UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO TECNICO PARA EVITAR QUE LAS AGUAS RESIDUALES DEL RASTRO FRIGORIFICO DE MORELIA OCASIONEN CONTAMINACION.

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a n

CARLOS RIVERA TAFOYA

AGUSTIN R. GONZALEZ BELTRAN

México, D. F. 1977

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

CLAS TESIS 1977
ADQ M.T. 180
FECHA
PROC

PRESIDENTE: JORGE GARCIA SPAMER

VOCAL :RAMON VILCHIS ZIMBRON

Jurado asignado originalmente SECRETARIO: FERNANDO MALDONADO M.

1er. SUPLENTE: JORGE MENCARINI PENICHE

2do. SUPLENTE: CUTBERTO RAMIREZ CASTILLO

Sitio donde se desarrolló el tema: MEXICO, DISTRITO FEDERAL

S U S T E N T A N T E S

CARLOS RIVERA TAFOYA_____

AGUSTIN RAFAEL GONZALEZ BELTRAN_____

Asesor del tema: FERNANDO MALDONADO MENDOZA_____

CON TODO MI CARIÑO Y RESPETO

DEDICO ESPECIALMENTE ESTE

ESTUDIO A MIS PADRES

Sr. HERMENEGILDO RIVERA CHAVEZ

Sra. MANUELA TAFOYA MORALES

A MIS HERMANOS QUE CON SU
ESFUERZO LOGRARON REALIZAR

MI PROFESION

MARIA SOLEDAD RIVERA TAFOYA

JUAN RIVERA TAFOYA

A MI HERMANA

YOLANDA RIVERA TAFOYA

A

MA. DEL CARMEN AYALA S.

Con todo mi amor

A mis padres

quienes han sabido guiarme

con cariño y comprensíon

César González Sánchez

Gertrudis B. de González

Con todo cariño

a mi esposa VEHELMA

y a nuestro hijo

Rafael

A mis hermanos

César

Jorge

Roberto

Alicia

Rafael

Por su valiosa dirección en la realización
de este estudio a los Ingenieros:

FERNANDO MALDONADO MENDOZA
MARIANO FRANCO ARROYO

CARLOS RIVERA TAFOYA
AGUSTIN RAFAEL GONZALEZ BELTRAN

C O N T E N I D O

	INTRODUCCION.	1
1)	ANTECEDENTES.	2
	1.1. Importancia del recurso hidráulico.	2
	1.1.1. Ciclo hidrológico.	3
	1.1.2. Fuentes de abastecimiento.	7
	1.1.3. Mecanismo de autopurificación de corrientes.	18
	1.2. Control de la calidad del agua para diversos usos.	27
	1.3. Contaminación del agua en México.	47
2)	EVALUACION DE CONTAMINACION.	60
	2.1. Examen de aguas residuales.	60
	2.2. Características de aguas residuales.	64
	2.3. Técnicas de muestreo.	69
	2.4. Técnicas analíticas.	73
3)	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	87
	3.1. Tratamiento previo.	89
	3.2. Tratamiento primario.	90
	3.3. Tratamiento secundario.	95
	3.4. Tratamiento biológico.	96
	3.5. Tratamiento avanzado o terciario.	101
4)	ESTUDIO DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES DEL RASTRO FRIGORIFICO DE MORELIA, MICH.	116

4.1. Datos generales del Rastro Frigorífico. 116

4.2. Significado sanitario de los parámetros analíticos especificados en el reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas residuales. 118

4.3. Cálculos y resultados analíticos de las aguas residuales del rastro frigorífico de Morelia, Mich. 121

4.4. Parámetros analíticos fuera de especificaciones gubernamentales. 125

4.5. Cálculos, cantidad de flujo y determinaciones del mismo. 126

5) SELECCION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO. 137

5.1. Antecedentes. 137

5.2. Alternativas de tratamiento. 139

5.3. Selección de alternativa. 142

5.4. Alternativa empleada. 144

5.5. Características del sistema de tratamiento. 144

6) CONCLUSIONES. 150

BIBLIOGRAFIA. 152

Introducción.

En la presente tesis se establece un estudio de la contaminación que --- provocan las aguas residuales del rastro frigorífico de Morelia Michoacán, — y a su vez el ajuste en la descarga general de aguas residuales a los límites- máximos tolerables, especificados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos en lo referente a: sólidos sedimentables, grasas y aceites, materia flotante,- temperatura y potencial hidrógeno pH; así como también la importancia del re- curso hidráulico y el creciente deterioro que ha venido sufriendo de unos ---- años a la fecha como consecuencia del acelerado crecimiento industrial y ur- bano.

En épocas pasadas la descarga de los desechos domésticos e industria- les a los diferentes cuerpos de agua, no provocaba mayores problemas de -- contaminación debido a la poca cantidad de los mismos y además las aguas -- receptoras tenían la capacidad suficiente para diluirlas totalmente.

El progreso industrial y la explosión demográfica lleva aparejado el -- aumento de la contaminación y una paulatina deformación del medio ambiente amenazando con la posible extinción de algunas especies de vida o alterando-- consecuentemente y quizás de manera irreversible los sistemas ecológicos.

1.1.- Importancia del Recurso Hidráulico.

De la lluvia que se precipita sobre la tierra, la que excede la cantidad necesaria para humedecer una superficie, o para satisfacer las demandas de evaporación, se encuentra disponible como una fuente potencial del abastecimiento de agua, ya sea en forma superficial o subterránea.

Una parte de las aguas subterráneas es aprovechada por la vegetación para sus procesos biológicos y finalmente transpirada a través de sus hojas.

Mientras la que no es retenida por el suelo, se desplaza hacia niveles inferiores acumulándose en estratos impermeables, formando mantos acufferos.

En los depósitos superficiales de agua (presas, lagos, lagunas, ríos, estuarios, mares) y en los terrenos húmedos, la evaporación se lleva a cabo debido a la acción de la energía solar, fenómeno que aunado a la transpiración de las plantas genera la humedad de la atmósfera y la formación de nubes, cuya condensación posteriormente dá lugar a la precipitación pluvial reiniciándose el ciclo.

En el ciclo descrito, han existido equilibrios establecidos en el transcurso de siglos, efectuándose los procesos de contaminación (desechos animales, desechos vegetales, subproductos de los ciclos vegetativos, erupciones volcánicas, etc.) y los procesos de purificación (actividad microbiana, acción solar, etc.) de una manera totalmente espontá-

nea. Es entonces hasta la aparición de los grandes conglomerados huma--- nos cuando se han roto tales equilibrios, ya que no existe actividad huma-- na que pueda desarrollarse sin el concurso del líquido; agua.

Por lo anterior es lógico pensar que si el hombre ha desplazado un -- equilibrio en favor de la contaminación del ambiente está obligado, por propia conveniencia, a tratar de restablecerlo ayudando a la naturaleza en sus procesos de autopurificación.

1.1.1.- Ciclo Hidrológico.

Hidrología es la ciencia que trata del agua en la naturaleza: sus propiedades, distribución y comportamiento. Como tal, proporciona una información básica para la administración de recursos hidráulicos dentro de la estructura de nuestra economía hidráulica e hidrológica; abastecimiento -- de aguas residuales, drenaje e irrigación, energía hidráulica y control decrecientes.

En relación con la atmósfera, la hidrología trata:

. Con la lluvia y otras formas de precipitación, sus causas, origen- magnitud, distribución y variación.

. Con el retorno de la humedad a la atmósfera por evaporación, sublimación y transpiración.

La hidrología de las aguas superficiales trata sobre el escurrimiento o flujo de corrientes y sus variaciones; almacenamiento en estanques, -

lagos y depósitos; características físicas de los sistemas de lagos y ríos;- y el origen y comportamiento de aguas superficiales en general. Esta ra-- ma de la hidrología conocida como hidrografía, está dedicada a:

. Aguas que fluyen a través de arroyos y ríos.

. Aguas dulces almacenadas en estanques, lagos y depósitos.

. Aguas saladas que llenan los mares y océanos.

La hidrología de las aguas subterráneas considera el origen, naturaleza y ocurrencia del agua subsuperficial, su infiltración al suelo, el paso a través de formaciones abiertas y su desprendimiento de ellas. Algunos- aspectos de la hidrología no tienen una aplicación inmediata en la ingeniería de las aguas residuales.

Lo adecuado de los recursos hidráulicos puede establecerse única-- mente en términos hidrológicos. La colección y análisis de la información necesaria son, en general, una responsabilidad del gobierno y en particular de las autoridades que administran las aguas.

Sin la información adecuada, el desarrollo de los recursos hidráulicos se convierte en una incertidumbre económica y en un juego de azar de ingeniería.

La humedad atmosférica se precipita en extensas cantidades en for-- ma de lluvia, nieve, granizo o aguanieve; se condensa en pequeñas cantidades como rocío, escarcha o hielo. Las causas más importantes de la precipitación son el enfriamiento extremo y dinámico y el enfriamiento inter-

no; el enfriamiento dinámico implica la reducción en temperatura de la -- atmósfera acompañada de su expansión conforme las masas de aire su -- ben o son impulsadas a regiones elevadas.

El aire húmedo se mueve hacia arriba principalmente por:

. Corrientes de convección , para causar lluvias convectivas.

. Colinas y montañas, para producir lluvias orográficas.

. Circulación ciclónica, para generar lluvias ciclónicas.

La precipitación convectiva esta ejemplificada por las tormentas -- tropicales. Las masas de aire cercanas a la superficie de la tierra absor ben calor durante el día, se dilatan y toman cantidades crecientes de va- por de agua con un peso específico relativo, cercano a 0.6 en relación -- al aire seco. La masa de aire se vuelve más ligera, se inducen corrien- tes verticales, casi exclusivamente, y arrastran la masa a altitudes ma- yores, donde se expone a un medio circundante más frío y se expande ba jo presión menor. Por enfriamiento tanto externo como dinámico, el va- por de aguas se condensa y a continuación se produce la precipitación.

La precipitación es orográfica cuando las corrientes horizontales- de aire húmedo chocan con cadenas de colinas o montañas que desvían -- las corrientes hacia arriba.

La precipitación ciclónica está asociada con calentamiento no uni- forme de la superficie terrestre y la formación de diferencias de pre-- sión que mueven el aire desde puntos de presión alta hacia otros en que

lo es menor.

La evaporación eleva los requerimientos de almacenamiento de los depósitos y disminuye el rendimiento de lagos y estanques.

Las velocidades de evaporación desde las superficies abiertas de agua varían con la temperatura o presión de vapor del agua y del aire en contacto con la velocidad del viento, la presión barométrica y la calidad del agua. Debido a la interdependencia de estos factores, los efectos individuales no tienen límites definidos.

El suelo húmedo pierde humedad rápidamente hacia la atmósfera; inmediatamente después de una tormenta de lluvia, el agua, interceptada por la vegetación, charcos o lodo sobre tedios y pavimentos, empieza a evaporarse aproximadamente a la velocidad de pérdida de agua profunda. Conforme la humedad libre desaparece, la evaporación se hace más lenta, la humedad intersticial se evapora internamente o se lleva a la superficie capilarmente antes de evaporarse. Siendo los factores gobernantes las características del suelo y la profundidad del agua subterránea.

Las cantidades de agua transpirada varían con la clase y madurez de la vegetación, condiciones de la humedad del suelo y factores metereológicos. En suma los continentes retornan más agua a la atmósfera por transpiración que por evaporación; el área total de exposición de las hojas en un bosque es muy grande en comparación con las partes expuestas de agua y tierra. Además, algunas plantas pueden tomar agua de profun-

didades considerables y transpirarla.

1.1.2.- Fuentes de Abastecimiento.

Para dotar a la población del preciado líquido en forma contínua, -- adecuada y a costo razonable, se cuenta con sistemas de abastecimiento-- de agua.

El agua disponible para abastecimiento puede ser de origen subte — rráneo, superficial o bien producto de la captación directa de aguas pluvia les.

