

300615

17
2y



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

PROYECTO EJECUTIVO PARA LA COSTRUCCION DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
EN TEJUPILCO, ESTADO DE MEXICO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :

RUBEN FAVON QUINTAL

México, D.F.

1989



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.

I N D I C E

	PAG
CAPITULO I. GENERALIDADES.	2
1.1 Introducción.	3
1.2 Bases Teóricas.	7
1.2.1 Características de Las aguas residuales.	8
1.2.2 Composición de Las aguas residuales.	13
1.2.3 Tipos de Tratamiento de Las aguas residuales.	17
1.2.4 Necesidad de Tratamiento de las aguas residuales.	43
1.2.5 Criterios para la determinación del Tratamiento.	44
CAPITULO II. EJEMPLO PRACTICO.	53
2.1 Antecedentes.	54
2.2 Análisis de Alternativas.	58
2.2.1 Dilución.	58
2.2.2 Rendimiento de la Instalaciones.	59
2.2.3 Area Disponible.	61
2.2.4 Producción de Lodo.	63
2.2.5 Costo.	65
2.2.6 Selección.	69
CAPITULO III. CALCULO DE PROYECTO.	72
3.1 Datos de proyecto.	73
3.2 Cálculos.	78
3.3 Resultados.	96
CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	120
BIBLIOGRAFIA.	128

CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCION.

Las aguas residuales son un líquido de composición variada proveniente de usos de cualquier índole, como pueden ser uso municipal, industrial, comercial, agrícola o pecuario, ya sea público o privado, y que por tal motivo sufre de una degradación en su calidad original.

La degradación de las aguas se debe a ciertas fuentes de contaminación, siendo estas cualquier actividad o proceso de origen natural o artificial que genera contaminación. Se dice que es artificial cuando ese cambio perjudicial en las características físicas, químicas y biológicas del agua es provocada por el hombre, y artificial cuando la alteración en la composición o calidad del agua no se debe al ser humano o sus actividades.

La contaminación es la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes, o combinación de ellos, que resulta nocivo a la vida, flora o fauna, o en su defecto que degrade la calidad de la atmósfera, agua, suelo o de los bienes y recursos naturales en general. Siendo este un problema grave, que el hombre está obligado a solucionar para evitar los perjuicios y trastornos a la salud humana y a los ecosistemas.

Existen varias fuentes de contaminación artificial, dependiendo del tipo de actividad donde se usa, como se mencionó con anterioridad.

El agua después de dar servicio a una población básicamente se puede disponer en tres propósitos como son: La irrigación, La disposición subsuperficial y La dilución. Pero al tener un volumen grande de aguas y desechos orgánicos, dichos métodos son poco satisfactorios, por lo que debe dársele a las aguas residuales un tratamiento antes de reusárlas para diversos fines como pueden ser riego, enfriamiento en evaporadores o en instalaciones productoras de energía.

El tratamiento de las aguas residuales es necesario debido a que contienen bacterias y otros organismos productores de enfermedades, entonces con esto se pueden proteger los medios naturales de recreo, y evitar la contaminación de las corrientes naturales.

En los procesos de tratamiento de las aguas residuales se tiene una serie de fases para disminuir gradualmente los sólidos contenidos en las aguas residuales, y esta disminución de sólidos depende del tratamiento aplicado.

En la localidad de Tejupilco se tiene un problema grave al no existir estructuras para la descarga de las aguas

residuales, lo cual ocurre directamente en el río Tejupilco y en barrancas que forman arroyos afluentes al mismo.

Debido a este problema y las necesidades actuales de la población, se ha llegado a tener que dar solución mediante un sistema recolector de las diferentes descargas que conduzca las aguas residuales a un sistema de tratamiento, de manera que no se sigan contaminando las corrientes del río Tejupilco, y dar mayor eficiencia al sistema de desagüe de las aguas residuales producidas por la localidad.

Tales tratamientos debido a la necesidad de purificar el agua, se han ido mejorando con ciertas variaciones, tanto en la calidad del agua, como en economía y espacio de las instalaciones necesarias. Actualmente se cuenta con tecnología como para purificar el agua residual, pero obviamente estos tratamientos son sumamente costosos, y por tanto incosteables como para ser utilizados en la mayoría de los casos.

Debido a los puntos antes mencionados, se realizará un anteproyecto para el tratamiento de las aguas residuales producidas por la población de Tejupilco, Edo. de México, con un punto de vista realista y objetivo, tratando de llegar a las instalaciones u requerimientos necesarios para obtener un óptimo rendimiento tomando en consideración las disposiciones

tanto económicas como de espacio con que cuenta la población. O sea, se realizará primeramente un esquema general con respecto a las características de las aguas residuales y a los métodos de tratamiento, para posteriormente enfocarnos al proyecto ejecutivo.

1.2 BASES TEORICAS

Las aguas residuales provienen de varias fuentes, como pueden ser: desechos industriales, desechos humanos y animales, desperdicios caseros, aguas pluviales, infiltraciones de aguas subterráneas, etc. Como se ve, al provenir estas de tan variados orígenes pueden tener, de igual manera, muy distintas características. Entonces, para dar un enfoque de las características de las aguas residuales, y en sí, ciertas bases teóricas, con el fin de entender la problemática que proporcionan estas aguas y la necesidad latente de transformar sus características nocivas por medio de tratamientos, de manera que no afecten la ecología del lugar donde se realice la descarga al medio ambiente natural.

1.2.1 CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales tienen características que podemos conocer aplicando análisis físicos, químicos y bacteriológicos, los cuales se mencionan a continuación:

Del análisis físico se obtiene:

a) Temperatura, varía poco con las estaciones, y con ella se puede suponer un posible contenido de descargas de cierta calidad, como pudieran ser de tipo industrial, cuando el agua tenga una temperatura superior de lo normal. Al suceder esto disminuye la viscosidad, incrementándose con esto la eficacia de la sedimentación. También, si la temperatura es inferior a lo normal puede indicar la incorporación de agua subterránea a las aguas residuales. Normalmente tiene una temperatura ligeramente mayor a la de abastecimiento.

b) Color, las aguas residuales pueden tener diferentes colores y tonos, siendo grises cuando son recientes; cuando son oscuras indica que son sépticas, o en general, la variación de color indica distinta calidad del agua residual.

c) Olor, cuando son recientes prácticamente son

inodoras; cuando tienen ciertos desechos industriales, estos denuncian su presencia con el olor, en los casos de aguas sépticas se da el olor a podrido.

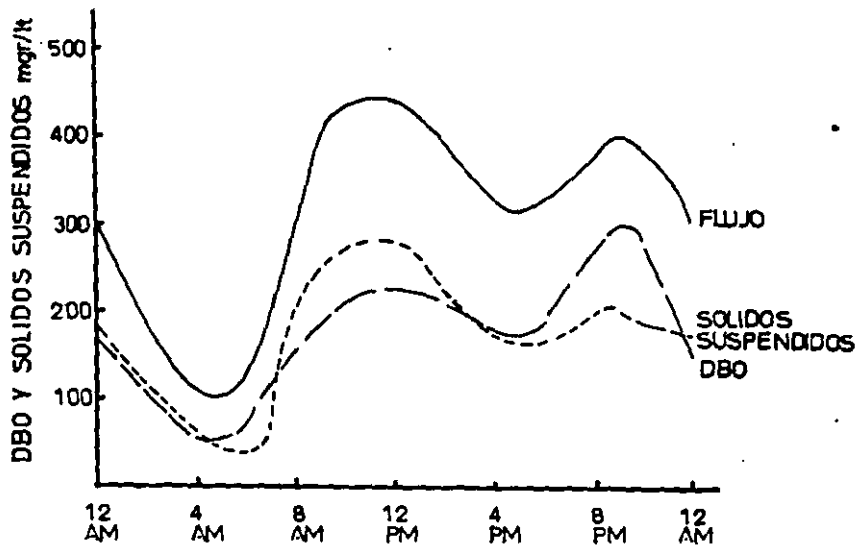
d) Turbiedad, normalmente son turbias, y a mayor turbiedad tienen mayor fuerza de concentración. En la figura no.1, se puede observar una gráfica típica de variación horaria, y se aprecia que se tienen horas pico en la concentración de las aguas residuales producto de una población en el transcurso de un día.

e) Los sólidos totales o residuos de evaporación que indican la concentración de las aguas residuales, el tratamiento necesario y su eficacia.

Análisis químico, mediante este análisis se puede obtener:

a) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), que es la cantidad de oxígeno que se necesita para estabilizar la materia orgánica contenida en las aguas residuales, por los microorganismos para un tiempo y cierta temperatura en condiciones aeróbicas.

b) Demanda química de oxígeno (DQO), es una medida del oxígeno equivalente al contenido de materia orgánica de una muestra, que es susceptible a ser oxidada por un agente



TIPICA VARIACION HORARIA EN FLUJO
Y FUERZA DE AGUA DE DESECHO
DOMESTICO.

FIG. I

químico fuerte.

c) Oxígeno disuelto (OD), es la cantidad de oxígeno disuelto en el líquido, o sea, en las aguas residuales.

d) Nitrógeno (N), se encuentra presente en las proteínas descompuestas, provenientes de los organismos vivos que mueren, convirtiéndose en nitrógeno amoniacal y amoniaco, el cual posteriormente se transforma en nitritos y después en nitratos, gracias a la actividad de las bacterias autótroficas, y completan el ciclo al ser absorbidos por plantas y organismos vivos.

e) Cloruros, son sustancias inorgánicas que se encuentran en la orina del hombre y de los animales, no se pueden disminuir por procesos biológicos o de sedimentación, sino sólo se logra por dilución de las aguas residuales.

f) Alcalinidad y acidez, las aguas residuales generalmente son alcalinas, pero estos factores en un nivel anormal indican la existencia de residuos industriales.

g) Grasas, son nocivas para ciertos tratamientos, como sucede en el caso de tratamiento por filtros, donde obstruyen los huecos del material filtrante, y en otros

tratamientos forman espuma en los depósitos corrientes.

h) Gases, principalmente los gases contenidos en las aguas residuales que interesan son el sulfuro de hidrógeno, el metano y el anhídrido carbónico. La existencia del primero indica aguas residuales alteradas y putrefacción activa en condiciones anaeróbicas. El metano es peligroso, ya que en las atarjeas al mezclarse con el aire puede provocar explosiones. El primero se determina su existencia por simple olfato y los otros dos con análisis ordinarios a los lodos de las aguas residuales.

1.2.2 COMPOSICION DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales se componen de agua, sólidos y organismos vivos, donde el agua proporciona el transporte a los sólidos y el volumen a las aguas residuales. Los sólidos pueden tener tres clasificaciones que son:

1. Sólidos totales, que son la totalidad de sólidos suspendidos y disueltos, y pueden ser orgánicos o inorgánicos. Los orgánicos son los provenientes de desechos de la vida animal y vegetal, sujetos a la descomposición por medio de las bacterias. Los inorgánicos son sustancias inertes que no tienden a descomponerse. La cantidad de ambos es lo que le da la fuerza a las aguas residuales.

2. Los sólidos suspendidos, se determinan por ser los que no pasan a través de una capa de asbesto, en un crisol de Gooch y son las arenas, polvo, arcilla, sólidos fecales, astillas de madera, partículas de alimentos y basura. Pueden subdividirse en sedimentables y coloidales o no sedimentables.

3. Sólidos disueltos, son los que si pasan por la capa filtrante de asbesto.

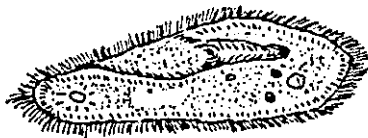
Y finalmente los organismos vivos que son una de las

razones principales por la cual se da tratamiento a las aguas residuales, son la parte viva natural de la materia orgánica, y por lo tanto los que ayudan a la descomposición de la misma. Entre estos encontramos:

a) Protistas, son el grupo más importantes de los organismos que se debe considerar, particularmente las bacterias, algas y protozoos. Debido al amplio y fundamental papel jugado por las bacterias en la descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en la naturaleza como en las plantas de tratamiento, por lo que debe conocerse sus características, funciones, metabolismo y síntesis.

Las algas son un serio problema en las aguas superficiales, ya que pueden reproducirse rápidamente cubriendo con grandes colonias de algas flotantes envalses y ríos creando así un crecimiento explosivo. Debido a que el efluente de las plantas de tratamiento es rico en nutrientes biológicos puede provocar el mencionado crecimiento explosivo, formando así lo que se denomina eutroficación.

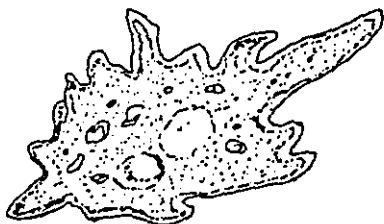
Los protozoos más importantes son las amibas, los flagelados y los ciliados libres y fijos (ver figura no. 2). Se alimentan de bacterias y de otros protistas microscópicos y son básicos en el funcionamiento de los procesos de tratamiento biológicos, debido a que mantiene un equilibrio



CILIADO NADADOR



FLAGELADO



AMIBA



CILIADO DE
TALLO

MICROORGANISMOS IMPORTANTES

natural entre los distintos grupos de microorganismos.

b) Organismos más complejos, estos actúan en la descomposición de sólidos oxigenados los cuales ingieren y producen desechos que frecuentemente son alimento para bacterias saprófitas. Son microscópicos, mayores que las bacterias y de estructura más compleja, pueden ser animales o vegetales.

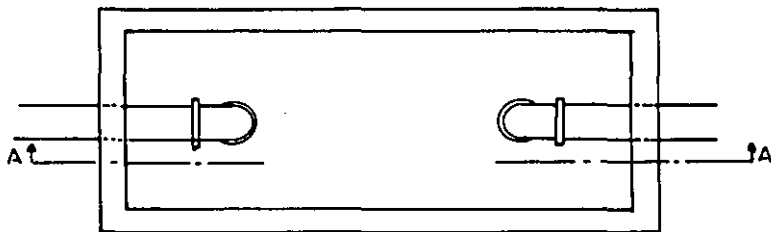
3. Organismos macroscópicos, visibles a simple vista, también influyen en la descomposición. Entre estos organismos podemos considerar a los gusanos y los insectos.

1.2.3 TIPOS DE TRATAMIENTOS DE LAS AGUAS RESIDUALES

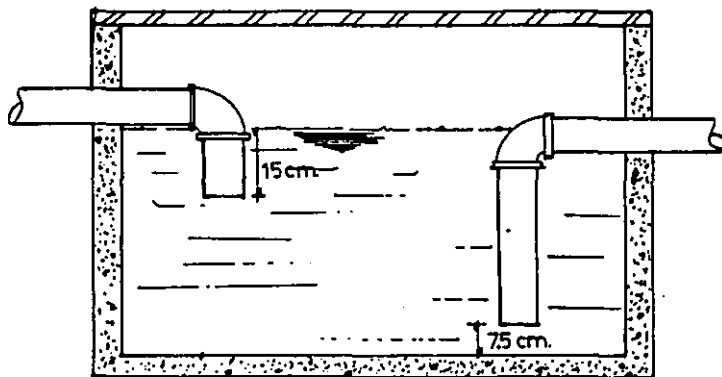
El objetivo fundamental de dar tratamiento a las aguas residuales, es de remover de ellas la mayor cantidad de materias nocivas a la naturaleza, que sea posible tanto técnica como económicamente. Para el tratamiento de las aguas residuales existen varios métodos, los cuales podemos agrupar de acuerdo a su objetivo fundamental en el siguiente orden: preliminar o pretratamiento, primario, secundario, y terciario o avanzado. Estos tratamientos dan cada uno cierto grado de calidad del agua tratada, según se requiera y para el uso que se le vaya a dar al agua. Para cada uno de estos tipos se tienen varios métodos, los cuales se describen brevemente a continuación.

A. TRATAMIENTO PRELIMINAR O PRETRATAMIENTO

Se utiliza para separar o disminuir el tamaño de los sólidos orgánicos que se encuentren flotando o suspendidos en las aguas residuales, separar los sólidos inorgánicos pesados y las cantidades excesivas de aceites y grasas (ver tanque separador de grasas en figura no. 3). Para este fin se tienen varios métodos, de los que podemos mencionar:



PLANTA



CORTE A-A

TANQUE SEPARADOR DE GRASAS

FIG. 3

a) Rejas y cribas de Barras.

Se forman por barras paralelas espaciadas, pero en sí, hay varios tipos de rejillas, como pueden ser formados por barras o por alambrados de tela metálica. Las hay de limpieza manual y automática. Los sólidos que éstas separan se eliminan enterrándolos, incinerándolos o se reduce su tamaño por medio de trituradoras o desmenuzadoras, reintegrándoles después a las aguas residuales (ver figura no. 4).

