sean lo más espesos posibles, así como nunca descargar lodos sobre otros ya secos o parcialmente secos.

Una vez descargados los lodos, las tuberías deben escurrirse haciendo circular agua a través de ellas no solo para evitar taponamientos, sino grandes presiones dentro de las mismas por los gases que hay dentro. Recuérdese siempre que estos gases son muy explosivos cuando están mezclados con aire por ello debe evitarse encender cerillos cuando se abran las válvulas.

4) ACONDICIONAMIENTO QUIMICO. Se emplean productos químicos muy variados, como el ácido sulfúrico, alumbre, sulfato ferroso, cloruro ferrico, etc. Cuya finalidad es bajar el PH hasta un punto donde las partículas más chicas se coagulan formando otras más grandes, esto permite separar el agua más fácilmente, No existe un valor óptimo del PH para todos. debe determinarse en cada caso para garantizar su manejo.

5) ELUTRIACION. La palabra elutriación significa purificar por lavado. En el tratamiento de los lodos significa extra-

er por medio de agua los compuestos que se encuentren en can-
tidades excesivas para disminuir la demanda de coagulante. -
por lo tanto se usa como un pretratamiento, antes de la coa-
gulación con productos químicos. Se lleva a cabo mezclando -
los lodos con agua del efluente de una planta durante un pe-
ríodo muy corto, inferior a 20 segundos, por medio de agita-
ción mecánica o por aire difundido. Entonces se deja sedimentar
y el sobrante se regresa al proceso de tratamiento de --
aguas negras.

6) FILTRACION AL VACIO. El filtro al vacío se emplea para -
eliminar el agua de los lodos, consta de un tambor sobre el
cual descansa el medio filtrante formado por una tela de al-
godón, lana, nylon, dynel, fibra de vidrio o plástico. El -
tambor va montado en un tanque sobre su eje horizontal y su-
mergido aproximadamente una cuarta parte en el lodo acondi--
cionado. Las válvulas y la tubería están dispuestas de mane-
ra que, a medida que el tambor gira lentamente aplicando el
vacío en el interior del medio filtrante, va extrayendo el -
agua de los lodos y manteniendo el lodo adherido a él. Se -
continúa la aplicación del vacío hasta que el tambor gira -
fuera del lodo hasta llegar a la atmósfera. Esto hace que -
el agua salga del lodo, dejando una capa sobre la superficie
exterior la cual es raspada, del tambor, antes de que vuelva
a entrar nuevamente en el tanque del lodo.

La medida común del funcionamiento de los filtros de va-
cío es la cantidad de kg por hora, de sólidos secos, que se -
obtienen por cada m^2 de superficie filtrante. Los costos de

operación incluyendo el acondicionamiento de los lodos para la filtración al vacío, son usualmente mayores que en los lechos de arena, La filtración requiere menor superficie, es independiente de las estaciones del año y elimina la necesidad de digerirlos ya que son deshidratados lo suficiente para permitir su incineración.

7) SECADO POR CALENTAMIENTO. Cuando los lodos van a ser incinerados, deben secarse hasta un punto en el que puedan encenderse y quemarse. Para tal fin se emplea el secado por calentamiento. Para ello se usan comunmente dos unidades diferentes:

a) El horno secador rotatorio. Es un cilindro de diámetro de 1.20 a 2.40 mts y de longitud desde 8 hasta 10 veces su diámetro. Los lodos que se van a secar entran por un extremo y son llevados hasta la descarga por gravedad, deshaciéndose y mezclándose por medio de deflectores helicoidales fijados en la pared del cilindro. En el cilindro se introducen gases calientes que se ponen en contacto con los lodos más fríos. Los secadores rotatorios se usan generalmente para lodos deshidratados procedentes de los filtros al vacío, que tienen más del 50% de humedad y la característica de aglomerarse formando bolas que se secan exteriormente quedando húmedo su centro, se acostumbra recircular estos con los lodos residentes que entran al cilindro para reducir su contenido de humedad.