Es natural que estas aguas lleven consigo substancias en solución -- y suspensión, además de microorganismos debido a su contacto con el ai re y suelo. A fin de asegurar la buena calidad del agua y la preservación- de la misma, es preciso elegir con cuidado la fuente de abastecimiento y protegerla convenientemente.

En algunas zonas, las aguas de lluvia interceptadas por los techos-- de las casas, se almacenan en depósitos superficiales y subterráneos, lo que obliga a una adecuada protección de éstos contra toda posible conta-- minación.

Las aguas superficiales son las que mayor problema presentan en - cuanto a calidad, debido a que en su curso pueden ser contaminadas por-- diferentes medios.

La captación de este tipo de aguas, se lleva a cabo en forma direc-

ta por medio de diques, obras de toma y estaciones de bombeo.

Las aguas subterráneas constituyen depósitos importantes para el abastecimiento de este líquido, debido a que generalmente no requieren tratamiento, su temperatura es uniforme, la captación resulta barata, sus volúmenes disponibles son más constantes y las sequías prácticamente no les afectan.

Por todo lo anterior se debe tener cuidado en la elección de la fuente de abastecimiento, y en caso de ser necesario, conducir el agua para su tratamiento a una planta potabilizadora, que asegure su uso sin posibles riesgos para la salud. Una vez tratada se conduce a tanques de almacenamiento y regularización, donde a través de estaciones de bombeo pasará a la red de distribución de la población.

La fuente de agua determina, comúnmente, la naturaleza de las obras de colección, purificación, conducción y distribución. Las fuentes comunes de aguas dulces y su desarrollo son:

. Agua de lluvia.

a) De los techados, almacenada en cisternas, para abastecimientos individuales reducidos.

b) De cuencas mayores preparadas, o colectores, almacenada en depósitos, para suministros comunales grandes.

. Agua superficial.

a) De corriente, estanques naturales, y lagos de tamaño suficien-

te, mediante toma continua.

b) De corrientes, con flujo adecuado de crecientes, mediante toma intermitente, temporal o selectiva de las aguas de avenidas limpias y su almacenamiento en depósitos adyacentes a las corrientes o fácilmente accesibles a ellas.

c) De corrientes con flujos bajos en tiempo de sequía, pero con -- suficiente descarga anual, mediante toma continua de almacenamiento de los flujos excedentes al consumo diario, hecho en --- uno o más depósitos formados mediante presas construídas a lo largo de los valles de la corriente.

. Agua Subterránea.

a) De manantiales naturales.

b) De Pozos.

c) De galerías filtrantes, estanques o embalses.

d) De pozos, galerías y, posiblemente manantiales, con caudales- aumentados con aguas provenientes de otras fuentes; 1) esparcidas sobre la superficie del terreno colector, 2) conducidas a -- depósitos o diques de carga, o 3) alimentadas a galerías o pozos de difusión.

e) De pozos o galerías cuyo flujo se mantiene constante al retornar al suelo las aguas previamente extraídas de la misma fuente --- y que han sido usadas para enfriamiento o propósitos similares.

A bordo de los barcos y en las tierras áridas, en donde el agua dul

ce no se encuentra en disponibilidad inmediata, el agua salada o salobre-- puede tener que ser suministrada para todos los usos, excepto los culinarios y los potables. Los barcos normalmente llevan agua potable en tanques, pero a menudo también producen agua dulce por evaporación del -- agua de mar. Cuando no hay agua dulce para abastecer a la comunidad, -- aquella se transporta por carretera, por ferrocarril o por vía pluvial, o-- se produce total o parcialmente por desalinización más económicamente-- por electrodiálisis; las fuertemente salobres por evaporación y condensación.

Agua de lluvia.

La lluvia es raramente la fuente inmediata de abastecimientos locales de agua. En cambio el acopio de agua de lluvia está confinado a granjas y establecimientos rurales, generalmente en regiones semiáridas, carentes de aguas satisfactorias subterráneas o superficiales. En casas habitación, el agua de lluvia que escurre de los tejidos se conduce a través de canales y ductos de bajada de barriles o cisternas de almacenamiento situados sobre el piso o hechos en suelo naturalmente impermeable o impermeabilizado con recubrimiento, cementado, pavimentación, y otros-- medios similares.

El rendimiento bruto de aguas pluviales es proporcional al área receptora y a la cantidad de la precipitación. Sin embargo, parte del agua-- es arrastrada por el viento hacia fuera de los tejados y alguna se evapora o se pierde humedeciendo las superficies y los ductos colectores, así co-

mo en llenar depresiones y canales inclinados impropiamente. También en ocasiones, debe desperdiciarse la primera corriente de agua porque contiene polvo, desechos de pájaros y otras substancias indeseables. La pérdida total puede ser alta. Una compuerta desviadora o deflectora colocada en el ducto de bajada permite la diversión selectiva del agua no deseada en el sistema. Los filtros de arena permiten limpiar el agua a su entrada a la cisterna y previenen su deterioración debida a crecimiento de organismos ofensivos y a los cambios consecuentes en sabor, olor y a otras alteraciones en su apariencia y buen gusto.

El almacenamiento proporcionado por las cisternas depende de la distribución de las lluvias, varía con la duración de los períodos secos y se aproxima generalmente a un valor comprendido entre un tercio y la mitad del consumo anual. Al captar lluvias de intensidad elevada, deberá procurarse capacidad suficiente de reserva anterior a la filtración. Los tejados raramente suministran mucha agua, debido a que su área es pequeña . Se requiere, por lo tanto, un análisis escrupoloso de las tormentas pluviales y de las variaciones de la precipitación durante las estaciones.

Aguas superficiales.

En algunos lugares, los volúmenes mayores de aguas locales, se obtienen de fuentes superficiales. Las cantidades que pueden captarse varían directamente con el tamaño del área colectora, o cuenca hidrológica, así como con la diferencia entre las cantidades que caen sobre ella

y las que se pierden por evaporacion y transpiración. Si las cuencas de -- aguas superficiales y aguas subterráneas no coinciden, puede entrar algo de agua subterránea desde áreas cercanas de captación o bien, escapar ha_ cia ellas.

Almacenamiento.

Los ingenieros, en la búsqueda de aguas limpias que puedan llevar-- se y distribuirse a la comunidad por gravedad, han desarrollado abasteci-- mientos procedentes de corrientes de las tierras altas. La mayoría de --- ellas se captan cerca de sus fuentes, en regiones esparcidas y elevadas.-- Para que sean útiles su descarga anual debe ser igual o mayor que la de-— manda de la comunidad que van a abastecer durante algunos años. Debido- a que en un tiempo de sequía sus flujos son escasos en relación a los requ_ rimientos municipales, sus crecientes deberán almacenarse en cantidad — que asegure un abastecimiento adecuado. Los depósitos necesarios se lo-- gran construyendo presas a través del valle de la corriente. En esta forma puede utilizarse una cantidad de agua equivalente al flujo medio anual. El - área que drena hacia los almacenamientos se conoce como área de capta-- ción o cuenca hidrológica. Su desarrollo económico depende del valor del-- agua en la región, pero es también una función del escurrimiento y de su- variación, de la accesibilidad de la cuenca, de la interferencia con dere-- chos existentes sobre aguas y de los costos de construcción. Deberán dar- se tolerancias para compensar la evaporación de las nuevas superficies — de agua creadas por el almacenamiento, y a menudo también para conside_

rar la descarga de flujos en el valle situado aguas abajo de la presa (agua de compensación). Deberá considerarse también el aumento de depósitos-- de tierra en el suelo y la disminución gradual de los volúmenes de los al-- macenamientos por azolvamiento.

Las construcciones para la toma se incorporan a las presas de alma cenamiento o se mantienen separadas.Otros componentes importantes de- los depósitos de almacenamiento son :

. Vertedores de seguridad que facilitan el paso de flujos en exceso a la capacidad del depósito y,

. Ductos desviadores que permiten el paso seguro de la corriente -- fuera del sitio de la construcción hasta que el depósito quede terminado y- su vertedor entre en acción. El análisis de los registros decrecientes for man parte del diseño de estas construcciones auxiliares.

Algunos abastecimientos procedentes de depósitos tienen agua sufi-- cientemente segura, atractiva y de buen gusto como para ser usada sin — otro tratamiento que su desinfección protectora. Sin embargo, en ciertos- casos puede ser necesario eliminar el color obscuro del agua almacenada y propio de la descomposición de la materia orgánica en los pantanos y en el fondo del valle inundado, los olores y sabores generados por la putre-- facción o crecimiento de algas, especialmente durante los primeros años- después del llenado y la turbidez (arcilla, o limo finamente divididos) — arrastrada hacia las corrientes o depósitos por deslave de las cuencas hi drológicas y depósitos puede hacer necesario el tratamiento del agua ex--

traída del almacenamiento.

Gran parte del agua de corrientes, estanques, lagos y depósitos en- tiempos de sequía, o cuando la precipitación está congelada, es transmi-- nación del suelo. Sin embargo, se le clasifica como escurrimiento super_ ficial en lugar de como agua subterránea. El agua brota del suelo cuando- las corrientes superficiales son elevadas. La salida de agua de almacena_ mientos subterráneos o de acumulaciones de nieve en las montañas altas - es un factor determinante en el rendimiento de algunas áreas de captación. Aún cuando las aguas superficiales se derivan de la precipitación, las re_ laciones entre precipitación, escurrimiento, filtración, evaporación y -- transpiración son tan complejas que los ingenieros prefieren basar correc_ tamente sus cálculos de rendimiento sobre los aforos disponibles de las - corrientes. Para facilitar una información adecuada, los aforos deben re- ferirse a una serie de años.

Agua Subterránea.

Menores en su aportación diaria, pero muchas veces más numero-- sos que los abastecimientos superficiales, son los suministros subterrá-- neos municipales y privados. Las aguas subterráneas se extraen de mu-- chas formaciones geológicas:

. De los poros de depósitos aluviales (arrastrados por las aguas).- glaciales o eolianos (arrastrados por los vientos) de materiales granu - lares no consolidados, tales como arena y grava y de materiales consoli_

dados como arenisca;

. De los pasajes, cavernas y planos de fractura de soluciones en rocas sedimentarias, tales como piedra caliza;

. De las fracturas y fisuras de rocas ígneas;

. De combinaciones de estas formaciones geológicas consolidadas y no consolidadas.

Las fuentes subterráneas,también tienen un área de toma o captación, pero la alimentación o recarga se produce por infiltración a las aberturas del suelo, en lugar a escurrimiento sobre su superficie. El área de alimentación puede encontrarse cercana o a una distancia considerable, especialmente cuando el flujo está confinado dentro de un estrato freático o acuífero, yacente bajo un estrato impermeable.

El rendimiento máximo de agua subterránea es directamente proporcional al tamaño del área de toma y a la diferencia entre la precipitación y la suma de la evaporación y transpiración y el escurrimiento de las tormentas.

El flujo se extiende lateralmente a través de la anchura del acuífero verticalmente, es tan profundo como la zona de poros abiertos y pasajes en la costra de la tierra y tan vadoso como el nivel freático. Cuando la superficie del agua sube y baja con los cambios de estación en la recarga, el flujo es no confinado o libre y el nivel freático se inclina hacia abajo, más o menos paralelamente a la superficie del suelo.

El agua subterránea sale a ls auperficie a través de los manantiales:

. Cuando la superficie del suelo cae bruscamente bajo el nivel freático normal (manantiales de depresión);

. Cuando una obstrucción geológica lleva tras de sí agua del suelo y la fuerza hacia la superficie (manantiales de contacto);

. Cuando una falla en un estrato impermeable permite al agua artesiana escapar de su confinamiento (también manantiales de contacto).

Debido a la elevada resistencia de los poros normalmente estrechos del suelo, el agua avanza solo lentamente, viajando en un año una distancia igual a la que el flujo de corriente recorre en una hora. Las relaciones de flujo normales, son raramente mayores de unos metros por hora y no son menores de algunos metros por día, en acuíferos que proporcionan abastecimiento de agua útiles. Sin embargo, si se perfora un pozo en el suelo y se disminuye el nivel del agua en él por bombeo, el agua descarga al pozo, no sólo desde la dirección del flujo natural, sino desde todas las direcciones. Es por ello que los pozos pueden espaciarse a una distancia muchas veces mayor que su diámetro propio e interceptar aún la mayor parte del agua que escaparía a través del espacio intermedio.