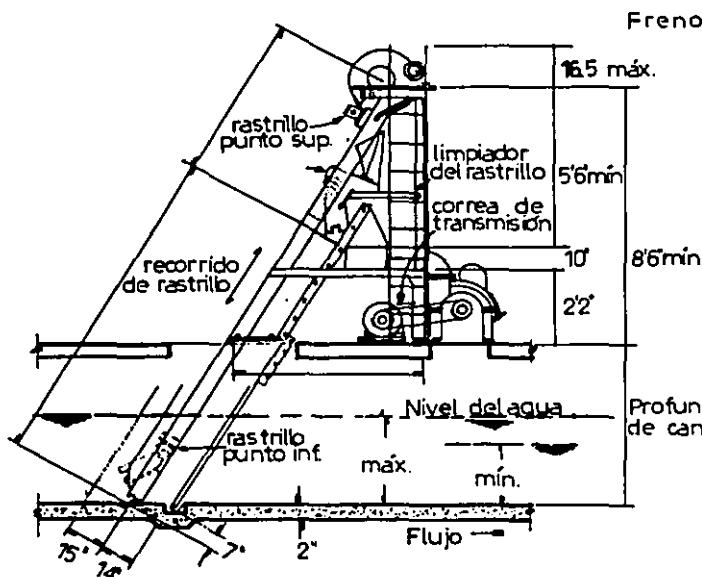
b) Cribas finas.

Consisten en dispositivos con aberturas menores a tres milímetros; pueden ser de banda, la cual es una banda sin fin perforada; y de tambor, el cual es un cilindro rotatorio perforado por el cual pasan las aguas residuales.

c) Desmenuzadores.

Entre estos se encuentran los molinos, cortadoras, y trituradores (ver figura no. 5); que rompen o cortan los sólidos hasta obtener un tamaño en el que no se corra peligro de tapar las bombas. Cuando estos se reintegran a las aguas residuales, forman espumas y hacen que se produzca una fermentación ácida en los tanques de digestión.

20



Freno de cinta

Sistema de transmisión

16.5 máx.

5'6" mín.

10'

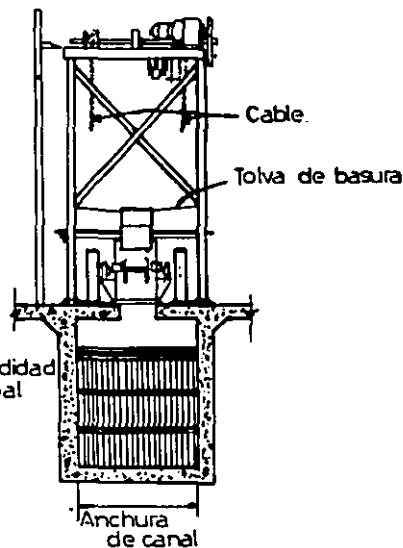
2'2"

Profundidad de canal

máx.

mín.

Flujo



Cable

Tolva de basura

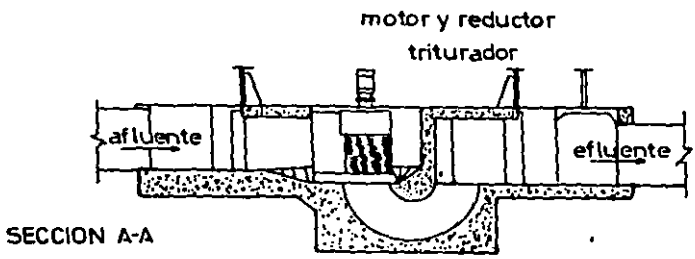
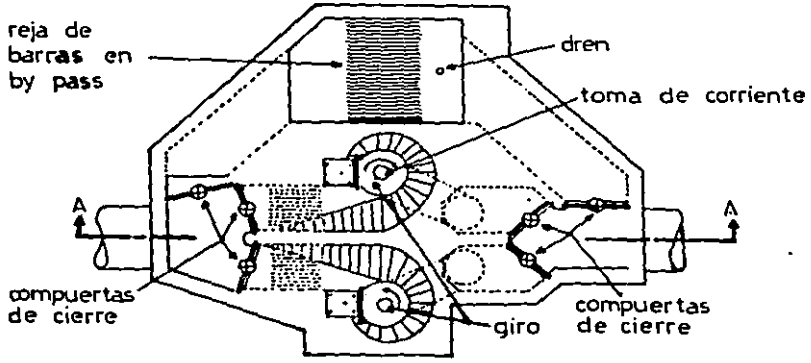
Anchura de canal

FIG. 4

VISTA LATERAL

VISTA POSTERIOR

REJA DE LIMPIEZA AUTOMÁTICA
(de link belt)



INSTALACION DE TRITURACION

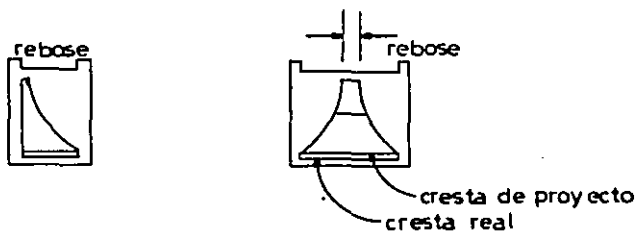
FIG. 5

d) Desarenadores.

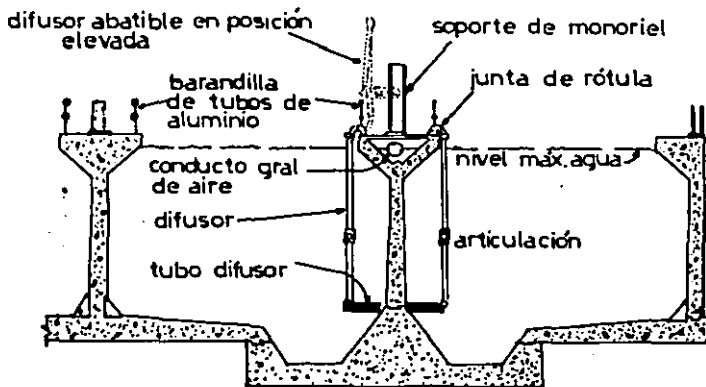
Eliminan todos los sólidos inorgánicos como arenas, cenizas o gravas que pueden dañar las bombas por abrasión u obstrucciones. Estos son tanques que regulan la velocidad, depositándose los materiales de mayor peso en el fondo al disminuir su velocidad. Para evitar una posible descomposición de la materia orgánica que contienen las arenas, se lavan primero, y se reintegran a las aguas residuales (ver figura no. 6).

e) Tanques de preaeración.

Al dar una preaeración de aguas residuales crudas antes del tratamiento primario, podemos lograr una mayor eliminación de sólidos suspendidos en los tanques de sedimentación, se ayuda a eliminar grasas y aceites de las aguas residuales, se refrescan las aguas crudas y se disminuye la DBD. Esta preaeración debe de ser por períodos de 20 minutos aproximadamente. Cuando agitamos las aguas residuales y se aerean provoca que los sólidos suspendidos más ligeros se aglomeren o floculen, asentándose más fácilmente en los tanques de sedimentación; además, también se restauran las condiciones aeróbicas en las aguas residuales sépticas, facilitando así al tratamiento subsecuente.



SECCION DE UN DESARENADOR DE FLUJO HORIZONTAL



DESARENADOR AIREADO

FIG. 6

f) Desnatadores.

Son tanques alargados con forma de canal, en los cuales se tienen períodos de retención que no deben ser mayores de tres minutos aproximadamente, puede introducirse aire por el fondo, para que de esa manera impedir el asentamiento de sólidos pesados y hace que los sólidos ligeros sean capturados por las espumas superficiales.

B. TRATAMIENTO PRIMARIO.

Es un tratamiento básicamente por medios físicos que se le da a las aguas residuales. Es un tratamiento parcial, ya que no se logran resultados tan completos como en el tratamiento secundario, pero para ciertos casos en los que las aguas requiere un tratamiento no muy fuerte o economía, es útil. Tiene como objetivo el separar o eliminar la mayoría de los sólidos suspendidos, lo cual se logra generalmente haciendo que estos se sedimenten. Hay cuatro dispositivos que se utilizan en este tratamiento y son:

a) Tanques sépticos.

Están diseñados para bajar la velocidad de las aguas residuales, y mantenerla muy baja en condiciones anaeróbicas, eliminando gran cantidad de sólidos sedimentables, en períodos de tiempo de doce a veinticuatro horas. Es un proceso biológico natural en el que las bacterias y otras formas de vida microscópicas que actúan sin oxígeno, reducen las sustancias orgánicas a formas más simples que pueden servir de alimento a formas inferiores de vida vegetal. Las fosas sépticas se componen por un tanque de escurrimiento horizontal continuo de un solo piso a través del cual se dejan fluir las aguas residuales lentamente, precipitándose la materia sedimentable al fondo, donde queda hasta que se

establece la descomposición anaeróbica, o sea, que el objeto es retener el lodo por un período en el cual pueda tener lugar la licuefacción parcial del lodo reduciendo las dificultades para evacuarlo. Su uso está limitado casi exclusivamente a viviendas e instalaciones de poco tamaño.

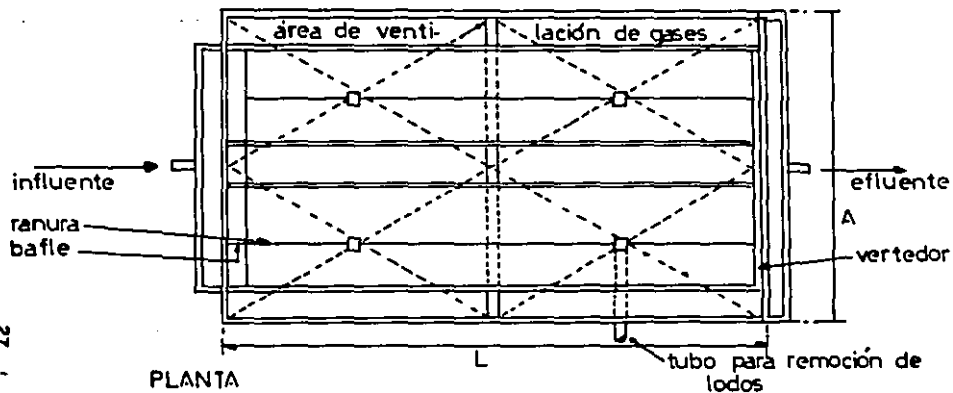
b) Tanques de doble acción.

Conocidos como tanques de Imhoff, el cual es un tanque de tres compartimentos donde se realiza la sedimentación, digestión de lodos o licuación y gasificación de los sólidos, y finalmente por la cámara de espumas los gases generados escapan a la atmósfera (ver figura no. 7). Los tanques de Imhoff son adecuados para poblaciones de 5.000 personas como máximo, ya que para poblaciones mayores la sedimentación y digestión es mucho mejor en estructuras separadas.

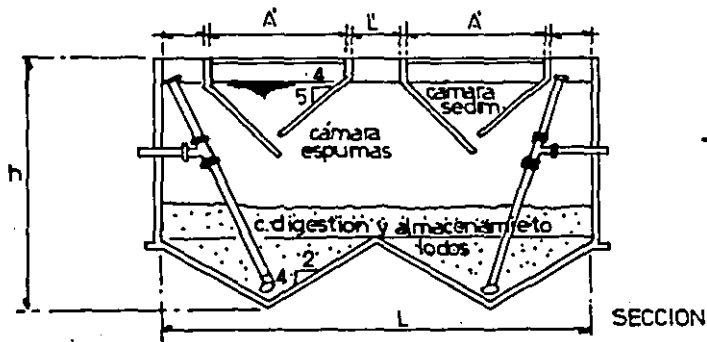
Los tanques de Imhoff tienen como eficacia, la eliminación del 40% al 60% de sólidos suspendidos y reducción de la DBD en un 25% al 35%

c) Tanques de sedimentación simple.

En estos tanques se somete a las aguas residuales a sedimentación reduciendo los sólidos sedimentables y evitando depósitos de lodos, se reduce la demanda bioquímica de oxígeno del agua de dilución, se preparan las aguas



PLANTA



TANQUE DE IMHOFF TÍPICO.

FIG. 7

residuales para un tratamiento posterior o evacuación en un volumen de agua. La sedimentación funciona al llenar y vaciar el tanque durante el tiempo en que el tanque está lleno, o también pueden funcionar en una forma continua. Todos estos tanques operan bajo el principio de recolectar los sólidos sedimentables por medio de rastras de movimiento lento que los empujan hacia el sitio de descarga. El período de retención debe ser de una a tres horas, utilizando el mayor cuando no existe tratamiento posterior y se requiere mayor eficacia. Sus dimensiones son según la cantidad de agua a tratar, pero se procura que no sean muy profundos, por planeación general de la planta de tratamiento, capacidad superficial de sedimentación y tipo de equipo. Estos tanques pueden ser de cualquier forma, como rectangulares, circulares o cuadrados, no importa, ya que lo único que se busca es reducir la velocidad del flujo.

La eficacia de estos tanques es de un 90% a un 95% de la eliminación de sólidos sedimentables, o sea, un 40% o 60% de sólidos suspendidos totales, y la DBO se disminuye de un 25% a un 35%.

d) Tratamiento químico.

Puede considerarse intermedio, ya que los resultados son mejores que los del tratamiento primario, pero no tan eficaces como los del secundario. Ya que se tienen procesos

físicos y químicos muy diferentes al proceso biológico que es la base del tratamiento secundario; se considera en el primario. Consiste en agregar reactivos a las aguas residuales produciendo así un flóculo, que es un compuesto químico insoluble que absorbe la materia sedimentable y que se deposita rápidamente. Principalmente se emplean como reactivos el sulfato de aluminio, el sulfato ferroso con cal, sulfato férrico y el cloruro férrico con o sin cal. La ventaja de este tratamiento sobre la sedimentación simple es que tiene una eliminación más rápida y completa de los materiales en suspensión; y como inconveniente se tiene la acumulación de un gran volumen de lodo necesidad de atención técnica y el costo de los productos químicos.

Como eficacia de este método se tiene la disminución de un 90% de sólidos suspendidos y hasta un 70% en la DBO.

C. TRATAMIENTO SECUNDARIO.

Se le denomina también tratamiento biológico, ya que básicamente son procesos biológicos aeróbicos que transforman la materia orgánica disuelta, en compuestos más estables y sedimentables, por medio de la oxidación.

Generalmente, debido a que al salir del tratamiento primario las aguas residuales tiene todavía materia en suspensión y dilución, es por tanto necesario un tratamiento por medio de oxidación, consiguiendo así que la materia orgánica se reduzca a formas más estables para que no continúe la descomposición anaeróbica, con su consecuente producción de olores, reduciendo también su carga bacteriana. En este proceso de oxidación se convierte al contenido de materia orgánica de las aguas residuales a formas más estables por medio de la acción de organismos vivos en presencia de oxígeno, las cuales se alimentan de la materia orgánica, y su eficiencia puede disminuir tanto por falta como por exceso de alimentación.

Para el tratamiento secundario principalmente se utilizan los métodos de filtros, lodos activados y los estanques de estabilización. Los cuales se describen a continuación:

C.1 FILTROS.

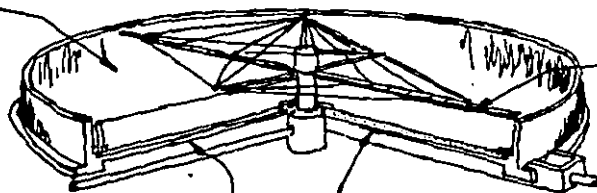
Los filtros pueden ser de escurrimiento normal, rápido y de arenas intermitentes, dependiendo de la carga hidráulica (número de lts. o metros cúbicos de agua negra aplicada por metros cuadrados o ha. por día) y de la carga orgánica (cantidad de kg. de DBD. por metro cúbico de medio filtrante), de los cuales se tiene una breve descripción a continuación:

a) Filtros de escurrimiento normal. Operan con cargas hidráulicas de 1.0 a 4.0 m³/m²/día, con carga orgánica de 0.08 a 0.40 kg/m³ de medio filtrante por día (ver figura no. 8). Aplicando las aguas residuales intermitentemente, compuesta por un material filtrante en donde se distribuyen las aguas residuales, después, éstas gotean por el filtro que está en contacto con el aire.

Hay tres fases para el tratamiento de aguas residuales en un filtro, que son: tratamiento primario, filtración y sedimentación.

Los filtros básicamente se componen de las siguientes partes:

material
filtrante



distribuidor

solera de
filtro

drenajes

FIG. 8

SECCION DE UN FILTRO PERCOLADOR
(DE DOOR OLIVER)

- i) Medio filtrante o lecho, sirve para dar una gran superficie sobre la cual puedan formarse los grumos y película gelatinosa que producen las bacterias, y además para dejar suficientes huecos que permitan la circulación del aire por todo el filtro.
- ii) Sistema recolector. Tiene dos propósitos que son, el retirar las aguas residuales que van pasando a través del filtro y dar ventilación al filtro, para mantenerlo en condiciones aeróbicas.
- iii) Mecanismo distribuidor de aguas residuales sobre la superficie del lecho, para el cual se utilizan aspersores fijos giratorios.