La temperatura media de secado no debe pasar de 370°C,

los gases que salen del secador deben controlarse ya que -
causan molestias por su olor.

b) El secador instantáneo. Consiste de un molino de -
martillos donde las partículas de lodo se secan casi instan-
táneamente a medida que se dispersan y se mantienen en sus-
pensión en una corriente de gases calientes. Las partículas
de lodo así obtenidas, se pasan a un separador donde el lodo
seco es separado de los gases cargados de humedad. Estos lo-
dos secos pueden quemarse o utilizarse como fertilizante.

B) DISPOSICION DE LOS LODOS.

Debe darse un destino o disposición final a todos los
lodos que se produzcan en una planta de tratamiento de -
aguas negras. Los procesos de tratamiento que se han des-
crito, disminuyen su volumen o cambian sus características
con el fin de evitar su potencialidad de peligro para la -
salud, con el fin de facilitar su disposición y evacuación
de la planta.

Hay dos métodos principales para disponer de los lodos;
su disposición en agua y su disposición en tierra.

1. DISPOSICION EN AGUA. Este método es económico, pero
poco común, debido a que depende de la disponibilidad de ma-
sas de agua adecuadas que lo permitan. En algunas ciudades
de la costa los lodos se bombean a lanchones, ya sean cru-
dos o digeridos, y se llevan mar adentro para verterlos en
aguas profundas a suficiente distancia de la playa. Es ne-
cesario realizar una comparación del costo del acarreo con
la posibilidad de tratar los lodos y del aprovechamiento -

del gas producido por la digestión.

2. DISPOSICION EN TIERRA. Son tres las disposiciones de lodos en tierra.

Enterrado.- Este método se usa principalmente para lodos crudos, ya que si permanecen a la intemperie producen olores muy desagradables. Generalmente se entierran en zanjas de 0.60 a 0.90 mts de ancho y de unos 0.60 mts de profundidad, cubriéndose como mínimo por 0.40mts de tierra. Cuando se dispone de grandes superficies de terreno, el enterrado de lodos crudos es el método más económico de disponer de ellos, porque elimina el costo de un proceso de tratamiento. Sin embargo, rera vez se emplea y a un así se toma como recurso provisional debido al tamaño de la superficie que se requiere. Estos lodos permanecen en las zanjas húmedos y mal olientes durante años, de modo que un terreno que se ha usado una vez, no puede usarse nuevamente para el mismo propósito o para cualquier otro durante mucho tiempo.

Como material de relleno.- El empleo de los lodos como material de relleno se limita casi exclusivamente a los lodos digeridos, los cuales quedan a la intemperie sin producir molestias, este es uno de los métodos más empleados en la actualidad, ya que libera depresiones en donde posteriormente se construyen jardines públicos.

Como fertilizante o acondicionador de suelos.- El lodo obtenido del tratamiento de las aguas negras contiene muchos elementos esenciales para la vida vegetal, tales como nitrógeno, fósforo, potasio y otros nutrientes menores uti-

les para la vida vegetal tales como el boro, calcio, azufre etc, sin embargo es necesario controlar sus concentraciones ya que pueden ser perjudiciales debido a desechos industriales importantes.

El humus del lodo, además de proporcionar alimento a los vegetales, beneficia al suelo aumentando su capacidad de retención de agua y mejorando su calidad para el cultivo.

BIBLIOGRAFIA

- FAIR. GEYER Y OKUN. Purificación de aguas, tratamiento y remoción de aguas residuales.
Editorial Limusa.
- METCALF LEONARD Y H.P. EDDY. Tratamiento y depuración de las aguas residuales.
Editorial Graw-Hill.
- HAROLD E. BABBITT Y ROBERT BAUMANN. Alcantarillado y tratamiento de las aguas negras.
Editorial Continental, S.A.
- FRANK J. DILLARD, ASSOC, TEX, MARCEL DEKKER. Tratamiento de lodos (características de los lodos). Pollution Engineering Technology report, 1981.
- JAMES I. STEVENS, AND CHAKRA J. Métodos térmicos del tratamiento de los lodos. Pollution Engineering Technology report, 1982.
- W.A HANDENBERGH Y EDWARD B RODIE. Ingeniería sanitaria.
Editorial Continental S.A.