Manantiales.

Los manantiales, normalmente se aprovechan para captar el flujo natural de un acuífero. Bajo circunstancias favorables, su rendimiento -

puede aumentarse mediante la introducción de tubos colectores o galerías, situadas más o menos horizontalmente, dentro de las formaciones freáticas que los alimenta, la polución, generalmente , se origina cerca del -- punto de captación. Esta se previene:

. Excluyendo la infiltración de aguas poco profundas, circundando el manantial mediante una cámara hermética que penetre hasta una distancia segura dentro del acuífero y,

. Desviando el escurrimiento superficial hacia fuera de la vecindad inmediata. Algunos manantiales rinden menos de (3.785 lpm), otros producen más de (189 mld). Unos son perennes; otros son periódicos o intermitentes durante las estaciones.

Pozos.

Dependiendo de las formaciones geológicas a través de las que pasan y de su profundidad, los pozos son excavados, clavados, perforados o barrenados en el suelo. Los pozos excavados y clavados están restringidos comúnmente a suelo suave, arena y grava, a profundidades normal -- mente menores de 30 m. Los suelos duros y la roca requieren general -- mente pozos perforados o barrenados hasta profundidades de cientos de -- metros. En regiones bien provistas de agua los pozos que tienen éxito, -- de profundidad y diámetro moderados, proporcionan de (5 a 200 lps) en-- roca dura, y de (200 a 1500 l/s) en arena y arena gruesa, así como en-- arenisca gruesa. Los pozos de acuíferos profundos pueden suministrar -- 400 l/min o más.

Excepto en roca dura, particularmente piedra caliza, sin cubierta -- de arena o grava, los pozos, generalmente, no sufren polución por infil-- tración lateral, sino por entrada vertical de los poluyentes en la superfi-- cie del suelo o cerca de ella.

La polución se excluye:

. Mediante revestimientos herméticos o sellos que penetran en el -- acuífero por lo menos 3 m bajo la superficie del área del pozo y su protec_ ción contra inundaciones por corrientes cercanas.

1.1.3.- Mecanismo de Autopurificación de corrientes.

Cuando en una corriente se disuelven pequeñas cantidades de dese -- chos se inicia el proceso de autopurificación natural del agua, llevado a -- cabo por bacterias y otros microorganismos que degradan la materia orgá_ nica convirtiéndola en compuestos más simples (bióxido de carbono, agua y otros productos estables). Dichos microorganismos para llevar a cabo-- este proceso requieren consumir oxígeno, el cual toman en forma disuelta del agua, por transferencia del aire atmosférico o debido a la acción foto- sintética de la flora acuática.

Si solo pequeñas cantidades de desechos son descargadas en una -- corriente, el oxígeno utilizado para tales transformaciones es rápidamen- te recuperado. El problema se crea cuando las concentraciones de dese -- chos vertidos en la corriente son grandes y el oxígeno requerido para lle- var a cabo dichos procesos es insuficiente, dando lugar a un creciente dé-

ficit de este preciado elemento indispensable para la subsistencia de la - flora y la fauna acuáticas.

Por tal motivo todo programa para prevenir y controlar la contaminación del agua deberá tener como renglón importante la conservación del oxígeno disuelto en cantidad suficiente con el fin de preservar el biota -- acuático y que los procesos naturales de autopurificación se realicen en - forma adecuada.

Para eliminar las impurezas que recoge el agua durante su trayec-- toria natural desde las nubes hasta el mar, sobre y a través de la tierra - y cuando la usa el hombre, el ingeniero, igual el médico que atiende a un paciente, con frecuencia debe aprovechar el poder curativo de la natura-- leza.

Si se le dá la oportunidad de actuar sola, esta fuerza natural libra-- al agua contaminada de las impurezas,en la misma forma que la acción -- coordinada de las defensas naturales del cuerpo lo limpia de las infecciones.

Debido a que ésta es la forma en que actúa la naturaleza, el ingeniero debe familiarizarse no sólo con el " síndrome" de la contaminación y- con los métodos para su prevención o curación, sino también con las fuerzas de la autopurificación o purificación natural, que por sí solas logran- disminuir los " síntomas" de la contaminación. Para este propósito, debe ser capaz de:

. Identificar los orígenes y grados de la contaminación.

. Calcular o medir las magnitudes de las fuerzas que intervienen-- en la purificación natural.

. Reconocer las limitaciones de estas fuerzas.

. Prescribir un régimen que prometa alcanzar una solución, ya sea en forma espontánea o a través de un medio externo coadyuvante.

Las fuerzas naturales de la purificación-físicas, químicas y biológicas-, son múltiples y variadas. En conjunto, se encuentran estrecha -- mente relacionadas entre sí y mutuamente dependientes.

Modelos de la Contaminación y de la Purificación Natural.

Cuando los contaminantes domésticos y similares se descargan en-- el agua, se produce una sucesión de cambios en la calidad de la misma.-- Si los contaminantes se vacían a un lago en el que las corrientes próxi -- mas a la descarga sean lentas y cambian de dirección con el viento, los-- cambios ocurren en forma paulatina, su localización se desplaza esporá- dicamente y por lo tanto hay una sobreposición.

El patrón de cambio resultante no se encuentra definido claramente. Por otra parte si el agua se aleja a un ritmo uniforme de la descarga, como en una corriente, los cambios sucesivos se propagan a diferentes distancias en el río y establecen un perfil de contaminación y purificación natural tan bien definido, que se le puede formular con buen éxito. Sin em-- bargo, no existe un patrón fijo en la mayor parte de las corrientes, sino-

que dicho patrón cambia longitudinalmente hacia arriba y abajo de la co-- rriente acuática y se modifica en intensidad con los cambios de estación- e hidrografía. La intensidad de la contaminación aumenta durante las es- taciones calientes y soleadas, así como en los períodos de nivel bajo del- río. Se suprime durante el clima frío y nublado y también cuando el río - se encuentra en creciente. La capa de hielo impone un modelo propio. Un decremento en la carga contaminante resulta similar a un aumento en el- escurrimiento de la corriente. Cuando se vierte una carga única y fuerte de materia orgánica putrefacta a una corriente limpia, el agua se entur - bia, la luz solar no puede llegar a las profundidades y mueren plantas -- verdes que, mediante la fotosíntesis, remueven el bióxido de carbono de- las aguas y les proporcionan oxígeno. Los organismos que se alimentan- de desperdicios aumentan hasta equilibrar el abastecimiento de alimen-- tos. La intensidad de sus actividades vitales se refleja en la magnitud de la demanda biológica de oxígeno. (DBO)

Según la hidrografía de la corriente, la materia en suspensión es - arrastrada por el agua o cae hacia el fondo por sedimentación. El espe-- sor de los depósitos que se acumula en el fondo varía desde una delgada- capa contaminante hasta pesados bancos de lodos.

La purificación natural de las aguas contaminadas nunca es rápida- y las corrientes fuertemente contaminadas pueden cruzar grandes distan_ cias durante muchos días de flujo, antes de que se alcance un grado con- siderable de purificación. La autopurificación de las aguas subterráneas

contaminadas difiere apreciablemente de la de las aguas superficiales. La variedad de organismos vivientes que se alimenta de las substancias contaminantes, se encuentra sumamente restringida en el confinamiento y obscuridad del espacio entre los poros del suelo. Pero esta reducción en la purificación biológica se compensa con creces mediante la purificación física a través de la filtración. En general, se incrementa grandemente la velocidad de purificación y decrecen, en dimensión, el tiempo y la distancia del trayecto de la contaminación.

Si la contaminación se mantiene dentro de límites, contribuye a la fertilidad del agua receptora y a las poblaciones acuáticas resultantes. Entonces, los peces se alimentan en los pastizales acuáticos que obtienen los elementos para su crecimiento del nitrógeno, fósforo y otros constituyentes fertilizantes de las materias de desecho. La utilización de las aguas residuales sedimentables para la fertilización de los estanques de peces es un ejemplo de contaminación controlada; también lo es, la posibilidad de cosechar planctón proteínico en las lagunas de oxidación. Sin embargo, en la fertilización de fuentes acuáticas mediante aguas domésticas residuales nunca se debe perder de vista el peligro de diseminar enfermedades a través de alimentos de plantas o animales; ni en la sobrefertilización y entroficación consecuente de las aguas receptoras, especialmente los lagos.

La contaminación natural dá por resultado, la entroficación natural, de la que es responsable escurrimiento de las áreas de captación no cul-

tivadas o no desarrolladas por alguna otra razón. La contaminación cultivada produce entroficación cultivada, que resulta de la administración del agua y tierra por parte del hombre.

Parámetros de la contaminación y de la Purificación natural.

El grado de contaminación y de purificación natural se puede medir- física, química y biológicamente. Dependiendo de la naturaleza de las -- sustancias contaminantes y de los usos que la masa receptora de agua (o del agua tomada de ella) vaya a satisfacer, se pueden hacer mediciones -- de turbiedad, color, olor, nitrógeno en sus varias formas, fósforo, de -- manda bioquímica de oxígeno, materia orgánica, oxígeno disuelto y otros gases, substancias minerales de muchas clases, bacterias y otros micro_ organismos.

Cuando se van a usar aguas contaminadas para fines municipales o- para natación, generalmente se les examina respecto a la prevalescencia del grupo de organismos coliformes. Los cambios longitudinales en las - concentraciones coliformes establecen:

. El progreso de la autopurificación bacteriana.

. El peligro relativo de infección en que se incurre al ingerir el -- agua.

. El grado de purificación a que se debe someter el agua antes de - que se pueda utilizar con seguridad y satisfacción.

. Cuando el criterio consiste en la molestia de contaminación de --

las aguas receptoras, se confía en el oxígeno disuelto y la demanda bio-- química de oxígeno tomados en conjunto para trazar el perfil de la contaminación y la purificación natural en que puede basarse el cálculo de ingeniería sobre las cargas contaminantes permisibles.

La demanda bioquímica de oxígeno identifica de una manera completa la carga degradable agregada al agua receptora o que permanece en -- ella en cualquier tiempo dado, el oxígeno disuelto identifica la capacidad de la masa de agua para asimilar la carga impuesta por sí mismo o con— ayuda de la reaireación mediante el oxígeno absorbido principalmente --- desde la atmósfera pero posiblemente desprendido hacia el agua por las - plantas verdes.

Importancia del factor D.B.O. en la autopurificación de Corrientes.

La prueba de la demanda bioquímica de oxígeno (abreviada como — D.B.O.) esencialmente consiste en la determinación del oxígeno disuelto (O.D.) utilizado por los microorganismos aprófitos en la estabilización— a través de su descomposición de la materia orgánica contenida en los desechos industriales; por lo tanto, la D.B.O. es una cuantificación indirecta de la cantidad de materia putrescible o desagradable presente en los-- desechos industriales y una medición directa del oxígeno necesario para- la vida de los microorganismos responsables de esa descomposición, bacterias principalmente.

Bajo condiciones aerobias, o sea en la presencia de oxígeno disuel-

to el aumento de la descomposición y por ende de la estabilización de la — materia orgánica contenida en los desechos industriales o en las aguas — receptoras se refleja en la satisfacción gradual de la D.B.O.

En la naturaleza, las aguas limpias se encuentran saturadas, o casi saturadas, con oxígeno disuelto. Por consiguiente, las materias de dese-- cho que se descargan en las aguas naturales generalmente experimentan — una descomposición aeróbica. Sólo cuando el suministro de oxígeno disuel to o que se toma en solución-principalmente de la atmósfera-no puede man tener proporción con la D.B.O. de la carga de desechos, convierte el agua en anaeróbica y con ella el tipo de descomposición.