El líquido que sale de un filtro de escurrimiento normal es oscuro, inodoro y rico en materia en suspensión visible.

b) Filtros de escurrimiento rápido. Son similares en diseño al normal, pero sus cargas varían, se tienen cargas hidráulicas de 8 a 40 m³/m²/día y carga orgánica de 0.4 a 0.8 kg/m³. Una característica es la aplicación continua de la dosis, indispensable para el funcionamiento, ya que de esta manera la materia orgánica acumulada puede ser arrastrada de un modo continuo. Entre estos filtros se tienen: el biofiltro, filtro acelerado, aerofiltro, entre otros.

c) Filtros de arena intermitentes. Es una superficie formada por material finamente granulado, en donde se aplican las aguas residuales en forma intermitente, recogién dose el líquido por medio de drenes inferiores. La calidad del líquido que sale de este filtro no requiere tratamiento posterior, a menos que se trate de cloración, ya que da un efluente transparente y cristalino, casi completamente oxidado y nitrificado, sin sólidos suspendidos precedentes de aguas residuales crudas. Este tratamiento es superior a otros tratamientos secundarios, pero tiene el inconveniente de que se requieren superficies de arena y costos de construcción elevados, por lo que se limitan a volúmenes pequeños de aguas residuales o cuando se requiere una alta calidad del efluente.

C.2 LODOS ACTIVADOS.

Consiste en la aereación de aguas residuales las cuales han sido sometidas a algún tratamiento primario para posteriormente mezclarlas con el 15%, o más de su volumen con lodo líquido bacteriológicamente activado (a lo que se llama licor mezclado). El lodo activado es el lodo sedimentado de aguas residuales, agitadas previamente en la presencia de una cantidad abundante de oxígeno atmosférico. Estos lodos

activados tienen organismos vivos que pueden absorber la materia orgánica incluyendo el amoniaco de las aguas residuales.

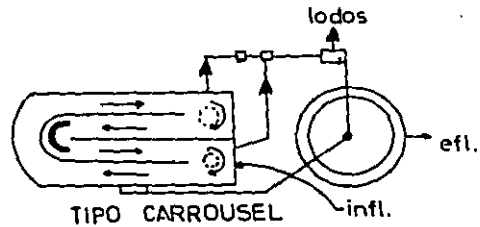
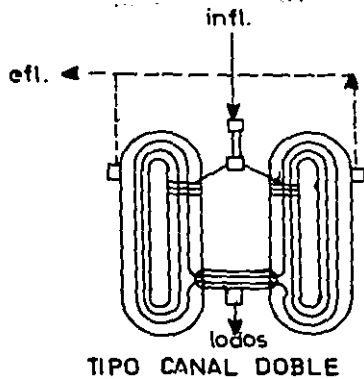
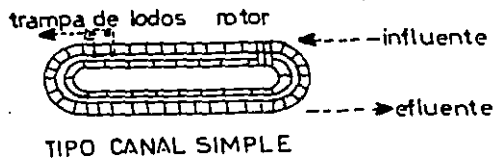
Los organismos biológicos se alimentan de los materiales absorbidos convirtiéndolos en sólidos insolubles no putrescibles, esto en forma gradual; o sea, algunas bacterias atacan a sustancias complejas originales, produciendo compuestos más simples como desechos, los cuales a su vez son utilizados por otras bacterias produciendo compuestos aún más simples, y así sucesivamente hasta que los productos finales carecen de cantidades apreciables de materia orgánica.

Las plantas que utilizan el método de lodos activados ocupan un menor espacio y por lo tanto una menor inversión inicial en el terreno, y al ser altamente mecanizada requiere de personal técnicamente preparado.

Todo este proceso consta de las siguientes etapas:

1. Mezclado de los lodos activados con las aguas residuales, en la cual la cantidad de lodos activados varía del 15% al 20% del volumen de aguas residuales.

2. Rereacción y agitación del licor mezclado durante el tiempo que sea necesario, consiguiendo así la disminución de la DBO. Esto se logra, ya sea forzando aire comprimido a través de las aguas residuales, por medio de impulsores que agitan las aguas durante un tiempo de 2 a 8 hrs., dependiendo del grado de tratamiento deseado, o en muchos casos se utilizan las zanjas de oxidación (ver figura no.9).
3. Separación de los lodos del licor mezclado, por medio de tanques de sedimentación secundaria o final, recirculando parte de los lodos y eliminando el exceso de los mismos antes de que pierda su actividad por la muerte de los organismos aerobios por falta de oxígeno en el fondo del tanque.
4. Recirculación de la cantidad adecuada de lodos activados para mezclarlos con aguas residuales, variando la cantidad de lodos recirculados de 10% a 50% del volumen de aguas residuales a tratar.
5. Tratamiento y disposición del exceso de lodos activados, para esto, comunmente se bombea el exceso de lodos al extremo del influente del tanque de sedimentación primaria, depositándose junto con los sólidos de las aguas residuales crudas. Se sedimentan rápidamente arrastrando a los sólidos no



ZANJAS DE OXIDACION

sedimentables de las aguas residuales, disminuyendo así la carga de sólidos y materia orgánica en el tanque de aereación.

Para llevar a cabo los pasos anteriores, existen diversas variaciones con el fin de lograr diferentes condiciones, dichas variaciones pueden ser: aereación escalonada, aereación graduada, aereación modificada, aereación activada, estabilización por contacto y digestión aeróbica. Tales modificaciones al proceso tratan de mejorar la eficiencia y economía de las plantas de tratamiento.

C.3 LAGUNAS DE ESTABILIZACION.

Estas lagunas reciben diversos nombres como pueden ser lagunas de oxidación, lagunas de aguas residuales, estanques de oxidación, etc. El nombre oxidación utilizado se debe a la importancia del oxígeno en el proceso estabilizador de la materia orgánica, pero debido a que al mismo tiempo se tienen otros procesos de igual importancia, como la reducción, se sugiere como más propio el nombre de Lagunas de Estabilización.

Estas lagunas se utilizaron en un principio en zonas en las que prevalece el clima caluroso y los días son soleados,

pero se ha observado que operan satisfactoriamente en climas fríos y nublados.

Es un método de tratamiento sencillo y eficiente, debido a que las aguas residuales crudas del sistema de recolección descargan en un receptáculo de poca profundidad, quedando sujetas al mismo proceso de oxidación que hay en lagos y arroyos (por lo cual vemos que es tan antiguo como la naturaleza misma), con las ventajas de velocidad incrementada por medio del control que tenemos de las condiciones, como son la acción de la luz solar, del aire y de los microorganismos.

Esto es, primero la materia carbonosa de las aguas residuales se desintegra gracias a los organismos aerobios, con ésto se forma el bióxido de carbono que utilizan los vegetales, como las algas, en su proceso de fotosíntesis; de manera que el oxígeno del bióxido de carbono se libera y se disuelve en el líquido en el que crecen las algas. O sea, que la materia orgánica es convertida en células de nuevas algas que contienen cíclicamente el proceso de degradación, pudiendo descargarse al efluente las aguas receptoras.

Este sistema retiene las aguas residuales en la laguna hasta satisfacer la reducción de la DBD., descargando posteriormente en arroyos locales. Los sólidos van asentándose en la laguna, siendo esta acumulación muy lenta,

por lo que, si se diseña correctamente permite un uso eficiente durante muchos años.

Por razones de economía y eficiencia las profundidades varían de 0.60 a 1.80 m., a poca profundidad se evita el crecimiento de vegetación en el fondo, y a mucha profundidad es necesario mucha luz solar para que los rayos penetren al fondo de la laguna.

El período mínimo de retención es de 60 a 90 días, pudiéndose reducir en zonas tropicales de 20 a 25 días, esto con el fin de estimular la reducción de la DBD, de manera que permita descargar el efluente a un río, arroyo o a un sistema de riego.

Estas lagunas deben localizarse como mínimo a unos 500 metros de las zonas habitacionales y su trazo debe proyectarse de manera que los vientos dominantes no sean sobre la línea de corriente, para evitar el retardar el flujo.

Hay cuatro formas, en las que pueden trabajar:

1. Lagunas Aeróbicas Naturales.

En estas lagunas las sustancias degradables suspendidas y disueltas se estabilizan por la presencia de organismos aeróbicos, que se abastecen de oxígeno producido por la

fotosíntesis de las algas y algunas veces con el soporte de aereación, su profundidad mínima es de 60 cm. para control de la vegetación y máxima de 90 cm. para permitir que el sol penetre en el agua y las algas desarrollen su proceso natural de fotosíntesis. La carga biológica que acepta es de 60 kg. de DBD/ha/día.

2. Lagunas Anaeróbicas Naturales.

La materia orgánica que se sedimenta está sujeta a las bacterias que actúan en ausencia del oxígeno y de la luz. Tienen una profundidad mínima de 1.5 m. y de carga biológica 450 kg. de DBD/ha/día. El efluente no debe vertirse en ninguna corriente de agua natural.

3. Lagunas Facultativas Naturales.

En este método se depuran las aguas residuales por medio de un proceso biológico mixto, en el fondo la actividad es anaeróbica, pero en la parte superficial se efectúa en forma aeróbica. Las profundidades pueden variar de 1.2 a 1.5 metros con carga de 85 kg. de DBD/ha/día.

4. Lagunas Mecánicamente Aereadas.

Son lagunas en donde el oxígeno requerido es transferido al agua residual mediante aereadores mecánicos superficiales o difusores; de mayor uso los aereadores mecánicos.

Básicamente existen dos tipos de lagunas aereadas: Las aerobias, también llamadas de mezcla completa, las cuales son diseñadas con niveles de potencia en los aereadores suficientes para mantener en suspensión todos los sólidos y también dar oxígeno disuelto a todo el volumen del agua de la laguna. Y lagunas facultativas, las cuales son diseñadas con niveles de potencia suficientes para cubrir únicamente con los requerimientos de oxígeno en todo el volumen. En este segundo caso los sólidos no son mantenidos en suspensión, sino que se sedimentan al fondo de la laguna descomponiéndose ahí anaeróbicamente.

Generalmente, las lagunas aerobias son diseñadas para operar con bajos tiempos de retención (de tres a diez días), y las lagunas facultativas por el contrario, son generalmente diseñadas para tiempos de retención mayores (de siete a veinte días). Aunque esto depende en mucho del tamaño de la laguna.

El conocimiento de los aeradores mecánicos es un punto importante para el diseño y selección de las lagunas aeradas mecánicamente.

1.2.4 NECESIDADES DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.

El tratamiento de las aguas residuales es un proceso que, en los últimos años se le ha venido dando mayor importancia con las campañas contra la contaminación del medio ambiente. Es un proceso de suma importancia, ya que elimina las características dañinas de los desechos, tanto domésticos como industriales, y permite preservar la ecología del lugar, controlando el grado de degradación del agua residual producido de la población, a niveles aceptables por el lugar donde se desechan.

Como se puede apreciar en los incisos anteriores, las características de las aguas residuales pueden ser de varios orígenes y con calidades muy variadas, pero estas características deben ser controladas de manera eficiente, para el bienestar tanto del medio ambiente como de los habitantes circunvecinos a la zona de descarga. Además, que el daño causado por estos desechos es perjudicial al largo plazo para la totalidad de la población, por lo que se debe prever antes de que cause un daño irreparable.

1.2.5 CRITERIOS PARA LA DETERMINACION DEL TRATAMIENTO.

Para la elección de un proceso de tratamiento de aguas residuales se tienen varios criterios a considerar, para lo cual, se debe realizar un análisis de ciertas condiciones, como son:

Dilución.

Rendimiento de las instalaciones.

Area disponible.

Producción de lodo.

Costo.

A. DILUCION.

Se considera la más importante y a veces única para determinar el tratamiento a seguir. Si la cantidad de agua disponible para la dilución es poca, el tratamiento deberá ser mucho más completo.

A continuación se ordenan los tratamientos de acuerdo a la necesidad de dilución de sus efluentes de mayor a menor eficiencia:

- cámaras desarenadoras
- cribas gruesas
- cribas finas
- fosas sépticas
- sedimentación
- tanques de Imhoff
- cloración
- precipitación química
- lechos de contacto
- filtros de acción rápida
- aereadores de contacto
- activación de lodo
- filtros intermitentes de arena
- riego por inundación

B. RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES.

Este se determina al ver la eficacia de las instalaciones para reducir la DBO y los sólidos en suspensión, y para limitar la presencia de ambos en el efluente.

Según los límites de rendimiento relativos de las operaciones, los tenemos de acuerdo a la tabla no. 1.

T A B L A N O . 1

PROCESO DE TRATAMIENTO	DBO A 5 DIAS 20°C (%)	REMOCIÓN DE SÓLIDOS EN SUSPEN. (%)	BACTERIAS	DQO
- Cribado fino	5-10	2-20	10-20	5-10
- Cloración de aguas negras crudas o sedimentadas.	15-30	-----	90-95	-----
- Sedimentación simple	25-40	40-70	25-75	20-35
- Precipitación química	50-58	70-90	40-80	40-70
- Filtración por filtros rociadores, precedida y seguida por sedimentación simple.	50-95	50-92	90-95	50-80
- Tratamientos con lodos activados precedidos y seguidos por sed. simple	55-95	55-95	90-98	50-80
- Lagunas de estabilización.	90-95	85-95	95-98	70-80
- Cloración de aguas negras tratadas biológicamente.	-----	-----	98-99	-----

C. AREA DISPONIBLE.

Es determinante el tener el área suficiente para la instalación de la planta, ya que cada proceso tiene cierta capacidad de tratamiento por área ocupada por la planta, y considerando una población rural en la cual el valor del terreno es sustancialmente económico, tenemos que el terreno no se considera relevante y mientras menos área ocupe la planta más alto será el costo de las instalaciones para el proceso. A continuación se tiene la tabla no. 2, que muestra algunos tratamientos con sus necesidades aproximadas de espacio:

TABLA No. 2

P R O C E S O	NUMERO DE PERSONAS/ha.
- Almacenamiento en tanques	750
- Filtros intermitentes de arena	3,750
- Lagunas de estabilización naturales	25,000
- Lagunas de estabilización aereadas mecánicamente	40,000
- Filtros de escurrimiento ordinario	93,750
- Activación del lodo	741,000
- Filtros de escurrimiento de alta capacidad.	1,235,500

Fuente: Manual Plantas de Tratamiento SEDUE 1985

D. PRODUCCION DEL LODO.

El volumen de lodo, Las dificultades para evacuarlo y el costo de su preparación, son factores importantes al elegir un método para el tratamiento de las aguas residuales. A continuación se da la tabla no. 3, que indica las cantidades y calidades de lodo producidas en diferentes procesos.

TABLA No. 3

PROCESO	% HUMEDAD	Lt/millón Lt.	PROM.DE SOLIDOS SECOS KG/peri /día	% DE MATERIA ORGANICA
- Sedimentación simple con frecuente agitación del lodo bajo la superficie.	97.5	4,868	0.06	70.5
- Sedimentación simple en un clarificador.	95	2,434	----	----
- Tanque de Imhoff - bien digerido.	90	899	----	----
- Filtro de escurrimiento, numus.	93	749	----	----
- Precipitación química.	93	5,243	0.27	46.0
- Lodo activado.	98-99	18,720	0.10	64.5
- Fosa séptica.	93	1,872	----	----

Fuente: Manual de Plantas de Tratamiento SEDUE

E. COSTO.

Para poder hacer una comparación de los costos de los diversos procesos de tratamiento de aguas residuales, se debe tomar en cuenta: el costo de inversión inicial, costo de operación y mantenimiento, y costo de amortización. Para la amortización es difícil de estimar, ya que casi todas las instalaciones quedan obsoletas antes de que termine su vida útil, por lo que las comparaciones de costos se basan principalmente en costos de instalación inicial y de operación.

Los aspectos económicos juegan un papel muy importante para la selección de uno de los distintos procesos y de las distintas unidades que pueden constituir una planta. Por esto, se han realizado estudios completos para dar ciertos parámetros de costo, los cuales se pueden calcular aproximados a partir de fórmulas. Para facilitar esta labor SEDUE ha elaborado tablas que muestran los costos, tanto de inversión inicial como de operación, para ciertos procesos de tratamiento de agua residual, los cuales se pueden tomar para la selección de un proyecto, estas se muestran a continuación (tablas no. 4, 5, 6).

TABLA No. 4

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL TRATAMIENTO DE
RESIDUOS LIQUIDOS POR MILLON-GALONES-DIA-ANO

TIPO DE PLANTA	CAPACIDAD DE LA PLANTA EN MGD (LTS/SEG)		
	0.1 (438.13)	1.0 (4,381.25)	10.0 (43,812.50)
PRIMARIA	23,300	10,700	6,700
carga hid std	71,600	10,600	5,100
FILTRO ROCIADOR			
carga hid alta	40,000	13,500	7,500
LODOS ACTIVADOS	53,400	21,500	12,100
LAGUNAS NATURALES	8,500	5,800	- - - -
LAGUNAS AEREADAS MEC.	12,000	8,900	- - - -

US dólares 1969

Fuente: Departamento de Ingeniería Sanitaria SEDUE.

TABLA No. 5

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO PARA LOCALIDADES DE
DIFERENTE TAMAÑO (POR AÑO)

• COSTOS PER CAPITA (US DOLARES) •

NO. HABITANTES	LAGUNAS	PRIMARIO	FILTROS BIOLÓGICOS		Lodos ACTIV.
			ALTA	BAJA	
1,000	1.00	7.00	8.00	4.80	7.50
10,000	0.60	3.50	4.00	4.00	5.40
50,000	0.41	2.00	2.50	- - -	4.00
100,000	0.36	1.60	2.00	- - -	3.55
500,000	0.25	0.90	1.25	- - -	2.70
1,000,000	0.21	0.70	1.00	- - -	2.40

Fuente: Departamento de Ingeniería Sanitaria SEDUE.

TABLA No. 6

COSTOS DE CONSTRUCCION DEL TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES POR MILLON-GALON-DIA-ANO

TIPO DE TRATAMIENTO	CAPACIDAD DE DISEÑO EN MGD (LTS/SEG)		
	0.1 (438.13)	1.0 (4,381.25)	10.0 (43,812.25)
Primario	700,000	350,000	180,000
Filtro Rociador	950,000	500,000	300,000
Lodos Activados	800,000	550,000	320,000
Lagunas de Estabilización	350,000	155,000	- - -
Lag. Mecánic. Aereadas	405,000	210,000	- - -

US dólares 1967

Fuente: Departamento de Ingeniería Sanitaria SEDUE.

CAPITULO II. EJEMPLO PRACTICO.

2.1 ANTECEDENTES

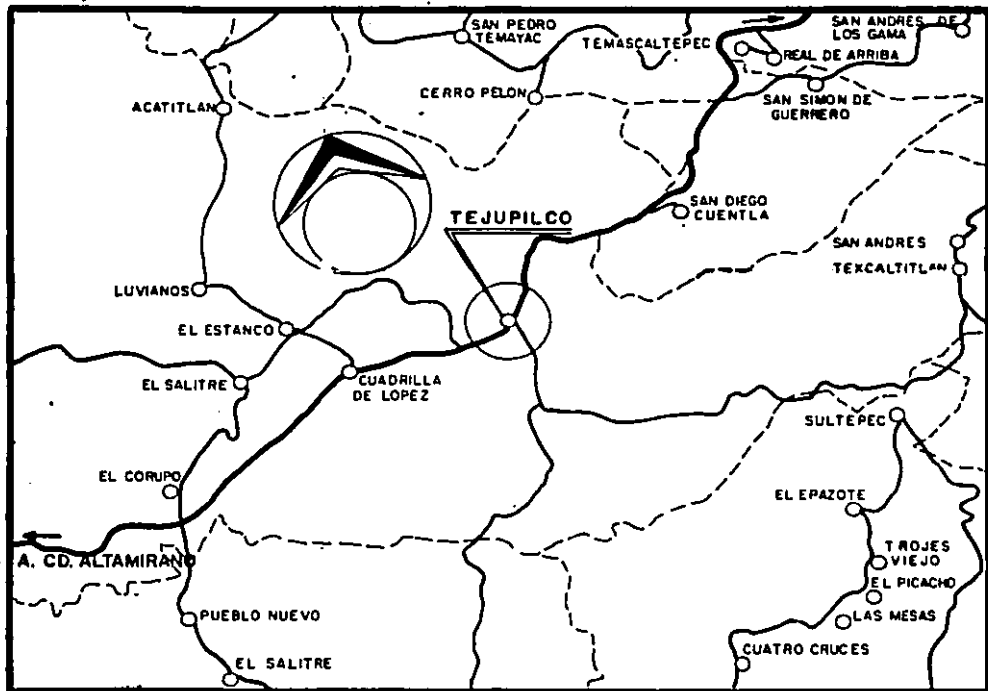
La localidad de Tejupilco de Hidalgo pertenece al municipio de Tejupilco, localizado en el extremo suroeste del Estado de México (ver figs. 10 y 11). A una altura sobre el nivel del mar de 1330 m, limita al norte con los municipios de Otzoloapan, Zacazonapan, Valle de Bravo y Amanalco. Al oeste con el municipio de Zinacantepec y los municipios de Coatepec de Marinas, Texcatitlán y Sultepec. Al sur con el estado de Guerrero y al oeste con éste mismo y el estado de Michoacán.

En general la topografía es sumamente abrupta, ya que el 68% de la superficie de la región es accidentada, el 23% se conforma de terrenos semiplanos y sólo el 9% de la superficie cuenta con terrenos planos.

Hidrologicamente se ubica casi totalmente en la cuenca del Río Balsas.

El crecimiento demográfico tiene una tendencia general media alta. De 1960 a 1970 su incremento fué bajo, debido a la falta de comunicación adecuada con el resto del estado. A partir de 1975 se incrementó, con la pavimentación de la carretera Toluca-Tejupilco, por lo cual ha sufrido un

FIG. 10



CROQUIS DE LOCALIZACION

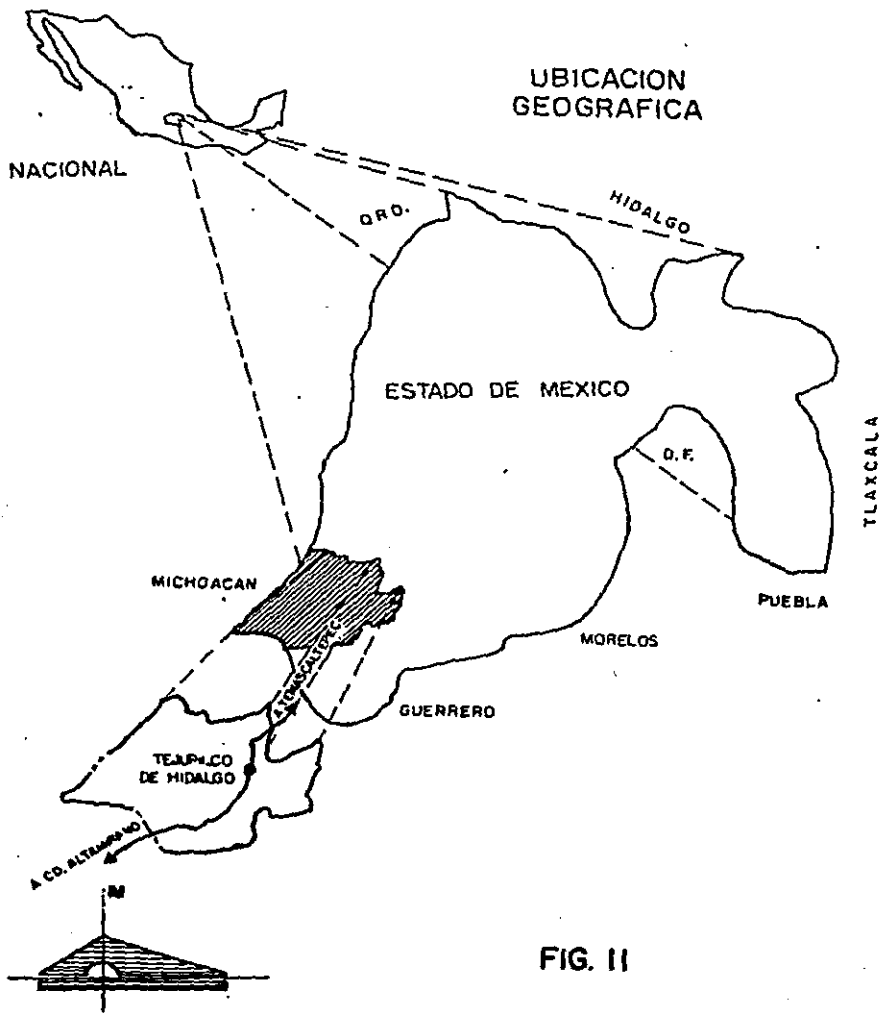


FIG. II

crecimiento mayor de población, además de la inmigración que ha sufrido el municipio en sí. Para 1990, debido al impulso que recibe el municipio de Tejupilco, destacándose la población de Tejupilco de Hidalgo, se espera que el crecimiento poblacional sea aún mayor que en el decenio 1970-1980. Para el año 2000, se tendrá que estabilizar y lograr una leve reducción en la tasa de crecimiento.

Además, existen otros problemas de servicios que afectan a la localidad, pero principalmente es la contaminación del río tejupilco, debido a las descargas domésticas sin un tratamiento previo, que se vierten en el cauce de dicho río. El servicio de drenaje en toda la población es deficiente o nulo.

Además, existen otros problemas como la deficiencia de transporte en general, falta de educación media superior, falta de recolección de basura. Y el resultado de toda esta falta de servicios y educación, tanto escolar como de conciencia cívica popular, es la contaminación ambiental de la zona y principalmente del río tejupilco.

2.2 ANALISIS DE ALTERNATIVAS

Para el desarrollo de un proyecto ejecutivo se debe realizar primeramente un análisis de las diferentes alternativas, el cual es un estudio del tipo de proceso de tratamiento que más se adecúe a las necesidades, tanto de la población como de la disposición económica con la que cuenta el municipio. Lo cual lleva a una serie de restricciones que en este caso son los parámetros a seguir para poder determinar la planta de tratamiento óptima para la población de Tejupilco de Hidalgo.

A continuación se seguirán los pasos enunciados en el capítulo primero, de manera que se puedan estudiar los puntos esenciales uno por uno, definiendo así su importancia en este caso y llegar a un proceso definitivo.

2.2.1 Dilución.

Actualmente en Tejupilco se realiza la descarga del drenaje directamente al río que pasa por la población, y

lleva su mismo nombre. Se tiene en mente que al dar tratamiento al agua, la mejor solución es dar salida a éstas, encauzándolas a ese mismo destino. Debido a esta circunstancia, se tiene un volumen de agua natural que ayuda a diluir la descarga de la población. Estableciendo que, con sólo mantener la descarga con una DBO₅ menor a 60 mgr/lit, será suficiente para no contaminar el río, al diluir en este el efluente de la planta de tratamiento.

2.2.2 Rendimiento de las Instalaciones.

Considerando que la fuerza de la descarga de la población es media, gracias a un estudio de laboratorio realizado sobre una muestra de las aguas. El contenido de estas aguas es doméstico en su totalidad, y los requerimientos por dilución no exigen mucho, con sólo dar una eficiencia del 80% se podrá cubrir fácilmente la necesidad de dilución.

$$270 (1 - 0.80) = 54.00 \text{ mgr/lit}$$

Como se podrá ver en la tabla no.1A, esta eficiencia la pueden dar varios procesos de tratamiento, por lo que la dilución no es un parámetro determinante para definir el proceso a utilizar.

TABLA No. 1A

RENDIMIENTO DE LOS PROCESOS

PROCESO DE TRATAMIENTO	DBO A 5 DIAS 20°C (%)	REMOCIÓN DE SÓLIDOS EN SUSPEN. (%)	BACTERIAS	DQO
- Cribado fino	5-10	2-20	10-20	5-10
- Cloración de aguas negras crudas o sedimentadas.	15-30	-----	90-95	-----
- Sedimentación simple	25-40	40-70	25-75	20-35
- Precipitación química	50-58	70-90	40-80	40-70
- Filtración por filtros rociadores, precedida y seguida por sedimentación simple.	50-95	50-92	90-95	50-80 ✓
- Tratamientos con lodos activados precedidos y seguidos por sed.simple	55-95	55-95	90-98	50-80 ✓
- Lagunas de estabilización.	90-95	85-95	95-98	70-80 ✓
- Cloración de aguas negras tratadas biológicamente.	-----	-----	98-99	-----

Fuente: Manual Plantas de Tratamiento SEDUE.

2.2.3 Area del Lugar.

Debido a que el lugar ya fué definido y dado por el municipio, este punto es una gran restricción, ya que sólo contamos con 2 Hectáreas para la construcción total de la planta de tratamiento. Esto, como se puede observar en la tabla no. 2A, limita varios tratamientos siendo un punto muy importante a considerar en la selección definitiva.

Aunque el lugar tiene la desventaja de estar preestablecida, y además ser de dimensiones reducidas; tiene varias ventajas propias a mencionar, ya que no sólo por esa limitante se va a desperdiciar el lugar que se tiene, y con el cual los costos de inversión inicial se reducen en un rubro tan importante como la adquisición del terreno.

Es conveniente el poder evaluar cualitativamente el terreno, a lo cual cuenta con varias ventajas, como son:

a) Aunque la zona tiene una topografía abrupta casi en su totalidad, el terreno disponible es sensiblemente plano, por lo que tampoco se tendrá que invertir mucho en los movimientos de tierras.

b) Es relativamente fácil entubar las descargas de la población mediante un emisor principal y así encauzar la descarga directamente a la planta, sin representar ésto un costo adicional al de las instalaciones, ya que la última

TABLA No. 2A

CAPACIDAD DE LOS PROCESOS

P R O C E S O	NUMERO DE PERSONAS/ha.
- Almacenamiento en tanques	750
- Filtros intermitentes de arena	3,750
- Lagunas de estabilización naturales	25,000 NO
- Lagunas de estabilización aeradas mecánicamente	40,000 OK
- Filtros de escurrimiento ordinario	33,750 OK
- Activación del lodo	741,000 OK
- Filtros de escurrimiento de alta capacidad.	1,235,500 OK

Fuente: Manual de Plantas de Tratamiento SEDUE.

descarga actual se encuentra muy cerca del lugar.

c) El río tejupilco pasa por un costado del terreno, quedando así prácticamente una descarga directa de la planta. El terreno se encuentra en las afueras del poblado.

d) Se tiene acceso fácil, tanto para su construcción como para su mantenimiento posterior.

e) Los vientos predominantes impiden que en determinado momento los malos olores, que puedan existir, no sean dirigidos a la población.

Analizando cualitativamente las ventajas principales con que cuenta el lugar disponible, es fácil comprobar que el cambiar de terreno sería contraproducente tanto cualitativa como económicamente; sobretodo en la inversión inicial, con lo cual la tasa interna de retorno de la inversión se incrementa en forma importante.

2.2.4 Producción de Lodo.

En lo que corresponde a producción de lodo, en determinado momento conviene utilizar el proceso que produzca menos lodos, de manera que no incremente el costo de mantenimiento. Pero se tiene la capacidad de desalojar grandes volúmenes de lodo, por lo cual éste tampoco es un factor determinante para la selección del proceso. Para este punto contamos con la tabla no. 3A.

TABLA No. 3A

PRODUCCION DE LUDOS

PROCESO	% HUMEDAD	lt/millon lt.	PROM.DE KG/perí /día	SOLIDOS SECOS % DE MATERIA ORGANICA
- Sedimentación simple con frecuente agita- cion del lodo bajo la superficie.	97.5	4,850	0.06	70.5
- Sedimentación simple en un clarificador.	95	2,434	----	---- OK
- Tanque de Imhoff - bien digerido.	90	899	----	---- OK
- Filtro de escurri- miento, humus.	93	749	----	---- OK
- Precipitación quími- ca.	93	5,243	0.27	46.0
- Lodo activado.	98-99	18,720	0.10	64.5
- Fosa séptica.	93	1,872	----	---- OK

Fuente Manual de Plantas de Tratamiento SEDUE.

2.2.5 Costo.

Actualmente se tienen problemas muy grandes para el destino de presupuesto por parte de los estados, esto debido a la gran demanda por parte de poblaciones para la construcción de infraestructura de cualquier índole. Esta planta de tratamiento no es la excepción, siendo este punto el más importante a considerar para la selección del proceso. Para evaluar el costo se debe comprobar tanto el costo inicial como el de operación y mantenimiento, para lo cual SEDUE ha elaborado una serie de tablas donde se comparan los costos estimados para las diferentes plantas o procesos más utilizados, considerando varias capacidades de tratamiento (ver tablas # 4A, 5A y 6A), pero como existe una gran diferencia en cada uno de los procesos es relativamente sencillo seleccionar el proceso más económico para cada caso, lo cual nos da un marco de referencia muy aproximado para situaciones de características similares.

TABLA No. 4A

COSTOS DE CONSTRUCCION DEL TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES POR MILLON-GALON-DIA-ANO

TIPO DE TRATAMIENTO	CAPACIDAD DE DISEÑO EN MGD (LTS/SEG)		
	0.1 (438.13)	1.0 (4,381.25)	10.0 (43,812.50)
Primario	700,000	350,000	180,000
Filtro Rociador	950,000	500,000	300,000
Lodos Activados	800,000	550,000	320,000
Lagunas de Estabilización	350,000	155,000	- - - ✓
Lag. Mecánic. Aereadas	405,000	210,000	- - - ✓

US dólares 1967

Fuente: Departamento de Ingeniería Sanitaria SEDUE.

TABLA No. 56

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO PARA LOCALIDADES DE
DIFERENTE TAMAÑO (POR AÑO)

• COSTOS PER CAPITA (US DOLARES) •

NO. HABITANTES	LAGUNAS	PRIMARIO	FILTROS BIOLÓGICOS		Lodos ACTIV.
			ALTA	BAJA	
1,000	1.00	7.00	8.00	4.80	7.50
10,000	0.60	3.50	4.00	4.00	5.40
50,000	0.41	2.00	2.50	- - -	4.00
100,000	0.36	1.60	2.00	- - -	3.55
500,000	0.25	0.90	1.25	- - -	2.70
1,000,000	0.21	0.70	1.00	- - -	2.40

OK

Fuente: Departamento de Ingeniería Sanitaria SEDUE.

TABLA No. 6A

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL TRATAMIENTO DE
RESIDUOS LIQUIDOS POR MILLON-GALONES-DIA-ANO

TIPO DE PLANTA	CAPACIDAD DE LA PLANTA EN MGD (LTS/SEG)		
	0.1 (438.13)	1.0 (4,381.25)	10.0 (43,812.50)
PRIMARIA	23,300	10,700	5,700
carga hid std	71,600	10,600	5,100
FILTRO ROCIADOR			
carga hid alta	40,000	13,500	7,500
LODOS ACTIVADOS	53,400	21,500	12,100
LAGUNAS NATURALES	8,500	5,800	- - - ✓
LAGUNAS AEREADAS MEC.	12,000	8,900	- - - ✓

US dólares 1969

Fuente: Departamento de Ingeniería Sanitaria SEDUE.