Pero cuando el resultado final de ambas clases de descomposición— es un agua purificada, sus manifestaciones son tan diferentes como las con diciones que se obtienen en una unidad de lodos activados por una parte, -- y en un tanque séptico por la otra. Las aguas receptoras aeróbicas tienen- un aspecto razonablemente limpio y están libres de olor. Dentro de cier-- tos límites continúan manteniendo poblaciones de animales y plantas nor-- males. En cambio las aguas anaeróbicas se hacen negras, desagradables y de mal olor, y su flora y fauna normales se destruyen.

Las molestias asociadas con las aguas receptoras sépticas se ha -- cen sentir por sí mismas durante largas extensiones del río, porque la -- descomposición anaeróbica es generalmente lenta.

Se establece de acuerdo a lo anterior que la economía de oxígeno de

las aguas receptoras es de importancia primordial. Con objeto de mantener una cuenta blanceada, la demanda biológica de oxígeno en el lado de los débitos no debe exceder al oxígeno disponible en el lado de los créditos. El ejercicio de la D.B.O. dá por resultado la desoxigenación de las aguas receptoras. La absorción del oxígeno procedente de la atmósfera y de las plantas verdes durante la fotosíntesis origina la reoxigenación o reaireación de las aguas receptoras y el intervalo entre la desoxigenación y la reaireación produce el perfil del oxígeno disuelto de una corriente, denominado retardo del oxígeno.

Remoción de los afluentes de aguas residuales a los lagos o al mar.

La dispersión natural de los afluentes de aguas residuales en los lagos y aguas costaneras es con frecuencia pobre. En ausencia de viento y mareas existe un mezclado turbulento escaso, las aguas residuales y las aguas receptoras generalmente difieren en densidad; ambos fluídos siguen las trayectorias de menor resistencia. Las aguas de los lagos son generalmente más frías, y por consiguiente, más pesadas que los efluentes de aguas residuales, y el agua de mar es aún más pesada debido a su contenido de sal.

Los afluentes descargados en la superficie, o cerca de ella, de las aguas receptoras más densas, tienen propensión a deslizarse sobre ellas. Si se descargan a alguna profunidad bajo la superficie, se esparcen rápidamente en forma de abanico. Debido a que la difusión química es lenta, la dispersión natural o el mezclado de aguas distintas es funda

mentalmente una función del viento, las corrientes y las mareas.

La exploración hidrográfica de las aguas receptoras indicará que-- tan efectiva será probablemente la dispersión o dilución natural y si ha-- brá contaminación o no de tomas de agua, playas de balnearios, bancos - ostrícolas o propiedades costeras.

En los lagos y estanques, las corrientes de desplazamiento y las co rrientes provocadas por el viento, así como la temperatura y otros efec- tos de la densidad, gobiernan el grado de mezclado.

1.2.- Control de la calidad del agua para diversos usos.

En el siglo pasado, el desarrollo industrial y el crecimiento demo- gráfico de las zonas urbanas, se realizaron a un ritmo de acuerdo a las- necesidades de la población existente.

Al iniciar el presente siglo, como consecuencia de la explosión de- mográfica, los centros urbanos se desarrollaron en forma no prevista--- los campos agrícolas empezaron a tener una explotación intensiva, las -- plantas de generación de energía hidroeléctrica se multiplicaron, la es-- cazes de productos agropecuarios produjo un considerable incremento en el aprovechamiento de productos piscícolas satisfaciendo en cierta medi da la demanda de alimentos y en esta forma el desarrollo general del --- país, presentándose paralelamente el fenómeno de la industrialización.

Los núcleos de población, la industria, la agricultura, la pezca,--

la generación de energía y otras actividades, fundamentales del proceso-- de desarrollo, incrementaron el uso de agua limpia natural, regresando-- a las mismas fuentes de abastecimiento, una porción de ese recurso con- un descenso considerable de su calidad reduciendo, por lo tanto, la dispo_ nibilidad del vital elemento para otras actividades, o para el incremento - de las mismas.

La inadecuada distribución, gran demanda y calidad inferior a los - requerimientos de las diversas necesidades, procrearon la escazes del re_ curso agua y orilló a los gobiernos y dependencias responsables de su ma_ nejo a establecer prioridades para su aprovechamiento. En México, di -- chas prioridades las establece la Ley Federal de Aguas.

Por los mismos motivos que se establecieron prioridades para el -- aprovechamiento de volúmenes de agua, se hace necesario establecer prio_ ridades en cuanto a la conservación de la calidad del recurso, entre los - primeros países que reconocieron la necesidad de legislar para conservar la calidad del agua en su estado natural a fin de obtener su mejor aprove- chamiento, fueron entre otros: Inglaterra, Alemania, Estados Unidos de- Norteamérica; los ordenamientos jurídicos promulgados hasta la fecha -- para prevenir y controlar la contaminación del agua se han basado prin- cipalmente en la prohibición de arrojar basura y desperdicios que degra-- den o alteren la buena calidad del agua.

Calidad del agua para fines domésticos.

La calidad del agua para fines domésticos que se suministra en sistemas de agua potable centralizados, deberá cumplir con lo establecido -- por la Secretaría de Salubridad y Asistencia según tabla No. 1 (anexa)

Estas normas son congruentes con aquellas establecidas por la Or-- ganización Mundial de la Salud. Sin embargo, cuando se habla de un cuerpo receptor de agua cualquiera, para ser usado en un sistema centralizado de agua potable; el concepto de calidad varía para cada una de las fuentes en particular:

Se puede mencionar en forma general que:

. Para que un agua natural pueda aprovecharse en uso doméstico, se rá necesario que tenga una calidad tal que con un tratamiento convencio-- nal de potabilización, el agua cumpla con las normas de calidad de la ---- tabla No. 1

. Algunas normas que se han especificado a nivel de recomendación podrían ser excedidas únicamente como resultado de las características-- del agua en su forma natural, más no por causa de alguna descarga de re siduos por ejemplo: dureza, salinidad y otros que pueden ser impuestos-- pués dependen principalmente del aspecto económico y de los deseos de la comunidad. Las normas actuales requieren de una cantidad considerable- de datos explicativos de saneamiento ambiental, técnicas de muestreo y- otros.

Un caso especial es el aspecto bacteriológico, para el cual la " Fe-

deral Water Quality Administration" recomienda 10 000 organismos coliformes por 100 ml y 2000 coliformes fecales por 100 ml. En general, la tabla No.2 (anexa) muestra el criterio para los cuerpos de agua superficiales que se utilizan para abastecimiento público de agua potable. La tabla No.3 (anexa) muestra la concentración máxima permisible de ciertos contaminantes, según las normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud.

Del análisis cuidadoso de las tablas anteriores, se puede concluir que:

. Las características físicas de una agua natural: turbiedad, color, sabor y temperatura son de una flexibilidad importante. La comunidad misma y el aspecto financiero determinan el nivel a que habrá de potabilizarse el agua, siempre y cuando las características químicas, bacteriológicas y radiológicas cumplan con aquellas marcadas en las Tablas 2 y 3 según explicaciones de la tabla No.3.

. La DBO, la DQO, los sólidos y el oxígeno disuelto, se analizan y consideran en el punto en que se toma el agua para su distribución.

Por lo tanto, de acuerdo a las especificaciones anteriores, se tiene que el control de las substancias y compuestos químicos deberá alcanzarse; con la combinación de la dilución y tratamiento de las aguas residuales para usos benéficos del agua. Esto es, la calidad requerida para usos domésticos deberá ser alcanzada con el "manejo de la calidad del cuerpo receptor", o en otras palabras, en el control de la contaminación de la

fuente misma de abastecimiento.

TABLA No. 1

NORMAS MEXICANAS DE CALIDAD PARA AGUA POTABLE

Se considera agua potable a toda aquella cuya ingestión no cause -- efectos nocivos a la salud, para lo cual deberá llenar los requisitos si-- guientes:

I.- CARACTERES FISICOS:

De preferencia, la turbiedad del agua no excederá del número 10 -- (diez) de la escala de sílice, y su color del número 20 (veinte) de la esca la de platino cobalto. El agua será inodora y de sabor y temperatura --- agradables.

De no poderse cumplir con los requisitos anteriores, se admitirán aquellos caracteres físicos que sean tolerables para los usuarios, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde los puntos de-- vista bacteriológicos y químicos.

II.- CARACTERES QUIMICOS:

Un contenido por millón de elementos iónes y substancias que a con tinuación se expresan:

Nitrógeno (N) amoniacal, hasta	0.50
Nitrógeno (N) protéico, hasta	0.10

Nitrógeno (N) de nitritos (con análisis bacteriológico aceptable hasta)	0.05
Nitrogeno (N) de nitrato, hasta	5.00
Oxígeno (O), consumido en medio ácido, hasta	3.00
Oxígeno (O) consumido en medio alcalino, hasta	3.00
Sólidos totales de preferencia hasta 500, pero tolerándose a	1000
Alcalinidad total, expresada en $CaCO_3$ hasta	400
Dureza total, expresada en $CaCO_3$ hasta	300
Dureza permanente o de no carbonatos, expresada en $CaCO_3$ en aguas naturales de preferencia, hasta	150
Cloruros expresados en Cl^-, hasta	250
Sulfatos expresados en $SO_4^=$ hasta	250
Magnesio, expresado en Mg^{++}, hasta	125
Zinc, expresado en Zn^{++}, hasta	15.00
Cobre, expresado en Cu^{++}, hasta	3.00
Fluoruros, expresados en F^-, hasta	1.50
Fierro y Manganeso, expresados en Fe^{++} y Mn^{++} hasta	0.30
Plomo, expresado en Pb^{++}, hasta	0.10
Arsénico, expresado en As^{+++}, hasta	0.05
Selenio, expresado en Se^{+++}, hasta	0.05
Cromo, exavalente, expresado en Cr^{+++}, hasta	0.05
Compuestos fenólicos, expresados en fenol, hasta	0.001
Cloro libre, en aguas cloradas, no menos de	0.20
Cloro libre, en aguas sobre cloradas, no menos de 0.20 ni más de	1.00

III.- CARACTERES BACTERIOLOGICOS.

El agua estará libre de gérmenes patógenos procedentes de contaminación fecal humana.

Se considerará que una agua está libre de esos gérmenes cuando la investigación bacteriológica dé como resultado final:

. Menos de 20 (veinte) organismos de los grupos coli y coliformes por litro de muestra, definiéndose como organismos de los grupos coli y coliformes todos los bacilos no esperógenos, Gram negativos, que fermenten el caldo lactosado con formación de gas.

. Menos de doscientas (200) colonias bacterianas por centímetro cúbico de muestra, en la placa de agar incubada a 37° C por 24 h.

. Ausencia de colonias bacterianas licuantes de gelatina, cromógeneas o fétidas, en la siembra de un centímetro cúbico de muestra en gelatina incubada a 20° C por 48 h.

IV.- LAS AGUAS TRATADAS QUIMICAMENTE PARA CLARIFICACION O ABLANDAMIENTO, DEBEN SATISFACER LOS TRES REQUISITOS SIGUIENTES:

. La alcalinidad a la fenolftaleína calculada como $CaCO_3$ será menor de 15 partes por millón, más 0.4 veces la alcalinidad total, con un pH inferior a 10.6

. La alcalinidad de carbonatos normales será menor de 120 partes

por millón, para lo cual lo cual la alcalinidad total, en función del pH, -- estará limitada según la escala siguiente:

Valor del pH	Alcalinidad total máxima expresada en $CaCO_3$
8.0 a 9.6	400
9.7	340
9.8	300
9.9	260
10.0	230
10.1	210
10.2	190
10.3	180
10.4	170
10.5 a 10.6	160

. La alcalinidad total no excederá a la dureza total en más de-- 35 mg por litro o partes por millón, ambos calculados como $CaCO_3$.