2.2.6 Selección.

Haciendo un resumen de cada uno de los puntos antes expuestos, se puede ver que es suficiente para este estudio de alternativas el seleccionar un proceso secundario, ya que cumple con las condiciones de calidad requeridas en el efluente, visto en los puntos de dilución y rendimiento, además de ser procesos económicos. Seleccionar un proceso primario sería mucho más económico pero representaría una falta de capacidad de la calidad del efluente, como en el tamaño requerido de la estructura para tratar el caudal de aportación.

Como se puede ver en las tablas referentes al costo de construcción, y de operación y mantenimiento es significativa la diferencia de costo en los procesos secundarios. Siendo el costo un punto importante a considerar para la selección, se ve que las lagunas de estabilización son, de los procesos secundarios, las más económicas tanto en construcción como en operación. Por lo que, considerando el costo y el área, llegamos a la conclusión de que lo más conveniente para el proyecto de tratamiento de Tejupilco se selecciona el proceso de LAGUNA DE ESTABILIZACION.

Ahora bien, existen cuatro tipos diferentes de laguna de estabilización a escoger, para lo cual se puede hacer uso

de la segunda restricción en importancia que es el área total requerida por una planta. Comparado tanto el área del terreno de dos hectáreas con que se cuenta, haciendo uso tanto de la tabla no. 7. de parámetros de diseño para lagunas de estabilización como la tabla de costos 4A y 6A. Se puede ver que una laguna mecánicamente aereada se reduce muchísimo el área requerida por la planta, y aunque el costo de los equipos incrementa la inversión inicial y la de operación, es el proceso que cumple con el área requerida, de bajo costo y de la calidad del efluente deseada.

Después de este análisis y comparación de alternativas se llega a que la selección para este proyecto de tratamiento de las aguas residuales en Tejupilco, Edo. de México es de construir una:

LAGUNA MECANICAMENTE AERADA

TABLA No. 7

PARAMETROS DE DISEÑO PARA LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

PARAMETRO	AEREADE NATURAL	FACULTATIVA NATURAL	FACULTATIVA MECANICAMENTE AEREADE	AEROBIA	PROYECTO ESTIMADO
Tiempo retención* (días)	10-40	7-30	7-20	3-10 ✓	5
Profundidad m	0.9-1.2	0.9-1.8	0.9-2.4	1.8-6 ✓	3
Rango de temp. °C	0-40	0-50	0-50	0-40 ✓	10-30
Temp. óptima °C	20	20	20	20 ✓	20
Carga orgánica kg/Ha x d	111-220	22-55	280-4500	280-4500 ✓	2025(1)
Eficiencia %	80-95	70-95	80-95	80-95 ✓	80 min

- * Los tiempos de retención dependen en gran parte en las condiciones climáticas, así como del tamaño tanto de la laguna como del caudal a tratar.

(1) $0.270 \text{ kg/m}^3 (9000 \text{ m}^3) / 1.2 \text{ Ha} = 2025 \text{ kg/Ha/día}$

NOTA: Ver consideraciones de proyecto en el capítulo 3.

Fuente: Elementos para Operación de Plantas de Tratamiento. SEDUE, Dir. Gral. de Prevención y Control de la Contaminación del agua. 1985

CAPITULO III. CALCULO DE PROYECTO.

3.1 DATOS DE PROYECTO

Para la elaboración del proyecto de la planta de tratamiento de Tejupilco, Edo. de México. La cual consiste en laguna de oxidación aerada. Se consideran como base los siguientes datos:

- Población actual	20,000	hab.
- Población de proyecto	45,000	hab.
- Aportación	200	lt/h/día
- Elevación (4363.5 m)	1330	msnm
- Gasto máximo	239.6	lps.
- Gasto medio	104.16	lps.
- Gasto mínimo	52.08	lps.
- Carga biológica unitaria (Su)	54.0	gr/hab/día
- Tratamiento	aeración en un paso	
- Temperatura media mensual:		
mes más frío	17.4	C
mes más cálido	23.2	C

Cálculo de Gastos :

- Medio

$$Q_{med} = \frac{200 \times 45,000}{86,400}$$

$$Q_{med} = 104.16 \text{ lps}$$

- Mínimo

$$Q_{mín} = \frac{104.16}{2}$$

$$Q_{mín} = 52.08 \text{ lps}$$

- Máximo

$$Q_{máx} = \left(1 + \frac{14}{4 + \sqrt{45}} \right) 104.16$$

$$Q_{máx} = 239.6 \text{ lps}$$

Ya que en la actualidad se tiene una población menor a la de proyecto en esta planta consideraremos la construcción en dos etapas, en un principio se construirán dos lagunas y la tercera con capacidad de una tercera parte del volumen de agua total de proyecto se hará posteriormente.

Las lagunas aerreadas mecánicamente son tanques donde el oxígeno es transferido al agua residual mediante aerreadores mecánicos superficiales o difusores, siendo los difusores rara vez utilizados.

Estas lagunas generalmente se dividen en dos:

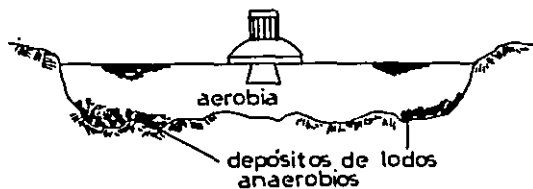
a) Lagunas aerobias. Las cuales son diseñadas con niveles de potencia en los aerreadores suficientes para mantener en suspensión todos los sólidos y también para proporcionar oxígeno disuelto en todo el volumen del líquido de la laguna, también son llamadas de mezcla completa.

b) Y lagunas facultativas, las cuales son diseñadas con niveles de potencia suficientes únicamente para cumplir con los requerimientos de oxígeno en todo el volumen del líquido en la laguna. En este caso los sólidos no son mantenidos en suspensión, sino que se sedimentan en el fondo de la laguna donde son descompuestos anaeróbicamente. En la figura anexa se presentan los dos tipos de lagunas aerreadas. Ver figura no. 12, la cual nos muestra las dos clasificaciones.

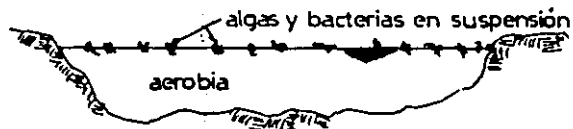
Las lagunas aerobias son diseñadas normalmente con bajos tiempos de retención. Por otro lado, las lagunas facultativas son diseñadas para grandes tiempos de retención.



LAGUNA AEREA-AEROBIA



LAGUNA AEREA AEROBIA-ANAEROBIA



LAGUNA AEROBIA

FIG. 12

Teniendo estos dos tipos de lagunas, se escoge la de tipo facultativa o aerada aerobia-anaerobia, ya que así facilitamos la operación de la planta al trabajar todo el volumen bajo las mismas características; lo cual repercute en un grado menor de capacidad en el personal de operación, y disminuyendo el trabajo de muestras en la laguna para verificación de su funcionamiento. Como también reduciendo así los costos iniciales de inversión.

Para este proyecto se selecciona la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales compuesta por tres lagunas facultativas en paralelo, como se vió en el capítulo primero, proporciona ciertas ventajas al dar una mejor calidad del efluente, las lagunas trabajan con una mayor eficiencia, se puede dar mantenimiento a cada laguna mientras los otros quedan funcionando, y también ayuda a la no formación de olas en la superficie de las lagunas, al dividir la superficie en tres. Debido a que no se tienen problemas para cumplir con la calidad del efluente, no se manejarán lagunas en serie o un recirculado de efluentes.

3.2 CALCULOS.

- Cálculo de sólidos suspendidos, SBO5 :

$$\frac{54 \text{ gr/hab/día}}{200 \text{ lt/hab/día}} \times \frac{1000 \text{ mgr}}{1 \text{ gr}} = 270 \text{ mgr /lt}$$

- Cálculo de agua a tratar, Qi', Qi :

$$Q_i = 200 \text{ lt/hab/d} \times 45,000 \text{ hab} \times (1 \text{ m}^3/1000 \text{ lt}) = 9,000 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_i = 9000 \text{ m}^3/\text{d} / 3 \text{ lagunas} = \underline{\underline{3,000 \text{ m}^3/\text{lag}}}$$

Y considerando una retención máxima de 4 días de cada laguna, tenemos que:

$$V_t = 3000 \text{ m}^3/\text{d} \times 4 \text{ d} = 12,000 \text{ m}^3$$

Y la superficie de cada laguna, considerándola que tendrá 3 metros de profundidad, es de:

$$S = 12000 \text{ m}^3 / 3 \text{ m} = \underline{\underline{4,000 \text{ m}^2}}$$

$$S = 4000 \text{ m}^2 \times (1 \text{ ha}/10000 \text{ m}^2) = 0.4 \text{ Ha}$$

que implica que la superficie total será de:

$$S_t = 0.4 \text{ ha} \times 3 \text{ lag} = 1.2 \text{ ha}$$

- Determinación de las temperaturas estimables del agua en los meses más cálido y más frío. Teniendo que:

$$T_a = \frac{f \cdot S \cdot T_v + Q_i \cdot T_i}{S + Q_i}$$

donde: T_a = temperatura del agua de la laguna
 S = área superficial de la laguna
 T_i = temperatura del agua en el influente
 Q_i = flujo del influente
 T_v = temperatura del aire
 f = factor que involucra los coeficientes de transferencia de calor (Factor de corrección de área superficial debido a aereación, viento y humedad).

Verano $T_a = \frac{0.5(4000)(23.2) + 3000(19)}{(0.5 \cdot 4000) + 3000}$

$$T_a = \frac{103,400}{5,000}$$

$$T_a = \underline{\underline{20.68^\circ \text{ C}}}$$

Invierno

$$T_d = \frac{0.5(4000)17.4 + (3000)19}{(0.5 \cdot 4000) + 3000}$$

$$T_d = \frac{91,800}{5000}$$

$$T_d = \underline{\underline{18.36 \text{ } ^\circ\text{C}}}$$

- Determinación de las cargas biológicas DBO5 del influente y efluente.

$$\text{Carga biológica unitaria (Su)} = 54.0 \text{ gr/hob/d}$$

Carga biológica del influente (So)

$$S_o = \frac{S_u \times \text{Hobs}}{Q_i}$$

$$S_o = \frac{54 \text{ gr/h/d} \times 15,000 \text{ h (1000 mgr)}}{3,000,000 \text{ lt/d (1 gr)}} = 270 \text{ mgr/lt}$$

La carga biológica del efluente no debe ser mayor al 15% a la del influente, para nuestro caso consideraremos un 10%, por lo que S :

$$S = 270 \text{ mgr/lt} \times 0.10 = \underline{\underline{27.0 \text{ mgr/lt}}}$$

- Cálculo de los coeficientes cinéticos.

Datos de laboratorio de cinco pruebas.

PRUEBA	S_0 mgr/lit DBO.	S mgr/lit DBO _r	$\theta \cdot \theta_r$ d	X mgrVss/lit	$S_0 - S$ mgr/lt
1	2700	7	3.2	128	263.0
2	2700	10	2.0	125	260.0
3	2700	14	1.6	133	256.0
4	2700	19	1.1	129	251.0
5	2700	27	1.1	121	243.0
	$X \theta$ mgrVss/d/l	$\frac{X \theta}{S_0 - S}$ d	$\frac{1}{S}$ mgr/l ⁻¹	$\frac{1}{\theta}$ d ⁻¹	$\frac{S_0 - S}{X \theta}$ d ⁻¹
1	409.60	1.557	0.143	0.313	0.642
2	250.00	0.962	0.100	0.500	1.040
3	212.80	0.831	0.071	0.625	1.203
4	141.90	0.565	0.053	0.909	1.770
5	133.10	0.548	0.037	0.909	1825

Grificando los términos $X_0 / S_0 - S$ contra $1/S$ (ver gráfica G1), en la cual la intersección de la curva con el eje Y nos da el término $1/k$, y la pendiente de la curva es igual a K_s/k , por lo que:

$$\frac{K_s}{K} = 9.603 \text{ mgr}\cdot\text{d}/\text{lt}$$

$$\frac{1}{k} = 0.117$$

$$k = 8.574$$

$$K_s = 9.603 \text{ mgr}\cdot\text{d}/\text{lt} \times 8.574 \text{ d}^{-1}$$

$$K_s = \underline{\underline{82.336 \text{ mgr}/\text{lt}}}$$

Ahora graficamos los términos $1/Bc$ contra $(S_0 - S)/X_0$ (ver gráfica G2), encontrando:

$$-K_d = -0.02$$

$$K_d = 0.02$$

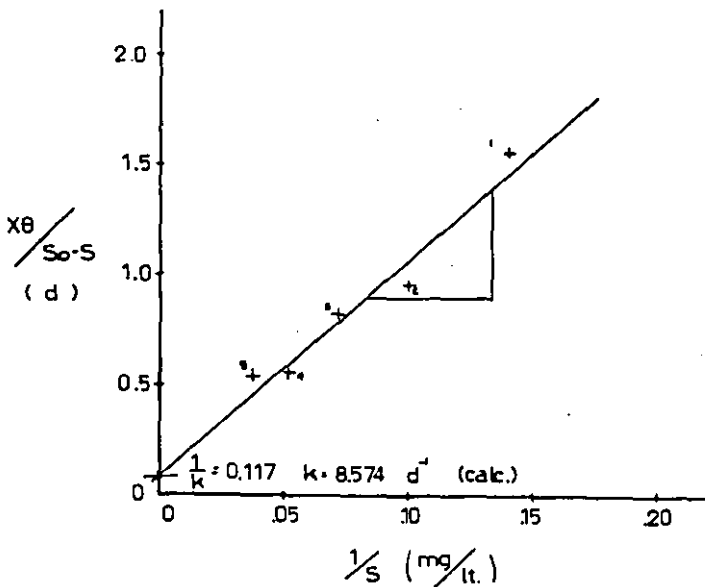
$$Y = \text{pendiente de la curva} = 0.518$$

Y utilizando

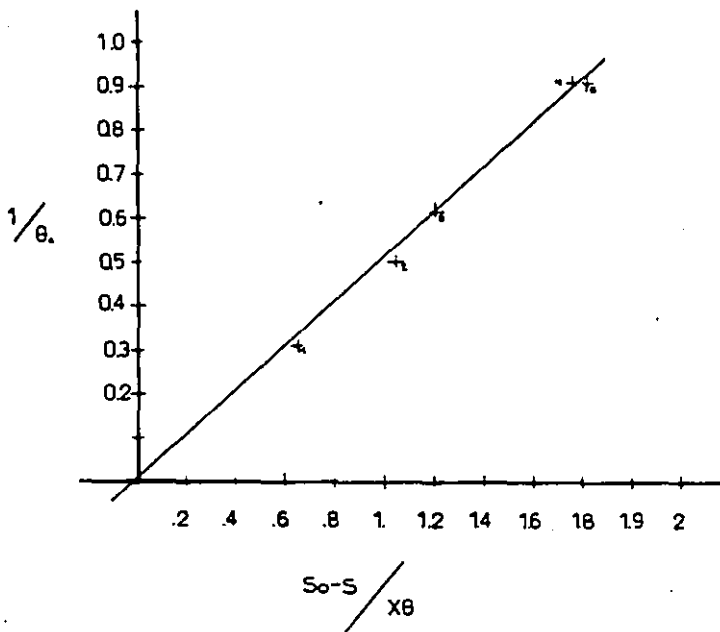
$$Y_m = k \cdot y$$

$$Y_m = 8.574 (0.518)$$

$$Y_m = \underline{\underline{4.438 \text{ d}^{-1}}}$$



GRAFICA G-1



GRAFICA G-2

Obteniendo así los coeficientes

y	=	0.518
Ks	=	82.336 mg/lit
K	=	8.574 d
Kd	=	0.02 d
Ym	=	4.438 d

- Determinación del DBO5 soluble del efluente en verano.

$$Sv' = \frac{Ks(1 + \theta kd)}{\theta(Yk - kd) - 1}$$

$$Sv' = \frac{82.336(1 + 4 d \times 0.02 d)}{4d(0.518 \times 8.574 d^{-1} - 0.02 d^{-1}) - 1}$$

$$Sv' = 5.329 \text{ mgr / lit}$$

donde para lagunas aereadas sin reciclar consideramos

$$\theta = \theta_c^d$$

Ya que no se tiene información real para corregir las constantes cinéticas para invierno, podemos obtener un efecto estimado por temperatura utilizando el valor del DBO5 del efluente, teniendo así el siguiente desarrollo.

- Determinación del DBO5 del efluente.

- a) Corrección de la constante de remoción para efectos de temperatura.

$$\frac{K_T}{K_{20}} = \theta^{T-20}$$

$$K_T = \theta^{T-20} K_{20}$$

Para verano (20.68 C)

$$K_{20.68} = 2.5 d^{-1} (1.06)^{20.68-20}$$

$$K_{20.68 \text{ } ^\circ\text{C}} = 2.6$$

Para invierno (18.36 C)

$$K_{18.36} = 2.5 d^{-1} (1.06)^{18.36-20}$$

$$K_{18.36 \text{ } ^\circ\text{C}} = 2.27$$

utilizando la fórmula.

$$\frac{S}{S_0} = \frac{1}{1 + K\theta}$$

despejamos DBO5 (S)

$$S = S_0 \left(\frac{1}{1 + K\theta} \right)$$

sustituimos valores

Para verano (20.68 C)

$$S_v = 270 \left(\frac{1}{1 + 26 \cdot 4} \right)$$

$$S_v = 23.68$$

Para invierno (18.36 C)

$$S_i = 270 \left(\frac{1}{1 + 2.27 \cdot 4} \right)$$

$$S_i = 26.79$$

$$\text{Ratio de } \frac{S_i}{S_v} = \frac{26.79}{23.68} = 1.13$$

(DBO5 soluble del efluente)

$$S = S_v \left(\frac{S_i}{S_v} \right) = 5.329 (1.13)$$

$$\underline{\underline{S = 6.03 \text{ mgr/lit}}}$$

- Cálculo de la producción de concentración de sólidos biológicos.

teniendo

$$X = \frac{Y(S_0 - S)}{1 + (k_d \cdot \theta)}$$

sustituimos

$$X = \frac{0.518(270 - 5.329)}{1 + (0.02 \times 4)}$$

$$X = 126.94 \text{ mgr/lit}$$

- Cálculo de los sólidos suspendidos estimados en el efluente de la laguna.

$$S_s = S_0 + \frac{X}{0.80}$$

$$S_s = 270 + \frac{126.94}{0.80}$$

$$S_s = 428.68 \text{ mgr/lit}$$

- Determinación de las necesidades de oxígeno.

$$O_2 = \frac{Q (S_0 - S)(10^3 \text{g/Kg})}{f} - 1.42 P_x \quad \text{Kg/d}$$

a) donde la cantidad de sólidos biológicos desalojados por día es

$$P_x = X \cdot Q; (10^3)^{-1}$$

$$\text{g/m}^3 \text{ m}^3/\text{d} \text{ g/kg}$$

$$P_x = 126.94 (3000)(10^3)^{-1}$$

$$P_x = 380.82 \quad \text{kg/d}$$

b) y considerando que el factor de conversión de DBO5 a DBOL es de $f = 0.68$, tenemos que:

$$O_2 = \frac{3000(270 - 5.329)}{0.68(10)^3} - 1.42(380.82)$$

$$O_2 = 626.90 \quad \text{Kg/d}$$

Calculando la relación de oxígeno requerido para el DBOS requerido, se tiene:

$$\frac{O_2 \text{ requerido}}{DBO_5 \text{ removido}} = \frac{10^3 O_2}{(S_0 - S) Q}$$

$$= \frac{10^3 (626.90)}{(270 - 53.29) 3000}$$

$$= 0.79$$

- Determinación de la potencia del aereador de superficie, tomando en consideración que el aereador a utilizar está valuado conservadoramente a 2.0 kg O₂ / kw • hr .

a) factor de corrección para aereadores en condiciones de verano.

Concentración de saturación de oxígeno a 20.68 C es igual a 9.05 mg/lt.

Corregido por altitud nos da $C_w \text{ alt} = 9.05 \times 0.85$
 $C_w \text{ alt} = 7.72 \text{ mg/lt}$

Cálculo de factor de corrección de solubilidad del oxígeno en la tabla 8.

$$\alpha = \frac{\text{valor de transferencia de oxígeno en desperdicio}}{\text{valor de transferencia en agua limpia}}$$

TABLA No. 8

TABLA PARA DETERMINAR FACTORES
DE CORRECCION POR ALTITUD

TEMPERATURE		ELEVATION								TEMPERATURE	
*F	*C	(1.024) ^{T-32}	(1.075) ^{T-32}	0	1000'	2000'	3000'	4000'	5000'	*C	*F
32.0	0	.621		14.6	14.1	13.6	13.1	12.6	12.1	0	32.0
35.6	2	.653	0.27206	13.8	13.3	12.8	12.4	11.9	11.5	2	35.6
39.2	4	.684	0.31440	13.1	12.6	12.2	11.8	11.4	10.9	4	39.2
42.8	6	.717	0.36332	12.5	12.0	11.6	11.2	10.8	10.4	6	42.8
46.4	8	.752	0.41986	11.9	11.4	11.0	10.6	10.2	9.9	8	46.4
50.0	10	.789	0.48316	11.3	10.9	10.5	10.1	9.8	9.4	10	50.0
53.6	12	.827	0.56071	10.8	10.4	10.1	9.7	9.4	9.0	12	53.6
57.2	14	.867	0.64797	10.4	10.0	9.6	9.3	8.9	8.6	14	57.2
60.8	16	.909	0.74880	10.0	9.6	9.2	8.9	8.6	8.3	16	60.8
64.4	18	.954	0.86533	9.5	9.2	8.9	8.5	8.2	7.9	18	64.4
68.0	20	1.000	1.00	9.2	8.8	8.5	8.2	7.9	7.6	20	68.0
71.6	22	1.049	1.15562	8.8	8.5	8.2	7.9	7.6	7.3	22	71.6
75.2	24	1.100	1.33546	8.5	8.2	7.9	7.6	7.3	7.1	24	75.2
78.8	26	1.153	1.54328	8.2	7.9	7.6	7.3	7.1	6.8	26	78.8
82.4	28	1.209	1.78344	7.9	7.6	7.4	7.1	6.8	6.6	28	82.4
86.0	30	1.268	2.06097	7.6	7.4	7.1	6.9	6.6	6.4	30	86.0
89.6	32	1.329	2.38170	7.4	7.1	6.9	6.6	6.4	6.2	32	89.6
93.2	34	1.394	2.73254	7.2	6.9	6.7	6.4	6.2	6.0	34	93.2
96.8	36	1.460	3.18066	7.0	6.7	6.5	6.3	6.0	5.8	36	96.8
100.4	38	1.532	3.67564	6.8	6.6	6.3	6.1	5.9	5.6	38	100.4
104.0	40	1.600	Limit	6.6	6.4	6.1	5.9	5.7	5.5	40	104.0

FUENTE: Manual de aeradores AQUA-AEROBICS SYSTEMS, INC.

$$\beta = \frac{\text{concentración de saturación de DD en desperdicio}}{\text{concentración de saturación en agua limpia}}$$

FACTOR DE CORRECCION

$$\left(\frac{\beta C_{w_{sat}} - C_t}{9.17} \right) 1.024^{T-20}$$

donde las constantes de aereación son

$$\beta = 1.0 \quad \alpha = 0.85$$

y la concentración de oxígeno que mantendremos en el agua será de 1.5 mg/lt.

$$= \left(\frac{1.0 \times 7.72 - 1.5}{9.17} \right) 1.024^{20.68-20} \times 0.85$$

$$= 0.586$$

$$\hat{=} 0.59$$

D) Valor N de la transferencia del suelo

$$N = N_0 \cdot FC$$

donde N_0 = valor de transferencia de agua limpia
(Suministrado por el fabricante del equipo)

$$N = N_0 (0.59) = 20 \text{ kg O}_2 / \text{Kw} \cdot \text{hr} (0.59)$$

$$N = 1.18 \text{ kg O}_2 / \text{kw} \cdot \text{hr}$$

La cantidad de oxígeno transferido por día es igual a 28.32 kg O₂ /w día.

La energía requerida para las necesidades de oxígeno es igual a

$$Kw = \frac{O_2 \text{ requerido}}{O_2 \text{ transferido}} = \frac{626.90 \text{ O}_2/\text{d}}{28.32 \text{ O}_2/\text{kw}\cdot\text{d}}$$

$$Kw = 22.14 \quad (\text{Potencia})$$

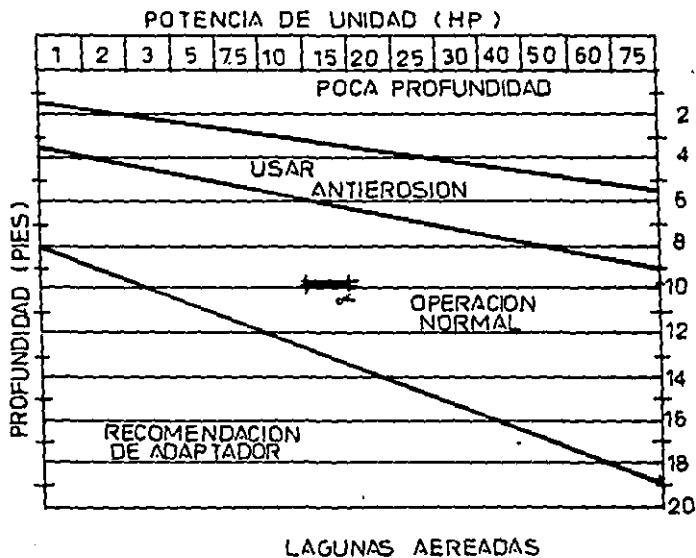
$$Pot. = 22.14 \text{ kw} \left(\frac{1.341 \text{ HP}}{1 \text{ Kw}} \right) = 29.69 \text{ HP}$$

Por lo que necesitamos 22.14 kw / día , que implica un potencia de 29.69 HP / día, por lo que nos resulta que requerimos de dos aeradores mecánicos superficiales de 15 HP.

Para verificar si es necesario el uso de accesorios antirosión, o requerimos de un adaptador de profundidad, recurrimos a la tabla de selección de tubo de aerador (tabla no. 9), en la cual podemos observar que estamos trabajando el aerador bajo condiciones de operación normal.

TABLA No.9

TABLA DE SELECCION DE TUBO.DE AERADOR



CALCULO HIDRAULICO DE LLEGADA A LAS CAJAS.

1. Pérdidas por entrada:

$$H_e = K_e \frac{V^2}{2g}$$

donde H_e = Pérdida de carga por entrada a la caja.
 K_e = Coeficiente igual a 0.5 para tubo con aristas en ángulo recto.
 V = Velocidad.
 g = Gravedad.

$$A = d / 4 = 3.1416 (0.30)^2 / 4 = 0.07069 \text{ m}^2$$

$$V = G / A \text{ donde } G = \text{Gasto}$$

$$G = \frac{Q_1}{86,400 \text{ seg/d}} = \frac{3,000 \text{ m}^3/\text{d}}{86,400 \text{ seg/d}}$$

$$G = 0.03472 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$V = \frac{0.03472}{0.07069} = 0.49119 \text{ m/seg}$$

$$H_e = \frac{0.50 (0.491)^2}{2 \times 9.81} = 0.006 = 0.01 \text{ m}$$

2. Pérdidas por fricción:

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

donde f = coeficiente de fricción.
 L = Longitud de tubería.
 D = Diámetro de tubería.

$$H_f = 0.031 \frac{25}{0.3} \frac{(0.491)^2}{2 \times 9.81}$$

$$H_f = 0.0317 = 0.03 \text{ m}$$

3. Pérdidas en tuberías de alimentación a los módulos posteriores (ver figura no. 13):

TRAMO A

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = 0.785 (0.45)^2$$

$$A = 0.159 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{0.03472 \times 2}{0.159} = 0.4366 \text{ m /seg}$$

$$H_f = 0.0224 \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$H_f = 0.0224 \frac{40}{0.45} \frac{(0.4366)^2}{2 \times 9.81}$$

$$H_f = 0.0193 = 0.02 \text{ m}$$

TRAMO B

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = 0.785 (0.30)^2$$

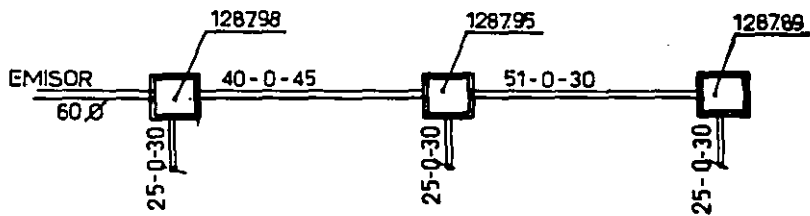
$$A = 0.07065 \text{ m}^2$$

$$V = 0.03472 = 0.4914 \text{ m/seg}$$

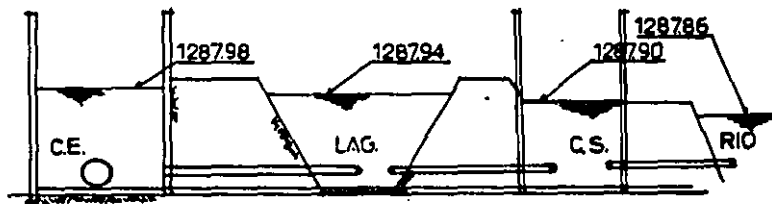
$$H_f = 0.025 \frac{51}{0.30} \frac{(0.4914)^2}{2 \times 9.81}$$

$$H_f = 0.0523 = 0.05 \text{ m}$$

OBTENIENDO ASI LOS NIVELES EN LAS CAJAS
(VER FIGURA NO. 13)



CAJAS DE ENTRADA AL SISTEMA



MÓDULO 1

FIG.13

3.3 RESULTADOS

Las aguas residuales serán sometidas a un tratamiento biológico de depuración a base de lagunas de estabilización aeradas mecánicamente en un paso, diseñados en tres módulos en paralelo; de los cuales dos serán de construcción inmediata y uno a futuro; cada módulo se compone de una laguna aerada mecánicamente con dos aeradores superficiales de flotador. La laguna la consideramos como de estabilización facultativa, ya que la potencia de los aeradores es para abastecer de oxígeno al volumen total de la laguna, sin mantener todas las partículas sedimentables en movimiento.

A continuación se tiene una descripción general de las unidades de tratamiento, las cuales formarán la estructura general de la planta de tratamiento.

UNIDADES DE TRATAMIENTO.

Básicamente se compone de tres partes cada una de los tres módulos, los cuales son:

1. Caja de entrada, donde descargan las aguas residuales provenientes de Tejupilco, Edo. de México, a través de una línea de descarga. Esta trabajara como caja de entrada al primer módulo y a su vez, como alimentadora a las cajas de entrada de los demás módulos. Estas se interconectarán con cada módulo por medio de tubería de concreto simple de 30 cm. de diámetro, alojada en el fondo del mismo, de tal manera, que la descarga se produzca dentro de la masa líquida a una distancia de 25 mts. Se compondrá de una compuerta Miller que le dará flexibilidad a la operación de la planta, de tal manera que se pueda dar servicio de mantenimiento o limpieza a cualquiera de los módulos.

2. Laguna o estanque, será una laguna de estabilización aerada mecánicamente, de manera que se depure la materia orgánica con el oxígeno de la atmósfera que le transferirán los equipos de aereación superficial.

La potencia total instalada por estanque será de 30 HP proporcionada por dos aeradores de 15 HP cada uno. Los

aeradores son de tipo superficial con bástago para operación normal, de flotador anclado en bloques de concreto al fondo del tanque.

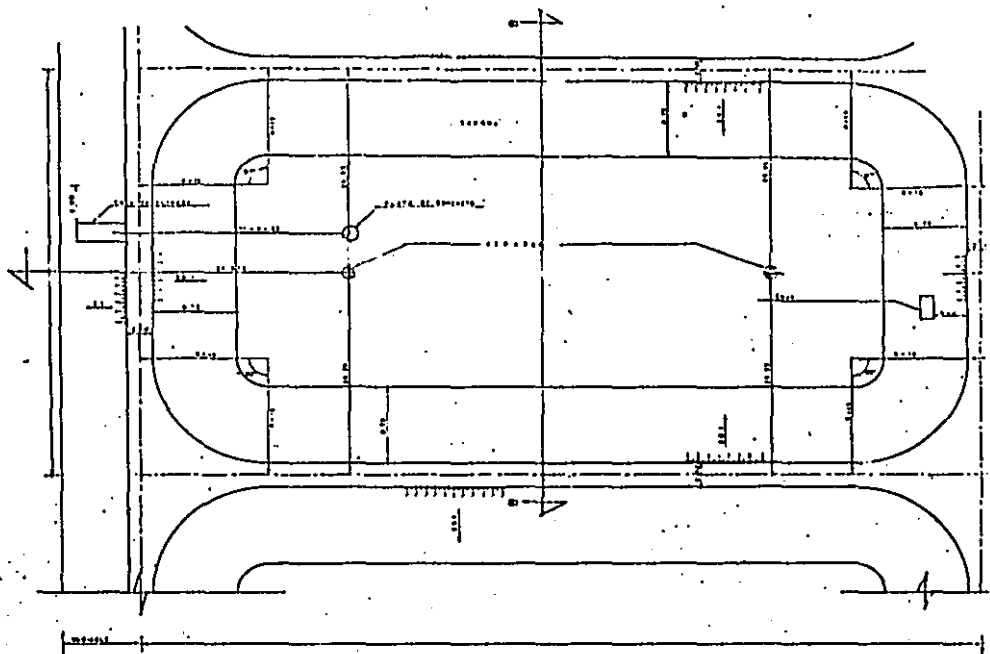
Los anchos de los bordos como especificación mínima son de 3.0 m de estanque a estanque y los talúdes con una relación 1:2.

3. Caja de salida, se hará por medio de una caja de diseño especial, en la cual se dará salida al efluente de tratamiento por medio de una tubería de concreto simple de 30 cm de diámetro y 20.0 m de longitud.