TABLA No. 2

NORMAS PARA AGUAS SUPERFICIALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PUBLICA

Constituyentes	Normas permitidas	Normas Deseadas
Físicas:		
Color (Unidad de color)	75	< 10
Olor		Virtualmente ausente.
Temperatura*	Agradable	
Turbiedad	5	Virtualmente ausente.
Microbiológicas:		
Organismos coliformes	10000/100 ml[1]	< 100/100 ml[1]
Coliformes Fecales	2000/100 ml[1]	< 20/100 ml[1]
Compuestos inorgánicos:	(mg/l)	(mg/l)
Alcalinidad total	400	400
Amoníaco	0.5 (como N)	0.01
Arsénico*	0.05	Ausente
Bario	1.0	Ausente
Boro*	1.0	Ausente
Cadmio*	0.01	Ausente
Cloruro	250	< 25
Cromo hexavalente	0.05	Ausente
Cobre*	1.0	Virtualmente ausente.
Oxígeno Disuelto	≥4(prom. mensual) ≥3(muestra indiv.)	Cerca a la saturación
Fluoruro*	1.5	1.5
Dureza Total*	300	300
Fierro (filtrable)	0.3	Virtualmente ausente.
Plomo*	0.05	Ausente
Manganeso (filtrable)*	0.05	Ausente
Nitratos más nitritos	10.0 (como N)	Virtualmente ausente.
pH (ámbito)	6.0 - 8.5	
Selenio*	0.01	Ausente
Plata*	0.05	Ausente
Sulfatos*	250.0	< 50
Sólidos totales disueltos* (residuo filtrable)	500.0	< 200
Ion Uranilo	5.0	Ausente

Constituyentes	Normas permitidas	Normas deseadas
Zinc*	5.0	Virtualmente ausente.
Compuestos Orgánicos:	(mg/l)	(mg/l)
Extractos de carbón en cloroformo (CCE)	0.15	$\leq$ 0.04
Cianuro*	0.20	Ausente
Substancias activas al azul de metileno (detergentes)	0.5	Virtualmente ausente
Aceites y grasas*	Virtualmente ausente	Ausente
Pesticidas:		
Aldrín*	0.017	Ausente
Clordano*	0.003	Ausente
DDT*	0.042	Ausente
Dieldrín*	0.017	Ausente
Endrín*	0.001	Ausente
Heptacloro*	0.018	Ausente
Hepóxido de heptacloro*	0.018	Ausente
Lindano	0.056	Ausente
Metoxicloro	0.035	Ausente
Fosfatos orgánicos más carbonatos*	0.1[2]	Ausente
Toxafeno*	0.005	Ausente
Herbicidas:		
2,4-D más 2,4,5-T más 2,4,5 TP*	0.1	Ausente
Fenoles*	0.001	Ausente
Radioactividad:	(pc/l)	(pc/l)
Beta neta*	1,000	$\leq$ 100
Radio 226*	3.0	$\leq$ 1
Estroncio 90*	10.0	$\leq$ 2

* El tratamiento definido en el proceso tiene poco efecto sobre este constituyente.

1 Los límites microbiológicos son promedios aritméticos mensuales basados sobre un adecuado número de muestras.
El límite del coliforme total puede ser mayor si la concentración del coliforme fecal no excede del límite especificado.
Water Quality Criteria.- Federal Water Pollution Control Administration (1968)

TABLA No. 3

CARACTERISTICAS QUIMICAS EN LOS CUERPOS DE AGUA UTILIZADOS PARA ABASTO PUBLICO (OMS)

Compuestos que afectan la potabilidad del agua	Límite máximo permitible
Substancia	
Sólidos disueltos totales	1500 mg/l
Fierro	50 mg/l
Manganeso suponiendo que el contenido de amoníaco es menor que 0.5 mg/l	5 mg/l
Cobre[a]	1.5 mg/l
Zinc [a]	1.5 mg/l
Magnesio más sulfato de sodio	1000 mg/l
Sulfonato de alquil-bencilo (ABS[b])	0.5 mg&l
Compuestos peligrosos para la salud	
Nitratos (NO_3^-)	45 mg/l
Fluoruros	1.5 mg/l
Substancias tóxicas	
Substancias fenólicas	0.002 mg/l
Arsénico	0.05 mg/l
Cadmio	0.01 mg/l
Cromo	0.05 mg/l
Cianuro	0.2 mg/l
Plomo	0.05 mg/l
Selenio	0.01 mg/l
Substancias radioactivas (Actividad total beta)	1000 uuc/l

Indicadores Químicos de Polución	Límite mínimo de polución
Demanda química de Oxígeno	10 mg/l
Demanda bioquímica de Oxígeno	6 mg/l
Nitrógeno de NO_3^-	1 mg/l
NH_3	0.5 mg/l
Extracto de carbón por cloroformo (ECC poluyentes orgánicos)	0.5 mg/l
Grasa	1 mg/l

Continúa..

Normas bacteriológicas	NMP/100 ml bacterias coliformes
I.- Calidad bacteriológica aceptable solamente por tratamiento de desinfección.	0-50
II.- Calidad bacteriológica que requiere extenso tratamiento (coagulación, filtración, desinfección)	50-5000
III.- Polución considerable que requiere extenso tratamiento, por diferentes procesos.	5000 -50 000
IV.- Polución muy alta, inaceptable al menos que se cuente con tratamiento especialmente diseñado para cada agua en particular. Fuente para ser usada solamente cuando sea inevitable.	mayor de 50 000

a) Estos son los valores máximos para la calidad de agua cruda y por esta razón son menores que los valores permisibles para agua potable donde la presencia de las substancias metálicas probablemente son el resultado de la acción agresiva del agua sobre la tubería metálica.

b) Este valor se ha establecido basado en la máxima sensibilidad de los procedimientos analíticos aceptados.

NMP/100 ml.- Número más probable de bacterias coliformes por 100 ml de muestra.

Calidad de Agua para fines industriales.

El ámbito más extenso, en el aspecto de calidad del agua, es aquel requerido por la industria. La Tabla No.4 (anexa) muestra un resumen de la " American Water Association", mostrando un promedio de la calidad del agua requerida por varias industrias. Un criterio bajo el cual se pueda manejar la calidad del agua en los cuerpos receptores.

Por lo anterior, se deduce que la industria deberá continuar tra-

tando el agua de acuerdo con sus propias necesidades y deberá localizar -- sus plantas donde el recurso agua satisfaga los procesos generales y de --- enfriamiento. En general, la localización de la industria estará más gobernada por la calidad de su descarga de aguas residuales que por la calidad-- del agua de abastecimiento.

Con el objeto de dar una idea de la variabilidad de la calidad requerida para los diferentes procesos y su relación con las aguas naturales superficiales, se presenta la tabla No. 5 (anexa). Esta tabla muestra la -- calidad requerida del agua para la generación de vapor y enfriamiento de - intercambiadores de calor y de la calidad del agua superficial que se ha utilizado para los mismos propósitos respectivamente.

Calidad del Agua para fines Piscícolas.

El concepto más importante en la selección de la calidad del --- agua para la conservación de la piscicultura, es el referido a la cadena alimenticia. Cualquier efecto que altere la cadena alimenticia a cualquier nivel puede causar serios transtornos a organismos mayores de la cadena.

El problema se está en que se extingan los fertilizantes, el peligro está en la toxicidad que tienen muchos compuestos y elementos químicos en diferentes organismos, o en la asfixia de peces por la ausencia-- o poco contenido de oxígeno disuelto. Es por esta razón que la relación -- DBO vs OD ha representado el mayor esfuerzo en la tarea de evaluar la -- calidad de las aguas para la vida acuática y por tanto, el manejo de la ca-

lidad del agua para la vida acuática se circunscribe principalmente alrede_ dor del oxígeno disuelto; sin embargo, con la utilización de pesticidas orgá_ nicos se ha puesto gran importancia al efecto de éstos en la alteración de-- la calidad del agua y sus repercusiones en la vida acuática.

La contaminación bacteriológica también ha sido materia de gran preocupación, no por el efecto que pueda tener en los organismos acuáti--- cos mismos, sino por los peligros que pueda representar al hombre la in-- gestión de peces y mariscos. Reconociendo que los mariscos son pequeñas plantas de tratamiento, pueden concentrar bacterias y virus a un nivel pe-- ligroso para el consumidor.

En general se puede decir que la introducción de un efluente mu_ nicipal o industrial en cauces naturales de agua puede ocasionar la muer-- te de los peces por:

. Aumento de temperatura.

. Agotamiento del oxígeno disuelto.

. Cambios de pH.

. Desarrollos de nutrientes indeseables.

. Alteración de la salinidad.

. Producción de reacciones tóxicas.

Las primeras cinco causas enunciadas que causan la mortalidad de los peces pueden considerarse como toxicidad directa. En ciertos ca-- sos la producción de una reacción tóxica puede considerarse como toxici-

dad directa. Para evaluar la toxicidad directa de un determinado desecho, se emplea el bioensayo. Este procedimiento no evalúa la toxicidad crónica debido a la acumulación de material tóxico dentro del organismo acuático.

Comúnmente se usan peces para conocer la presencia de substancias tóxicas en el agua, siendo su muerte un sinónimo de toxicidad. Debe recordarse que los peces son sólo un grupo de organismos acuáticos que se encuentran en el medio ambiente y que en un cuerpo natural de agua relativamente limpia, se puede encontrar una gran cantidad de diferentes especies de organismos y un número ilimitado de organismos de una misma especie lo que establece la cadena alimenticia en equilibrio o también conocido como una población biológica dinámica. Las bacterias descomponen a la materia orgánica en productos finales simples, los cuales a su debido tiempo proveen nutrientes a las algas.

Los protozoarios son voraces con las bacterias,de este modo contribuyen al control de microorganismos en el sistema, los invertebrados, alimentados de algas y protozoarios, sirven como fuente abastecedora de alimento a una gran cantidad de invertebrados mayores y a peces, por lo tanto, en el medio acuático se establece la conocida cadena alimenticia. Cualquier ruptura en la cadena altera el estado de equilibrio dinámico.

La descarga de susbstancias tóxicas en concentraciones letales produce obviamente la muerte de peces en perfodos relativamente cortos.

Estas substancias tóxicas pueden afectar la ecología total del cuerpo del agua, o afectar únicamente una o unas especies; a éstas se les llama substancias tóxicas selectivas. La concentración letal de las substancias depende del tipo del compuesto y del tipo de la población acuática presente.

De los productos químicos más conocidos como tóxicos, se pueden mencionar los siguientes:

Acidos
Cloro
Cianuro
Metales
Compuestos fenólicos
Disolventes orgánicos
Sulfitos
Compuestos orgánicos sintéticos
Salmueras de campos petroleros
Pesticidas
Detergentes, etc.

Por otro lado, la toxicidad crónica puede alterar el equilibrio biodinámico de las corrientes de agua, muriendo las especies más susceptibles y reproduciéndose incontroladamente las especies más resistentes debido a la ausencia de competencia. El resultado es la mortandad o la emigración de peces hacia otras áreas.

TABLA No. 4

VALORES TIPICOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA ALGUNAS INDUSTRIAS

Tipo de Industria	Turbiedad	Color	Dureza	Alcalinidad	pH	Sólidos disueltos totales	Fe^{2+} y Mn^{2+}
Panadería	10	10					0.5
Calderas							
0 - 150 psi	20	80	75		8.0+	3000-1000	
150-250 psi	10	40	40		9.5+	2500- 500	
250 psi	5	5	8		9.0+	1500- 100	
Cervecería							
Legumbres	10		25-75				0.2
Refrescos	2	10	250	50		850	0.3
Dulcerías			50			100	0.2
Enfriamiento	50		50				0.5
Hielo	1-5	5		30-50		300	0.2
Lavanderías			50				0.2
Plásticos transparentes	2	2				200	0.02
Pulpa y Papel							
Madera	50	20	180	—	—	———	1.0
Kraft	25	15	100	—	—	300	0.2
Sulfito	15	10	100	—	—	200	0.1
Papel liviano	5	5	50	—	—	200	0.1
Rayón							
Producción	5	5	8	50	—	———	0.05
Fabricación	0.3	—	55	—	7.8 a 8.3	———	0.0
Tenerías	20	10-100	50-135	133	8.0	———	0.2
Textileras							
General	5	20	20				
Tinturas	5	5-20	20				0.25
Lavado de lana		70	20	—	—	———	1.0

+ O.D. Al_2O_3, 5-0; SiO_2, 40-5; CO_3^{2-}, 200-40; HCO_3^-; 50-5; OH^-, 50-30. Ca^{2+}, 100-500; $CaSO_4$, 100-500; olor bajo.