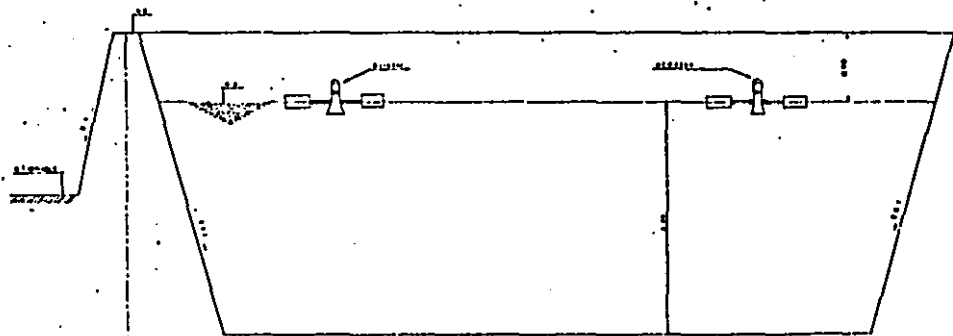
Se anexan a este proyecto ejecutivo una serie de croquis tipo de las estructuras antes mencionadas (figuras no. 14 a la 19 y tablas 10 a la 12), incluyendo los detalles tipo de los equipos de aereación.

Concluyendo que el proyecto contempla una planta de tratamiento de aguas residuales, a base de dos lagunas aeradas en tres módulos, de los cuales dos serán de construcción inmediata y uno a futuro, para dar servicio a una población de 45,000 habitantes.

Cada uno de los tres módulos se compone de una laguna, que tratará 34.72 lps. sirviendo a una población de 15,000 habitantes.



PLANTA



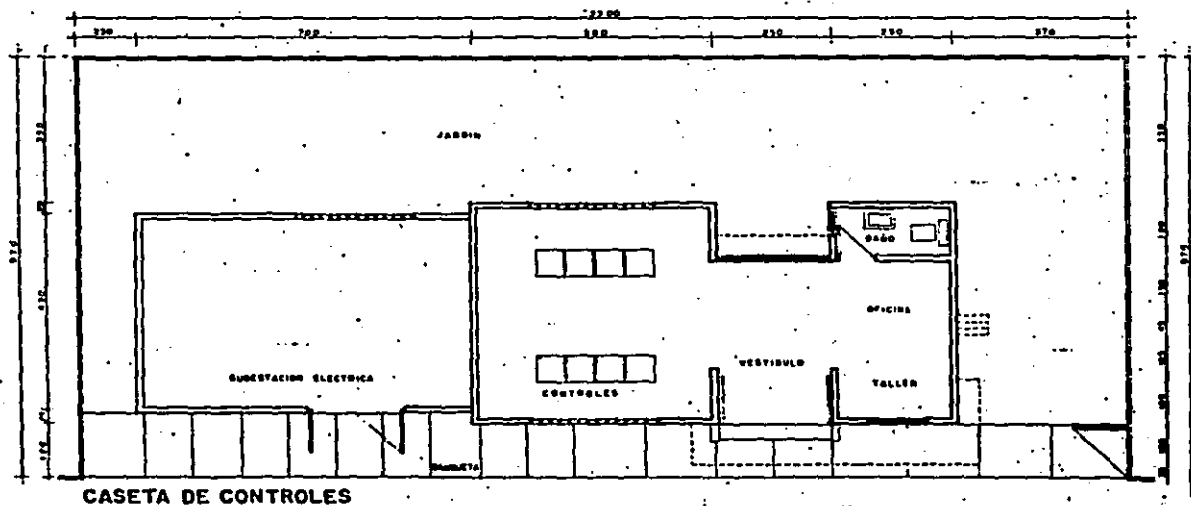
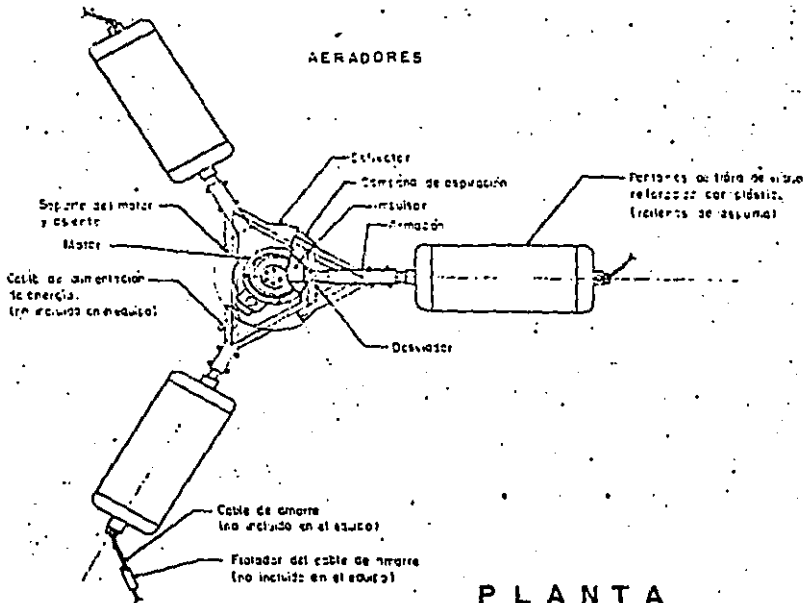
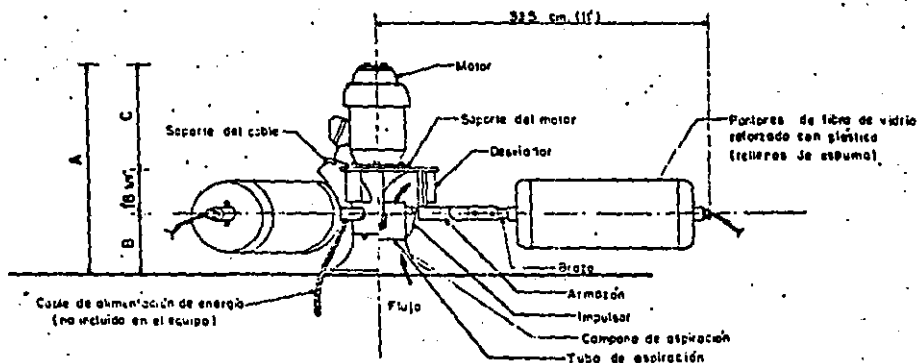


FIG. 15

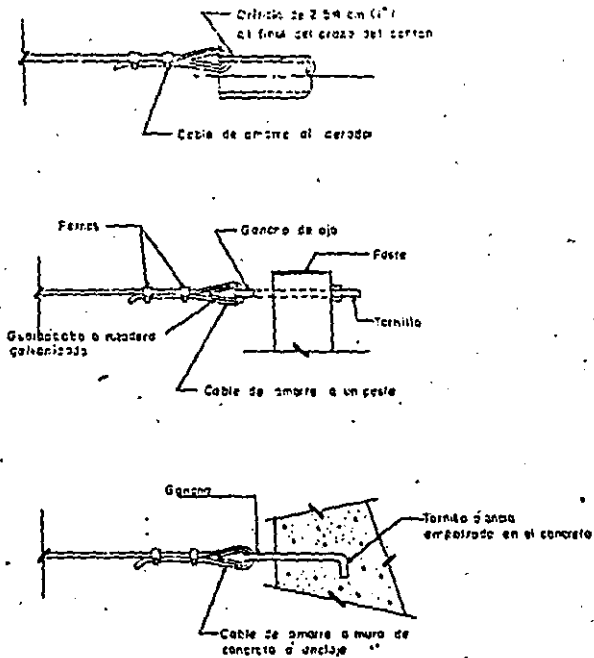
AERADORES



PLANTA



TIPOS DE ANCLAJE



ABRAZADERAS Y CABLE PARA LA INSTALACION
(NO INCLUIDO EN EL EQUIPO)

TABLA No. 10

LONGITUD MAXIMA DE CABLE DE SERVICIO ELECTRICO

PARA CAIDA DE VOLTAJE DE 5%:

H P	7.5	10	15	20	25
No CABLE					
230 V O L T S					
12	--	--	--	--	--
10	79	--	--	--	--
8	125	100	--	--	--
6	193	158	106	--	--
4	295	240	161	125	--
<u>2</u>	<u>466</u>	<u>381</u>	<u>256</u>	198	160
0	--	--	387	298	240
00	--	--	--	365	297
000	--	--	--	--	--
460 V O L T S					
12	202	182	125	94	76
10	319	250	198	152	121
8	498	390	274	210	192
6	--	609	426	326	266
4	--	--	646	498	403
2	--	--	--	--	685
0	--	--	--	--	--

TABLA No. 11

HP	FULL-LOAD AMPS	AWG CABLE SIZE									
		12.4	10.4	8.4	6.4	4.4	2.4	0.4	00.4	000.4	
230 VOLTS	1	3.4	880	1240							
	2	6.6	540	930	1420						
	3	9	300	640	1000	1550					
	5	15	200	380	600	930	1420				
	7.5	22		260	410	635	970	1530			
	10	27			330	510	790	1250			
	15	40				350	530	840	1270		
	20	52					410	550	980	1200	
	25	64						525	790	975	
	30	78						440	650	800	975
	40	104	MAXIMUM CABLE LENGTH							490	600
50	125	IN FEET								500	600
460 VOLTS	1	1.7	2550								
	2	3.3	2100								
	3	4.5	1620								
	5	7.5	970	1535							
	7.5	11	665	1047	1635						
	10	14	520	820	1280	2000					
	15	20		575	900	1400	2120				
	20	26			690	1070	1635				
	25	32			560	875	1325	2250			
	30	39				715	1090	1860	2610		
	40	52					815	1390	1965		
50	63						1150	1615	1984		
60	75						965	1355	1660	2000	
75	93							1090	1340	1600	
575 VOLTS	1	1.4	3180								
	2	2.6	2770								
	3	4	2330								
	5	6	1540	2440							
	7.5	9	1030	1630	2550						
	10	11	840	1330	2080						
	15	16		970	1430	2230					
	20	21		700	1090	1700					
	25	26			880	1370	2080				
	30	31				740	1150	1740			
	40	41					870	1320	2090		
50	50					710	1080	1720			
60	60						900	1430			
75	74						800	1250			

DIAMETER	STRAND	MATERIAL	UNIT SIZE
3/16"	7 x 19	304 Stainless	1 - 20 HP
1/4"	7 x 19	304 Stainless	40 - 75 HP

TABLA No. 12

AMPERAJE DE LOS MOTORES

VOLTS	HP	CARGA COMPLETA AMPERES
230	7.5	22
230	10	28
230	15	42
230	20	54
230	25	68

SECCION DE CABLES DE AMARRE DE ACERO INOXIDABLE

MOTOR HP	DIAMETRO mm	TORONES	CAPACIDAD DE CABLES (tension) Kg
10	3.2	7 X 7	682
15	3.2	7 X 7	682
20	3.2	7 X 19	795
25	3.2	7 X 19	795

En la actualidad existen principalmente dos tipos de aeradores mecánicos, los cuales son usados en lagunas aereadas y en procesos de lodos activados, estos podemos clasificarlos en superficiales y en sumergidos de turbina (ver figura no. 20). En los aeradores superficiales el oxígeno se introduce al agua residual mediante el contacto del aire de la atmósfera con pequeñas gotas de agua producidas por la agitación mecánica del aerador con el agua residual. En los sumergidos de turbina se introduce el oxígeno de la atmósfera al agua residual inyectando aire u oxígeno puro en el fondo del aerador. En ambos tipos de aerador la acción del bombeo ayuda a mantener el contenido del agua residual de la laguna en condiciones de mezcla.

Los aeradores mecánicos superficiales son el equipo más simple y económico que se tiene para sistemas de aereación. Los aeradores son fabricados para capacidades de 1 a 100 HP (caballos fuerza), estos tienen una propela o turbina conectada a un motor mediante una flecha, y todo ésto es montado a una estructura fija de concreto o en flotadores de fibra de vidrio rellenos con poliuretano. Las propelas son fabricadas en acero inoxidable, acero al carbón y aleaciones resistentes a la corrosión, y son usadas para agitar vigorosamente el agua, introduciendo aire a la misma.

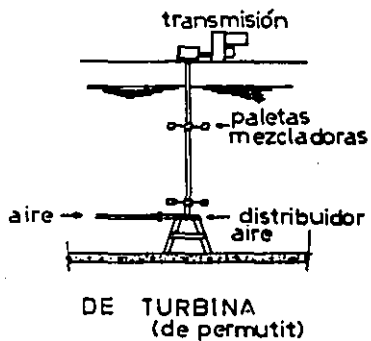
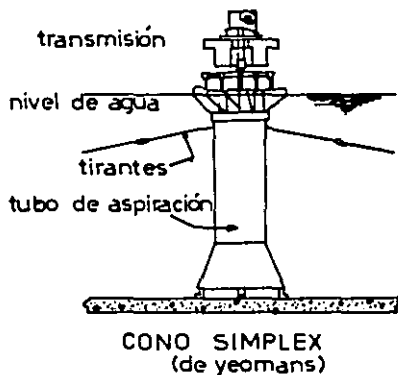
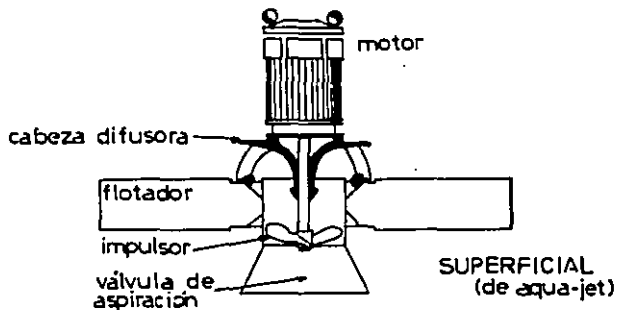
En los aeradores superficiales del tipo flotante la propela se acopla directamente a la flecha del motor.

Generalmente los aereadores se montan sobre flotadores de manera que le permite mantener la misma profundidad de la propela en el agua de la laguna, aún cuando el nivel de la laguna varíe por las diferencias estacionales en el influente de agua residual.

Los aereadores de turbina sumergidos pueden introducir el aire al agua, y además usar oxígeno puro para introducirlo en el fondo de la laguna por medio del aereador. La turbina es usada para dispersar las burbujas de aire y mezclar u oxigenar el agua de la laguna.

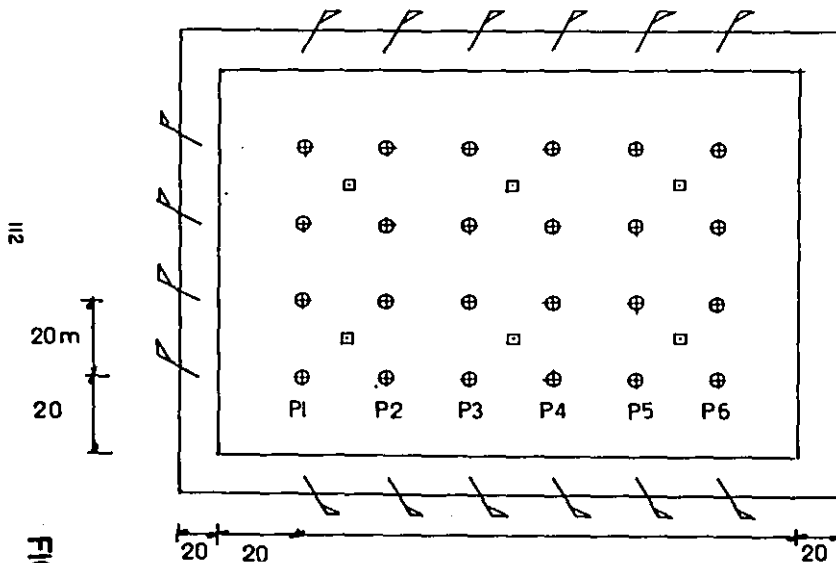
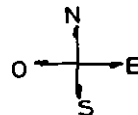
Los sistemas de tratamiento mediante lagunas aereadas, normalmente se diseñan con varias lagunas en paralelo para distribuir el agua residual. Este tipo de diseño proporciona una distribución más uniforme de los sólidos en las lagunas, y evita que se produzcan altas demandas de oxígeno disuelto en la laguna en ciertos puntos por mala distribución de lodo. También esto permite reducir el problema de olas, el cual ocurre frecuentemente en lagunas grandes. Algunas veces las lagunas son diseñadas en serie para obtener una mejor calidad del efluente, y en otras ocasiones el efluente es recirculado para tener un mejor mezclado y reducir olores, en la figura no. 21 se da una idea de los puntos de muestreo recomendados para una laguna mecánicamente aereada.

Para la óptima operación de las lagunas aereadas mecánicamente, debe tenerse especial cuidado con la instalación y sobre todo con el anclaje de los equipos en la laguna, ya que se pueden tener varios tipos de problemas como se pueden observar en el cuadro C-1. Para hacer dicho anclaje debe utilizarse ciertos accesorios de anclaje como se muestra en los cuadros C-2 y C-3, los cuales ayudan a efectuar la fijación de los equipos. Para fijar los equipos de aereación también deben considerarse los puntos de anclaje para evitar los problemas antes mencionados, por lo que se pueden ver los cuadros C-1 y C-4 donde se aprecian diferentes tipos y puntos de anclaje de un aereador.



AERADORES MECANICOS

PUNTOS DE MUESTREO Y PERFILES DE UNA LAGUNA AEREADEA MECANICAMENTE



D A T O S

Area
 Profundidad efec.
 Volumen
 Tiempo de retención
 Gasto

SIMBOLOGIA

⊕ PUNTO DE MUESTREO
 □ AERADOR
 ▽ BANDERA ORIENTACION
 P1 PERFIL No. 1

112

FIG.21

CUADRO C-1

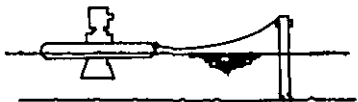
TIPOS DE ANCLAJES DE AEREADORES

ANCLAJE EN BORDOS



ESTE ES EL ANCLAJE MAS COMUN. REQUIERE UN CLIP Y UN OJAL EN CADA UNO DE LOS EXTREMOS DE CADA LINEA DE ANCLAJE. LA CONEXION DEL CABLE AL BORDO SE HACE MEDIANTE UNA ARGOLLA O UNA ANCLA AHOGADA EN CONCRETO.

ANCLAJE A POSTES



ESTE TIPO DE ANCLAJE SE USA EN LAGUNAS MUY GRANDES, DONDE LAS DISTANCIAS IMPIDEN EL ANCLAJE EN LOS BORDOS. ESTO REQUIERE UN CLIP Y UN OJAL EN CADA UNO DE LOS EXTREMOS DEL CABLE DE ANCLAJE. EN EL POSTE SE USA UNA ARGOLLA.

ANCLAJE EN EL FONDO



ESTE TIPO DE ANCLAJE ES USADO EN LAGUNAS GRANDES, DONDE ES IMPRACTICO USAR POSTES. SE UTILIZO EN LA ARGOLLA DEL AEREADOR UN CLIP Y UN OJAL, UN FLOTA - DOR.

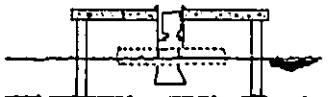
EN EL BLOQUE DE CONCRETO SE UTILIZO UN FLOTADOR, UNA ARGOLLA PARA PONERLA AL ANCLA DE ACERO INOXIDABLE AL BLOQUE - DE CONCRETO.

C-1

ANCLAJE FIJO A ESTRUCTURA

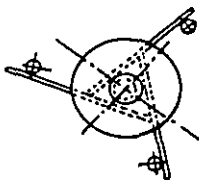
ESTE TIPO DE ANCLAJE ES PARA LAGUNAS LOCALIZADAS EN LUGARES MUY FRIOS.

HAY UNA ESTRUCTURA QUE SOPORTA TODO EL AEREADOR.



ANCLAJE FIJO A POSTES

ESTE TIPO DE ANCLAJE SE USA CUANDO HAY GRANDES VARIACIONES DE NIVEL EN LA LAGUNA. PARA FIJAR EL AEREADOR SE USA UN MARCO TRIANGULAR CON TRES ANILLOS, CON LOS CUALES SE SUJETAN A TRES POSTES PERMITIENDO AL AEREADOR BAJAR O SUBIR CONFORME AL NIVEL.



POSTE

CUADRO C-2

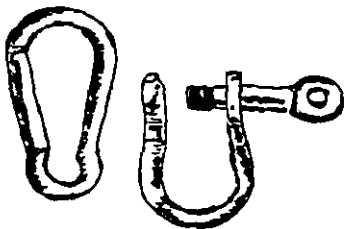
ACCESORIOS PARA ANCLAJE DE AEREADORES

CABLE DE POLIETILENO



NORMALMENTE SE USA DE 3/8" o PARA
AEREADORES DE UNO A 15 HP o DE -
1/2" o PARA 20 A 40 HP.
TAMBIEN LO HAY EN ACERO INOXIDABLE

CONEXION RAPIDA



ESTOS ACCESORIOS PERMITEN QUITAR LOS
CABLES DE ANCLAJE RAPIDAMENTE: ESTOS
ACCESORIOS SE COLOCAN EN EL OJAL DEL
CABLE.

HAY DIFERENTES TAMAROS.

RESORTE DE EXTENSION



ESTE ACCESORIO SE USA CUANDO HAY PE-
QUEÑAS VARIACIONES DE NIVEL EN EL A-
GUA Y SE REQUIERE CIERTA EXPANSION -
DEL CABLE.

CADA RESORTE PROPORCIONA 5" DE EXPA-
SION.

ANILLO DE ANCLAJE



ES USADO PARA ANCLAR DOS O MAS AEREA-
DORES, CUANDO LOS AEREADORES NO ES-
TAN SUJETOS POR POSTES.

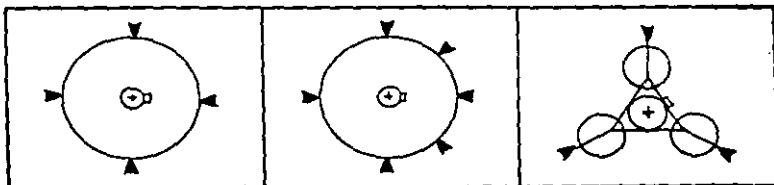
EL MATERIAL ES ACERO INOXIDABLE 304

FLOTADOR



ESTE FLOTADOR SE USA PARA SEÑALAR -
LOS BLOQUES DE CONCRETO EN DONDE ES-
TAN ANCLADOS LOS AEREADORES, TAMBIEN
PARA EVITAR QUE SE HUNDAN LOS CABLES
DE ANCLAJE.

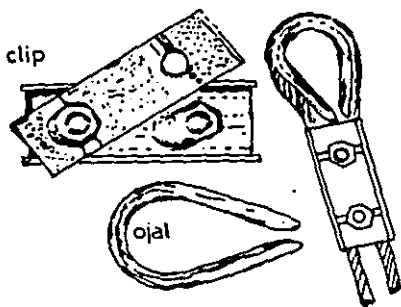
CUADRO C-3



LOCALIZACION DE PUNTOS DE ANCLAJE DE FLOTADORES DE LOS AEREADORES

TABLA DE TAMAÑOS DE BLOQUES DE CONCRETO PARA ANCLAJE DE AEREADORES EN EL FONDO DE LA LAGUNA

DE	TAMAÑO	m ³
1- 75 HP	0.07	
10- 40 HP	0.14	
50- 75 HP	0.20	



ACCESORIOS PARA ANCLAJE DE AEREADORES

CUADRO C-4

PROBLEMAS COMUNES DE ANCLAJE

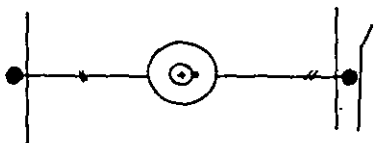
TENSION



LOS CABLES DEBEN ESTAR TIRANTES PERO NO MUY TENSIONADOS. LA TENSION DEBE HACERSE AL NIVEL DE OPERACION MAS BAJO. SI EL CABLE SE AJUSTA AL NIVEL MAS ALTO, EL CABLE SE TENSIONARA MAS CUANDO BAJE EL NIVEL DEL AGUA, CAUSANDO QUE SE ROMPA LA UNION DE LA ARGOLLA CON EL FLOTADOR, DESATANDOSE EL FLOTADOR OCACIONANDO QUE SE PUEDA DAÑAR EL AEREAADOR.

TENSION CORRECTA

TENSION INCORRECTA



DOS PUNTOS DE ANCLAJE NUNCA ES RECOMENDADO. SE DEBEN USAR UN MINIMO DE TRES PUNTOS SIEMPRE.

ANCLAJE EN DOS PUNTOS

ANCLAJE CON ANILLO DESLIZABLE



NO SE RECOMIENDA EL ANCLAJE A UN POSTE MEDIANTE UNA ARGOLLA DESLIZABLE.

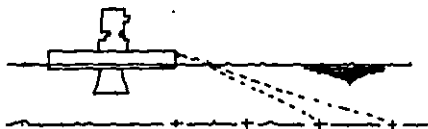
AUNQUE EL ANILLO SI ESTA LIBRE PARA SUBIR Y BAJAR CONFORME AL NIVEL DEL AGUA, EL ANILLO SE ATORARÁ CUANDO EL NIVEL SUBA, SUMERGIENDO EL AEREAADOR.

C-4

ANCLAJE EN EL FONDO

CUANDO USE EL ANCLAJE EN EL FONDO,
LA PENDIENTE DEBE SER DE 2:1 A -
3:1.

UNA PENDIENTE DEL CABLE CON EL FONDO
CERCANA A LA VERTICAL PUEDE CAU
SAR QUE EL AERADOR SE LADEE.



CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES.

Es indispensable para el ser humano el crearse servicios que ayuden a cubrir sus necesidades. Estas necesidades tienen el problema que están dentro de una escala de valores en la cual al quedar satisfechas, propician el que se generen otras que se encuentran en el siguiente nivel. En un principio no son significativas, pero en la medida que el hombre se desarrolla y genera un crecimiento del lugar donde habita, aumenta el valor de esas necesidades que se encontraban latentes, o con un valor en segundo nivel de importancia. Al satisfacerse una necesidad de infraestructura, en general, propicia el crecimiento y desarrollo de la población y con ello genera un mayor número de necesidades de otra índole, o bien haciendo que la infraestructura que existía en un principio solventando una necesidad específica, quede prácticamente obsoleta.

Ante este problema salta a la vista, que para poder elegir la mejor propuesta, y existiendo una demanda tan alta de servicios de primera necesidad en México, es indispensable realizar un estudio que guíe a la solución óptima; de manera que ésto ayude a proporcionar bienes y servicios adecuados para el bienestar de la población, por toda su vida útil. Y además, la solución debe ser económicamente favorable, de modo que los recursos monetarios sean utilizados en un máximo número de proyectos que den servicio a la población.

El caso de Tejupilco es un ejemplo claro del problema de un sin número de poblaciones en México, que carecen de servicios o en su defecto que cuentan con ellos, pero éstos no alcanzan a satisfacer las necesidades reales de la población, y por consiguiente siguen causando molestia a la localidad.

En este proyecto se observan las condiciones tanto de falta de drenaje, como de la contaminación de la población de Tejupilco, con las descargas de aguas residuales en la vía pública, hasta llegar al río del mismo nombre. Lo cual debe detenerse antes de que esto se vuelva un problema social con daños irreparables a la naturaleza y a sus habitantes.

En este proyecto se ha tratado de conjuntar los aspectos técnicos, necesidades sociales y ecológicas, disponibilidad y características de la localidad, así como el factor económico. Lo cual ha sido un punto importante para poder analizar el problema de forma global, y no sólo limitarse al punto de vista de ingeniería, de solucionar técnicamente el tratamiento.

El problema reúne elementos delicados, como son el social y el económico, ya que el estudiar y proyectar considerando al usuario, primer beneficiado, que es de quien surge la necesidad y a los encargados públicos estatales,

quienes tienen la función de llevar este tipo de beneficios a la población, pero también de administrar los recursos económicos disponibles distribuyéndolos equitativamente en toda el área de su jurisdicción.

En Tejupilco, este problema se propone sea solucionado mediante la construcción de lagunas de estabilización mecánicamente aereadas, que como se vió en el transcurso de este proyecto ejecutivo, ha resultado noble y ha permitido satisfacer inmejorablemente cada uno de los puntos de vista que se consideraron de mayor relevancia.

Es un tratamiento que cubre las necesidades de la población, así como las ecológicas, en cuanto a requerimientos netamente locales, esto son:

- Restricciones topográficas. Aún cuando siempre es posible adaptarse a cualquier característica del terreno, mientras menos complicado sea este trabajo, más económica será la inversión inicial, la operación y el mantenimiento. En este caso, ya se tenía un área disponible que cumple con las características técnicas, topográficas, de espacio, accesos, vientos predominantes y de distancia mínima a la población; a las cuales se adecúa satisfactoriamente el tratamiento de lagunas de estabilización.
- Restricciones técnicas. Las lagunas de estabilización han

solventado los aspectos técnicos, como son temperatura, volúmenes y grado de calidad del tratamiento, disponibilidad del personal de operación y mantenimiento, asistencia técnica proporcionada localmente por personal de la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento, y en la adquisición de equipos mecánicos de aereación, que son de sencilla instalación, arranque, operación y mantenimiento.

- Restricciones económicas. El tratamiento resultante en este proyecto, también se ajusta a la disponibilidad de recursos económicos, tanto en su inversión como en su operación, siendo éste uno de los tratamientos más económicos que se utiliza en México.

Las lagunas de estabilización mecánicamente aereadas es un tratamiento bastante utilizado y conocido en México, lo cual es una ventaja que garantiza una óptima implantación y operación de la planta.

RECOMENDACIONES.

Para el desarrollo de proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales, y en sí, generalizable para proyectos varios de infraestructura es conveniente siempre tener presente las siguientes recomendaciones:

- Siempre empezar el análisis desde un marco global de la

situación.

- Considerar el impacto en el entorno social, tanto en magnitud, como en alcance dentro de la población a la cual va a servir, y también considerar las poblaciones vecinas, ya que se dan casos en que el impacto en localidades aledañas es fuerte y negativo.

- Analizar el proyecto desde un marco costo-beneficio, de manera que sea siempre rentable. Las más de las veces, esto no es posible hablando en términos monetarios, ya que la mayoría de los proyectos de infraestructura tienen un alto interés social, político, ecológico, etc; lo cual indica que el análisis cualitativo es muy importante en cada uno de esos factores.

- Las consideraciones y datos técnicos deben tomar en cuenta los factores críticos relevantes y las situaciones extremas, de modo que no se pierda objetividad y precisión en el proyecto, ya que siempre será en detrimento de los objetivos primarios, que en este caso es el servicio público.

- Hacer proyecciones y pronósticos futuros de capacidad y servicio dentro de un marco real, y hasta cierto punto con capacidad sobrada o con posibilidades de expansión, ya que esto permite otorgar un mejor servicio y calidad del mismo. Con esto se espera mantener como un principio siempre presente el evitar obras que resulten obsoletas antes de llegar a su vida útil.

- En este proyecto de Tejupilco se han manifestado recomendaciones técnicas y de proceso constructivo en capítulos anteriores, con el fin de cumplir con condiciones técnicas, constructivas, y de adecuar el servicio de la planta de tratamiento a la demanda, de manera que se inviertan sumas de menor cantidad los primeros años y posteriormente expandirse conforme se haga necesario con la tercera laguna.

- Se hace notar que la flexibilidad en las estructuras del proyecto, que en Tejupilco son las lagunas en paralelo, permite ventajas de construcción, operación, de mantenimiento y de expansión a futuro.

- Recordar que siempre es más económico tener un programa de mantenimiento preventivo, que ejercer el correctivo.

- Es conveniente mantener programas de control de operación para verificar el funcionamiento de la planta, a lo cual a continuación se mencionan factores sobre los cuales debe mantenerse estricto control:

Maleza acuática.

Animales que producen madrigueras.

Vegetación de la laguna.

Espuma.

Olores.

Acumulación de lodos.

Insectos.

Algas en el efluente.
Sobrecarga de la laguna.
Tendencias decrecientes del pH.
Cortocircuitos.
DBD 5
Rereadores en general.

Estos programas de control es conveniente tenerlos mediante manuales de operación y control de la planta, en forma detallada y al alcance del personal encargado de manera que funcionen como guías. Así también, el llevar reportes diarios, semanales y mensuales de cada área, en forma sencilla, rápida y explícita, permite controlar de modo eficaz el funcionamiento de la planta y detectar los problemas oportunamente.

B I B L I O G R A F I A

- WASTEWATER ENGINEERING TREATMENT & DISPOSAL

Second Edition
McGraw Hill, 1979.

- PROGRAMA DE CAPACITACION PARA OPERADORES DE PLANTAS
DE TRATAMIENTO.

S E D U E, 1985.

- PURIFICACION DE AGUAS Y TRATAMIENTO, Y REMOCION DE
AGUAS RESIDUALES

Gordon M. Fair
John C. Geyer
Daniel A. Okun
Editorial LIMUSA, S.A.

- ALCANTARILLADO Y TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS

Harold E. Babbitt
E.R. Baumann
Editorial CECSA
México, 1975.

- SEWAGE TREATMENT PLANT DESIGN

A. Joint Committee of the Water Pollution
Control Federation and the American Society
of Civil Engineers.

- MANUAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS
 Depto. de Sanidad del Edo. de Nueva York
- WATER SUPPLY AND SEWERAGE
 Steel
 McGraw-Hill
- INTRODUCTION TO WASTEWATER TREATMENT PROCESSES
 R.S. Ramalho
 Academic Press, Inc.
 New York, 1977.
- SEWAGE TREATMENT, BASIC PRINCIPLES AND TRENDS
 R.L. Bolton
 Butterworths, 1971
- INGENIERIA SANITARIA
 Edward B. Rodie
 W.A. Hardenberg.
 CECSA, 1966.
- PUBLICACIONES DEL CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA
 SANITARIA (CEPIS)
- ECONOMICS OF INDUSTRIAL WASTE TREATMENT.
 E.F. Gloyne
 University of Texas
- AGUA AEROBIC SYSTEMS
 Instalation, Operation & Maintenance
 Manual, 1984.