* FUENTE: American Water Works Association.

TABLA No. 5

REQUERIMIENTOS CUALITATIVOS DEL AGUA EN CASOS DE USO PARA GENERACION DE VAPOR Y ENFRIAMIENTO EN INTERCAMBIADORES DE CALOR

A menos que se indique de otro modo las unidades son mg/l y los valores son máximos y ningún agua debe -- tener todos los valores máximos señalados.

Agua de alimentación a caldera calidad de agua anterior a la adición de substancias para acondicionamiento interno

Características	Baja Presión	Industrial Presión Intermedia 150 a 700 ps.	Alta presión 700 a 1500 ps.	Servicios eléctricos 1500 a 5000 psig.	Agua de enfriamiento			
					Agua de un solo paso		Repuesto de agua para Recirculación	
					Dulce	Salmuera	Dulce	Salmuera
Sílice (SiO_2)	30	10	0.7	0.01	50	25	50	25
Aluminio ($Al)^{3+}$	5	0.1	0.001	0.01	(2)	(2)	0.1	0.1
Fierro ($Fe)^{3+}$	1	0.3	0.05	0.00	(2)	(2)	0.5	0.5
Manganeso ($Mn)^{2+}$	0.3	0.1	0.01	(4)	(2)	(2)	0.5	0.02
Calcio ($Ca)^{2+}$	(2)	(3)	(3)	(4)	200	420	50	420
Magnesio ($Mg)^{2+}$	(2)	(3)	(3)	(4)	(2)	(2)	(2)	(2)
Amoníaco ($NH_4)^{+}$	0.1	0.1	0.1	0.70	(2)	(2)	(2)	(2)
Bicarbonato (HCO_3^-)	170	120	48	(4)	600	140	24	140

Continúa..

Características	Baja Presión	Industrial Presión Intermedia 150 a 700 ps.	Alta presión 700 a 1500 ps.	Servicios eléctricos 1500 a 5000 psig.	Agua de enfriamiento			
					Agua de un solo paso		Repuesto de agua para recirculación	
					Dulce	Salmuera	Dulce	Salmuera
Sulfato (SO_4)$^{=}$	(2)	(2)	(2)	(4)	680	2700	200	2700
Cloruro (Cl)$^{-}$	(2)	(2)	(2)	(4)	600	19000	500	19000
Sólidos Disueltos	700	500	200	0.5	1000	35000	500	35000
Cobre (Cu)$^{2+}$	0.5	0.05	0.05	0.01	(2)	(2)	(2)	(2)
Zinc (Zn)$^{2+}$	(2)	(3)	(3)	(4)	(2)	(2)	(2)	(2)
Dureza ($CaCO_3$)	20	(3)	(3)	(3)	850	6250	130	6250
Acidez Mineral libre ($CaCO_3$)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
Alcalinidad	140	100	40	(3)	500	115	20	115
pH unidades	8.0-10.0	8.2-10.0	8.2-9.0	8.8-9.2	5.0-8.3	6.0-8.3	(2)	(2)
Color Unidades	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Orgánicas:								
Sustancias activas al azul metileno	1	1	0.5	(3)	(2)	(2)	1	1
Extracto de carbón en tetracloruro	1	1	0.5	(3)	(5)	(5)	1	1
Demanda química oxígeno (O_2)	5	5	0.5	(3)	75	75	75	75

Continúa...

Características	Baja Presión	Industrial Presión Intermedia 150 a 700 ps.	Alta presión 700 a 1500 ps.	Servicios eléctricos 1500 a 5000 psig.	Agua de enfriamiento			
					Agua de un solo paso		Repuesto de agua para recirculación	
					Dulce	Salmuera	Dulce	Salmuera
Oxígeno Disuelto (O_2)	2.5	0.007	0.007	0.007	(2)	(2)	(2)	(2)
Temperatura °F	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
Sólidos suspendidos	10	5	(3)	(3)	5000	2500	100	100

(1) Agua de Salmuera contiene más de 1000 mg/l de sólidos suspendidos disueltos por definición del Censo de Manufactureras de 1963.
(2) Aceptado como se recibe (si reúnen las condiciones de sólidos totales y otros valores límites) que nunca se han tenido problemas en concentraciones.
(3) Cero, no detectable para la prueba.
(4) Controlado por tratamiento por otros constituyentes.
(5) Aceite no flotante.

NOTA: Aplicación de valores que deben ser basados sobre la parte 23 ASTM, Libro Normal (1) o APHA Métodos Normales para el examen de aguas y aguas de desecho.

1.3.- Contaminación del Agua.

Respecto a la contaminación del agua en México, se establecen -- los siguientes criterios básicos, los cuales son considerados en el diseño de cualquier sistema administrativo y curso de acción tendientes al logro de objetivos que a su vez deben reflejar la doctrina básica de prevenir y- minimizar la contaminación del agua.

Tan vieja como el hombre en el planeta, es la necesidad de utili-- zar el aire, el agua y la tierra para subsistir y desarrollar condiciones - de vida cada vez más placenteras y duraderas. El ingenio del hombre, ha hecho posible la conjunción de los tres elementos para producir un sin -- número de artículos destinados a tal propósito, y ha sido la industrializa_ ción masiva la que actualmente ha podido incrementar la satisfacción de - estos deseos.

La búsqueda,el acondicionamiento, transformación y uso de nues-- tros recursos naturales, ha sido precisamente el origen de los subproduc_ tos que se han dispuesto en el medio ambiente, alterándolo o contamián- dolo.

Considerando que la materia se transforma únicamente y que todo lo manufacturado será eventualmente dispuesto al medio ambiente como- residuos, es fácil imaginarse un ciclo en el cual se extrae, se transfor-- ma y se integra nuevamente al medio ambiente en condiciones que la na-- turaleza no puede asimilar e integrar nuevamente a los elementos prima_

rios. En la ingeniería del medio ambiente, se ha hecho la distinción de las principales fuentes de residuos que de alguna manera significativa produ-- cen contaminación.

Este fenómeno de generar y disponer residuos, tendrá que dedicar_ se, ahora, a estudiar su manejo, reaprovechamiento y disposición final-- adecuada en el agua.

La contaminación del agua en México, se establece en función pri_ mordial de estudios efectuados en sus cuencas hidrológicas, denominándo_ se cuenca hidrológica a las corrientes receptoras de agua que existen en- el país y para lo cual dichas cuencas, se han dividido en tres categorías- considerando los factores o indicadores siguientes:

Factor Físico-Geográficos.

Se efectúa la localización de la mayor parte de las cuencas tomán- dose para el estudio todas aquellas en las que se cuenta con la informa -- ción requerida, y se localizan en la región hidrológica a la que pertenecen ésto, con el objeto de una ubicación rápida para la obtención de sus carac_ terísticas físicas, ya que estos datos se toman de los boletines hidrológi- cos de la S.R.H. y C.F.E

Se obtienen datos físicos particulares de cada cuenta, tales como: área de la cuenca e hidrología de la misma, ya que dichos datos presen-- tan una influencia directa para los objetivos de este estudio.

El aspecto geográfico, se basa en la localización de las cuencas, - con sus corrientes principales y afluentes; además de la ubicación de: --- poblaciones, algunas industrias y distritos de riego, en cada una de estas cuencas.

Factor Económico.

Estos factores se nos presentan de dos maneras, una de ellas es - la parte económica que se vé afectada por problemas de contaminación -- y la otra es su relación directa como fuente productora de contaminación.

En forma general se obtiene el valor económico de cada cuenca, -- derivada de su producción industrial, agropecuaria, comercio y servi -- cios.

De estos factores se considera únicamente la industria como fuente productora de contaminación ya que la agricultura, ganadería, comercio y servicios tienen una influencia mínima como productores de aguas-- residuales contaminadas.

Factor Social.

La importancia de este aspecto, estriba en la necesidad de conocer a nivel nacional, la distribución de la población de toda la República Mexicana, en las localidades denominadas cuencas, con el objeto de encontrar el grupo de habitantes con posibilidades de afectación; además -- de que esta misma población contribuye a la producción de aguas residuales, mismas que pueden ocasionar problemas de contaminación.

Estos datos referentes a población total en la República, se ordenan por número de habitantes existentes en cada cuenca, con su respectiva distribución dentro de la misma, localizando las poblaciones mayores de 10,000 habitantes, así como la densidad de población rural.

En cuanto al carácter de la población como productora de aguas-- residuales, se toma en cuenta aquellas poblaciones con servicio de alcantarillado, considerando que éstas son las únicas que de hecho vierten --- sus aguas residuales a las diversas corrientes de cada cuenca.

Factor de contaminación.

La calidad del agua es directamente proporcional a su contenido-- de oxígeno disuelto y éste a su vez a la demanda bioquímica de oxígeno -- (DBO), la que se denomina " Carga Orgánica", en base a ésto, se toma - como factor principal de contaminación, esta carga orgánica en cada cuenca y posteriormente en forma más específica, en cada corriente analizada.

Para la obtención de esta carga orgánica, se recurre a la información proporcionada por el Plan Nacional Hidráulico, obteniéndose a nivel municipal por sub-grupo de actividad industrial y el derivado de población servida con alcantarillado, considerando para este último caso, una producción de 60g/hab/día.

De acuerdo con los resultados obtenidos en base a indicadores--- físico-geográficos, económicos, sociales y de contaminación, se clasi--

fican once cuencas hidrológicas como de primer orden, 43 de segundo orden y 164 de tercer orden.

Las cuencas de primer orden se clasifican en función de la carga orgánica, puesto que son las que mayor carga orgánica soportan y esto mismo hace necesario el estudio y análisis de la distribución de demanda bioquímica de oxígeno, así como también su concentración en los diferentes tramos de la cuenca.

Las cuencas de primer orden son las que requieren una atención inmediata, ya que en ellas se encuentra el mayor porcentaje de carga orgánica total de las 218 cuencas.

En estas cuencas se encuentran localizados los grandes núcleos industriales y de población, los cuales están produciendo en algunas zonas niveles altos de contaminación que están degradando la calidad de las aguas de las corrientes receptoras.

De acuerdo con el análisis efectuado a las cuencas de primer orden, resultaron en base a la carga orgánica expresada en kg de (DBO) por año, el siguiente orden de importancia:

Cuenca	Carga Orgánica en Kg DBO/año	Porcentaje con respecto al total de 11 cuencas
1.- Río Pánuco	551 340 839	41.9
2.- Río Lerma	254 493 841	19.3
3.- Río Balsas	113 510 513	8.6
4.- Río San Juan	97 222 695	7.4

5.- Río Guayalejo	67 837 326	7.4
6.- Río Culiacán	57 711 496	4.3
7.- Río Fuerte	51 806 407	3.9
8.- Río Blanco	40 625 690	3.0
9.- Río Nazas	34 623 256	2.6
10.- Río Coahuayana	26 330 003	2.0
11.- Río Conchos	25 542 840	1.9

A continuación se detalla la principal aportación de carga orgánica de las tres primeras cuencas dada su importancia; y en particular la cuenca del río Lerma, debido a que la región donde se localiza el RASTRO --- FRIGORIFICO, pertenece a ésta.

En la cuenca del río Pánuco, la mayor aportación de carga orgánica, se debe al Distrito Federal, con 93%, siguiéndole Tampico con 3%,--- Ciudad Valles con 2.5% y C. Madero con 0.5%.

En el Distrito Federal, los grupos de industrias que presentan --- aportaciones mayores de carga orgánica, son: fabricación de refrescos -- y aguas gaseosas u purificadas, que contribuye con el 22% del total; la -- destilación, rectificación y mezcla de bebidas espirituosas que contribuye con el 7% del total, la fabricación de productos químicos diversos con el - 6%.

La carga orgánica en la cuenca del Río Balsas, se encuentra dis-- tribuída de la siguiente manera: a Zacatepec le corresponde la mayor parte con el 38% del total, siguiéndole Puebla con el 21%, Chietla con el 17%- Cuautla con el 12%, Cuernavaca con el 4% y otras con el 6%.

Los principales grupos industriales que contribuyen con mayores aportaciones de carga orgánica son, en Zacatepec: la molienda de caña - de azúcar con el 99% del total de la carga orgánica en esta localidad; en-- Puebla la fabricación de refrescos y bebidas gaseosas y purificadas, contribuye con el 99% y en Cuautla el mismo grupo industrial produce el 95%

Las zonas o localidades pertenecientes a las cuencas clasificadas de primer orden que resultaron más afectadas por carga orgánica total, - son el Distrito Federal, Guadalajara y Monterrey correspondiendo el --- 39%, el 5.2% y el 4.5% respectivamente de la carga total existente en las 74 localidades.

Cuenca del río Lerma-Santiago.

Se encuentra ubicada en la región centro de contaminación. Vier-- te sus aguas en el Océano Pacífico. Tiene un área de 129 263 km2, siendo la más extensa dela República. Su corriente principal es el río Lerma -- posteriormente Santiago, sus afluentes son: río Grande o de Belén, río-- Laja, río Turbio, río Bolaños, río Juchipila.

La población total en la cuenca es de 7 454 257 habitantes, de los cuales 3 609 975 son de población urbana y de éstos 3 571 924 cuentan --- con servicios de alcantarillado. Tiene 62 poblaciones mayores de 10 000 habitantes, distribuídas en las dos terceras partes de la cuenca con nú-- cleos de poblaciones de importancia como son la zona del Bajío con Que- rétaro, Celaya, Irapuato y León y otra en la región de Jalisco con Gua--

dalajara. La alta densidad de población urbana y de pequeñas localidades - distribuídas en una misma zona, hacen de esta cuenca una de las más di--- fíciles de auto depuración.

Debido a la alta densidad de población, la cuenca tiene poca dis--- ponibilidad de agua por habitante, siendo de: 976 m3/hab/año, ésto aunado a la concentración de poblaciones mayores de 10,000 habitantes, nos — indican problemas en cuanto a corrientes contaminadas.

Tiene focos industriales de importancia como son: Toluca, Querétaro, Celaya, Salamanca, Irapuato, León y Guadalajara. Los residuos industriales se desechan principalmente a los afluentes Laja, Turbio, Aguascalientes y directamente al Lerma-Santiago.

Tiene 302 660 hectáreas bajo riego, concentradas en tres zonas -- de importancia, Aguascalientes, Chapala y el Bajío, siendo la mayor la -- del Bajío, además de estar ubicada en una zona industrial, con industrias- de tipo petroquímica con alta posibilidad de ocasionar afectaciones.

Carga orgánica total: 254 493 841 kg DBO

Concentración: 0.50195 kg DBO m3

Esta carga orgánica se encuentra distribuída en la siguiente for-- ma:

		% DBO debida a Industria
Guadalajara	69'442 918	69
Aguascalientes	32'109 786	91

		% DBO debida a Industria
Tepic	22'060 942	96
León	19'971 314	73
Tequila	19'120 692	99
Toluca	17'670 778	88
Poncitlán	14'624 894	99
Morelia	12'193 729	78
Zacapu	10'870 990	96
Celaya	10'542 045	87
Salamanca	7'916 404	89
Querétaro	5'935 858	80
Irapuato	5'169 516	64
Lagos de Moreno	2'569 397	81
Zapopan	2'112 143	46
Tlaquepaque	941 523	9
Lerma	562 532	76
Salvatierra	413 559	21
Pénjamo	249 784	46
Santiago Ixcuintla	35 032	17

Sus principales fuentes de contaminación son:

En Guadalajara: la fabricación de refrescos y aguas gaseosas y purificadas contribuye con el 51% de la carga orgánica de la localidad.

En Aguascalientes la producción de bebidas fermentadas produce-- el 65% y la fabricación de refrescos y aguas gaseosas y purificadas el -- 26%.

En Tepic, la molienda de caña de azúcar produce el 79% de la carga orgánica.

En León, la fabricación de refrescos y aguas gaseosas y purificadas produce el 73%.

En Tequila, la destilación,rectificación y mezcla de bebidas espi-- rituosas produce el 73%.

En Toluca, la fabricación de productos químicos esenciales produ_ ce el 39% de la carga orgánica y la fabricación de refrescos con un 39%.

En Poncitlán, la fabricación de productos químicos esenciales con_ tribuye con el 99%.

En Morelia la fabricación de refrescos produce el 72% de carga — orgánica de esta localidad.

En Zacapu, la fabricación de productos químicos esenciales produ_ ce el 99%.

En Celaya, la fabricación de refrescos con el 63% y la de produc— tos químicos esenciales con el 22%.

En Salamanca la refinación de petróleo crudo y regeneración de -- aceites lubricantes e industria petroquímica, producen el 34% de D.B.O. la fabricación de productos químicos esenciales produce el 43%.

En Querétaro, la fabricación de refrescos el 63% y la fabricación y tratamiento de productos lácteos el 15%.

En Irapuato, la deshidratación, conservación y envase de frutas - y legumbres produce el 11% y la fabricación de refrescos el 46%.

En Lagos de Moreno, la fabricación y tratamiento de productos --

lácteos contribuye con el 91% de la carga orgánica.

En Lerma, la fabricación de productos químicos esenciales y diversos, contribuye con el 60%.

En las localidades de Zapopan, Tlaquepaque, Salvatierra, Pénjamo y Santiago Ixcuintla, la principal fuente de carga orgánica son los residuos debidos a la población.

En general la carga orgánica de esta cuenca se encuentra distribuída en 4 zonas de importancia, la primera se encuentra en el nacimiento de la cuenca, con las poblaciones de Lerma y Toluca, se puede suponer que el tramo siguiente es suficiente para la autodepuración de la corriente sin embargo, la segunda zona es la más afectada, ya que tiene una serie de poblaciones de importancia, localizadas en una extensión limitada, lo que ocasiona condiciones críticas para la autodepuración, aunado ésto a la importancia agrícola de la región, es la zona de contaminación con mayores posibilidades de afectación, a continuación existen dos tramos (2) más en Guadalajara y Aguascalientes, que presentan condiciones que requieren un análisis más detallado para conocer las posibilidades de afectación en cada uno de ellos, la parte final de la cuenca, con una extensión de una cuarta parte del área general de la cuenca, puede considerarse libre de residuos contaminantes.

Las cuencas de segundo orden, se clasifican en función del contenido de carga orgánica por cuenca, además de analizar sus condiciones-

de concentración y relacionarlas con el valor económico de cada cuenca - en particular, así como los siguientes factores:

. Producción bruta industrial mayor de 220 millones de pesos.

. Población total mayor de 150,000 habitantes.

. Disponibilidad de agua menor de 2000 m3/hab/año.

Estas cuencas de segundo orden, debido a sus principales características que presentan actualmente,como la población, la industria así como el desarrollo acelerado en todas sus formas, que han tenido en sus últimos años, es de esperarse que en un futuro próximo, las aguas residuales en estas cuencas, empiecen a producir niveles altos de contaminación que interfieran con el desarrollo biológico normal de las corrientes.

Las cuencas clasificadas como de tercer orden, actualmente no --- presentan niveles de contaminación que puedan perjudicar la flora y fauna- de las corrientes receptoras, siendo la capacidad de autopurificación de - estas corrientes receptoras suficiente para degradar los desechos orgánicos de las descargas municipales que existen en cada cuenca. Además,--- por el momento, no existen en estas cuencas grandes industrias productoras de contaminación.

Los criterios seguidos para efectuar la clasificación de las cuencas de tercer orden son:

Factor de dilución.

Se toma como factor numérico necesario para diluir los residuos--

contaminantes, el de 2,000 m3 por habitante al año, mismo que equivale a un volumen de 5.48 m3 por habitante por día. Considerando que este -- volumen proporciona una buena dilución para mantener un nivel satisfactorio de oxígeno disuelto en la corriente receptora, las cuencas analizadas en esta etapa no cuenta prácticamente con desechos industriales, que por sus características particulares son las que presentan mayor problema de degradación en las corrientes receptoras.

Económico.

Se toma como indicador tipo económico el valor de la producción industrial existente en la cuenca y se considera como límite para aquellas cuencas que quedan como de tercer orden, a las que tuviesen una producción industrial menor de 220 millones de pesos.

Social.

Este indicador se refiere a la población total existente en la cuenca; se consideró que las cuencas que entran como de tercer orden, sean las que tengan una población menor de 150,000 habitantes, o aquellas que tengan una densidad de población inferior a 5 /hab/km2, ya que ésta, distribuída en varios núcleos de población, no afecta la producción de los procesos industriales, agropecuarios, ni a la salud pública, por lo tanto, tampoco afectarán a la economía propia de la cuenca.

2.- EVALUACIONES DE CONTAMINACION.

2.1.- Examen de las Aguas y Aguas Residuales.

Para tener éxito en el control de la calidad de las aguas, es necesario conocer las propiedades del agua susceptibles de cambio en las diversas formas en que existe en la tierra y como las usa el hombre. Por lo tanto se examina el agua para identificar sus propiedades sobresalientes y, en caso necesario, saber si se pueden modificar. Esta no es una empresa rutinaria aunque así lo parezca en:

. La administración diaria de una fuente de agua determinada y de su utilización - con o sin purificación - para fines municipales o industriales.

. En la observación y control repetidos, aparentemente, de una agua residual determinada - con o sin tratamiento - para la conservación del recurso hidráulico el que se vierte o retenga el agua residual.

Las propiedades de una fuente de agua varían:

. Con su hidrología, longitudinalmente respecto al tiempo y la estación, así como a la distancia de recorrido sobre el suelo y a través de éste.

. Respecto a su uso longitudinalmente en el flujo a través de las obras de captación, transmisión, purificación y distribución.

En forma similar, pero más acentuada, las propiedades de un

agua residual determinada, varían:

. En relación con su uso, longitudinalmente en su flujo, a través de las obras de captación, tratamiento y evacuación.

. Respecto a la hidrología de las masas de agua en las que se descargan las aguas residuales, longitudinalmente respecto al tiempo y estación, así como a la distancia de recorrido por el suelo y a través de éste.

Las variaciones en las propiedades del agua y aguas residuales, son marcadas durante la purificación y tratamiento y, con ellas los requisitos de supervisión mediante análisis o control de la calidad del agua y de su respuesta a los cambios.

Según los objetivos del control de la calidad, se puede obtener información por los siguientes medios:

. Dispositivos automáticos sensores o muestreadores y medidores.

. Muestras tomadas en el campo y llevadas al laboratorio para su análisis.

. Prueba funcional de los procedimientos operacionales existentes o bien de los proyectos.

. Procedimientos de investigación mediante los que se adquiere algún nuevo conocimiento respecto al comportamiento del agua (tanto posible, como probable) bajo condiciones halagueñas en la administración y control de la calidad.

Una exploración de campo bien realizada puede compensar, solo-- parcialmente, una escazes en la información analítica, ya que se señala- la posibilidad de acontecimientos futuros, pero no indica, como lo hacen- el muestreo y análisis repetidos, las fluctuaciones reales en la calidad — que tienen lugar día a día o mes a mes. Además el muestreo frecuente -- permite establecer los valores medios y su variación, así como el grado- de fluctuación en la calidad del agua. El muestreo bien dirigido y confia -- ble, asegura la validez de los resultados analíticos. Para este fin, las -- muestras deben representar verdaderamente a la masa de agua o de aguas residuales de las que se toman, y no debe haber cambios significativos -- en las muestras tomadas, entre los tiempos de muestreo y análisis.

Se puede necesitar equipo especial de muestreo y muestras com-- puestas respecto al tiempo, localización y volumen. Las muestras toma— das al azar pueden proporcionar información incompleta y errónea; la -- interpretación de los resultados analíticos, se complementa y refuerza — mediante un muestreo paralelo no solo de las aguas y aguas residuales — sino también de los constituyentes del medio como natas flotantes y resi— duos arrojadas por las tuberías; y también la flora y fauna de los bancos y fondos, junto con los sedimentos y depósitos.

Los exámenes de laboratorio se relacionan con los análisis de -- las muestras tomadas en el campo, en las plantas de tratamiento y en los puntos de muestreo de los sistemas de distribución de agua, o en los sis- temas de captación de aguas residuales.

Es inútil familiarizarse con el medio de las aguas y aguas residuales, con las especificaciones, y con las condiciones de muestreo para seleccionar las pruebas de laboratorio e interpretar sus resultados. Por lo general, solo el muestreo y el análisis múltiple, establecen los cambios de la calidad respecto al tiempo y espacio conforme se transladan las aguas de la naturaleza y se captan, almacenan, purifican, usan y se convierten en aguas residuales, las cuales a su vez, se colectan, tratan y descargan a las masas naturales de agua o al suelo.

Aún cuando muchas de las pruebas empleadas en el examen de las muestras de agua y aguas residuales, son idénticas para ambas clases de agua, la información que se busca a través de los análisis puede tener objetivos muy distintos.

El propósito esencial del análisis de una agua municipal es de determinar la calidad del agua cruda, la probable necesidad de purificarla y la respuesta ala purificación, los posibles cambios durante la distribución y su utilidad para usos domésticos e industriales. En cambio, el propósito esencial del análisis de una agua residual consiste en encontrar la composición, concentración y condición del agua residual cruda; sus posibles efectos sobre el sistema de captación; la probable respuesta al tratamiento y las posibles influencias sobre las masas receptoras.

Según el caso, las aguas domésticas se caracterizan como seguras o inseguras, puras o impuras, agradables o desagradables al paladar, duras o blandas, corrosivas o estables, dulces o saladas. Por otra

parte, se dice que las aguas residuales son putrescibles o no putrescibles, concentradas o débiles, frescas o sépticas. Sin embargo las pruebas sobre las que se basan estos juicios pueden ser numerosas y diversas.

Algunas pruebas para los análisis de las aguas y aguas residuales resultan más útiles, y por lo general, más aplicables que otras; algunas han estado en vigencia durante mucho tiempo y guardan lazos importantes con el pasado, otras son más recientes en su concepto, algunas proporcionan información directa sobre constituyentes específicos, otras son de carácter deductivo. Los ingenieros, así como los analistas, deberán saber que prueba o grupo de pruebas proporcionará la información deseada.

2.2.- Características de aguas residuales.

Los sistemas de aguas residuales normalmente comprende:

. Obras de captación.

. Obras de tratamiento.

. Obras de descarga o deposición.

En conjunto, estas obras integran un sistema de alcantarillado o de drenaje. Aún cuando los sistemas individuales son en cierto sentido únicos. Las aguas residuales de las habitaciones e industrias se colectan junto con el escurrimiento pluvial mediante los alcantarillados combinados de un sistema combinado de drenaje, o bien se conducen indepen

dientemente por medio de cloacas sanitarias, mientras que las aguas de- tormentas pluviales se vierten a drenajes pluviales de un sistema separado de alcantarillado. Los residuos domésticos arrastrados con agua son- las aguas negras domésticas; los de establecimientos industriales son las aguas residuales industriales o comerciales; el drenaje municipal incluye a ambas. Son comunes a las ciudades más antiguas del mundo los siste-- mas de alcantarillado combinado, que surgieron de sistemas existentes-- para drenaje pluvial.

El colector maestro de algunos sistemas combinados es, de hecho, un arroyo cubierto eventualmente cuando la polución convirtió sus aguas - en demasiado desagradables a la vista, malolientes y objetables por alguna otra razón. Para ser gravitacional, el caudal en los alcantarillados y - drenajes fluye continuamente cuesta abajo, excepto cuando se intercalan- estaciones de bombeo o tuberías de impulsión para elevar los flujos a conductos situados a un nivel más elevado, consecuentemente:

. Evitando la costosa construcción de conductos profundos en un terreno plano, y,

. Transfiriendo aguas residuales de áreas bajas subyacentes a las redes principales de alcantarillado. No se pretende que los drenajes de-- ban fluir bajo presión. Si así fuése, las aguas residuales tendrían que inyectarse mediante servicios individuales de los edificios y los drenajes de las propiedades, o sus niveles inferiores tendrían que colocarse suficientemente alejados bajo el nivel de los sótanos, para evitar que las aguas-

negras inundásen éstos y brotaran por los accesorios sanitarios. Ambos-- sistemas son imprácticos actualmente; hidráulicamente los alcantarilla-- dos están diseñados como canales abiertos, fluyendo parcialmente llenos, o cuando mucho, exactamente llenos. El material a escoger para drena-- jes pequeños es el barro vidriado; para los grandes, tubos de concreto -- o de mampostería.

En las regiones de la tierra bien abastecidas con agua, las aguas- residuales colectadas normalmente se descargan a las corrientes acuáti-- cas cercanas después de recibir un tratamiento conveniente. Esto se deno mina evacuación por dilución,aún cuando entraña tanto una purificación na tural como la dilución física. En regiones semiáridas o bajo otras circuns tancias ventajosas, la descarga final puede hacerse sobre la tierra o por- irrigación. El tratamiento anterior a la disposición remueve o destruye -- los organismos causantes de enfermedades a un grado conveniente. La -- consideración de importancia en este caso es la conservación de los recur sos acuáticos y terrestres.

El drenaje sanitario es el abastecimiento de agua desechada por la comunidad; el drenaje doméstico es el agua residual procedente de coci-- nas, baños, lavabos, sanitarios y lavandería. A las materias minerales- orgánicas originalmente contenidas en el agua suministrada por la comu-- nidad, se agrega un cúmulo de materias fecales, papel, jabón, suciedad, restos de alimentos (basura), y otras substancias. Ciertos residuos per manecen en suspensión, algunos entran en solución y otros de éstos en--

cuentran o llegan a estar tan finamente divididos que adquieren las propiedades de las partículas coloidales (dispersas, submicroscópicas). Granparte de la materia residual es orgánica y útil para los microorganismos saprófitos, es decir, organismos de la descomposición. Se infiere que el drenaje doméstico es estable, biológicamente degradable o putrescible y capaz de originar olores ofensivos.

Debe suponerse que se encuentran presentes organismos entéricos en las aguas negras domésticas, que las hacen peligrosas.

Las aguas residuales industriales varían en su composición de acuerdo con las operaciones de la industria. Algunas son aguas de enjuague relativamente limpias; otras se encuentran fuertemente cargadas de materia orgánica o mineral, o con sustancias corrosivas, venenosas, inflamables o explosivas. Algunas son tan objetables que no deberían admitirse en los sistemas de alcantarillado público, otras contienen cantidades pequeñas de materias no objetables, que pueden descargarse a los drenajes pluviales o directamente a las corrientes naturales de agua. Las grasas, la cal, el cabello y las fibras se adhieren a los ductos de alcantarillado y los obstruyen: los ácidos en general y el ácido sulfídrico en particular destruyen el cemento y los metales; los residuos calientes estrellan los ductos de barro y mampostería; los productos químicos venenosos destruyen el tratamiento biológico, matan la vida acuática útil y hacen peligrosos los abastecimientos de agua; los elementos fertilizantes contribuyen a la eutroficación de los lagos; el ántrax y otros organismos vi

vientes son nocivos al hombre; los líquidos inflamables o explosivos po-- nen en peligro las estructuras por las que afluyen; los vapores o gases - tóxicos son peligrosos para los obreros y operadores de las obras de alcantarillado y ocasionalmente también para los casatenientes.

Parte de las aguas subterráneas penetran a los tubos de drenaje - a través de sus múltiples uniones. En sistemas combinados y en drena-- jes de aguas pluviales el escurrimiento proveniente de las lluvias y el -- descongelamiento del hielo y de la nieve se agregan a los deslaves de calles, techos, jardines, parques y patios. La suciedad entrante de arena, polvo, grava y otras substancias granulosas son pesadas e inertes y los- residuos orgánicos son ligeros y desagradables. El agua para lavado de- calles, extinción de incendios, o limpieza de las tuberías maestras a --- través de los hidrantes, así como las aguas desechadas por las fuentes-- albercas y chapoteaderos incrementan el caudal.

Principales contaminantes del Agua.

Materia Orgánica.- Esta es producidad principalmente por dese-- chos domésticos así como residuos de ciertos procesos de fabricación.

La materia orgánica al ser degradada por las bacterias existen-- tes en el agua consumen una gran cantidad de oxígeno disuelto en ella,-- poniendo en peligro la vida acuática en general; si la demanda de este --- elemento es mayor que su suministro.

Calor.- Grandes volúmenes de agua utilizados en las plantas ter_

moeléctricas y por la industria de refrigeración, son devueltos general - mente con una temperatura superior a la de la corriente receptora, lo -- cual altera su condición de oxígeno, entre otras implicaciones.

Desechos ácidos y alcalinos.- La acidez y alcalinidad de las -- aguas residuales industriales, son parámetros importantes de medir por- que pueden producir condiciones sumamente perjudiciales en las aguas en que son vertidas.

Las principales industrias que descargan aguas residuales conte-- niendo compuestos ácidos y alcalinos son:

Productos químicos, pulpa y papel, metalúrgicas, galvanoplastia, textiles y tenerías.

El daño principal que dichos contaminantes ocasionan a los cuer-- pos receptores de aguas en que son vertidos es la creciente mortandad -- de la vida acuática en general, además de otros transtornos que se pre-- sentarían al usarse a dichos cuerpos como fuentes de abastecimiento pú- blico o centro de recreación.

2.3.- Técnicas de Muestreo.

Generalidades.

Considerando que una muestra de agua residual debe represen-- tar cualitativa y cuantitativamente las condiciones reales del medio en -- que fueron tomadas, es fundamental realizar un muestreo correcto.

Es importante en la obtención de muestras representativas la adecuada selección de los puntos en que éstas serán tomadas.

En cuanto a frecuencia de muestreo, consideramos que la determinación de estos parámetros debe ser diaria por la necesidad de un estudio intensivo a la vez que se lleva poco tiempo su medición.

Equipo y Procedimiento.

1.- pH y temperatura.

. Equipo.-Para llevar a cabo este tipo de determinaciones generalmente se emplea cualquier tipo de recipiente y muestreador, debido principalmente a que estas determinaciones se hacen en todo análisis ulterior.

. Procedimiento.- El procedimiento de muestreo para la determinación de pH y temperatura, no es especial, dado que se hacen en el campo o sea en el mismo punto de la descarga de agua residual a cualquier muestra por analizar.

La temperatura se toma directamente del cuerpo de agua, procurando crear una corriente alrededor del termómetro, el que se sumerge parcial o totalmente y se saca hasta obtener una lectura constante. Endispositivos como el muestreador Kemmerer, ya se encuentra incluído un termómetro, el que fija la lectura para ser leída después de sacar la muestra.

Debe tenerse bastante en cuenta, que debido a que la temperatura en la muestra puede cambiar rápidamente y como el pH está en función - de esta variación, es aconsejable hacer estas dos determinaciones en el- campo. De no ser posible, se preservarán las muestras a 4° C y se de-- termina el pH en el laboratorio.

2.- Materia Flotante.

. Equipo.- Cubeta con capacidad máxima de 6 litros, perfectamente limpia. Recipiente de 18 litros para sedimentar la muestra.

. Procedimiento.- El volumen de la muestra es de 18 litros, el -- cual se recolecta de la capa superficial de la descarga por analizar em-- pleando la cubeta descrita anteriormente. Dicha muestra se toma en volúmenes no mayores de 6 litros, hasta completar los 18 litros, obteniendo- así una muestra compuesta, debido al tiempo que transcurre entre la to-- ma de un volumen y otro. Cada vez que sea vertido el contenido de la cubeta en el recipiente de 18 litros, debe tenerse extremo cuidado para no- derramarlo, con el objeto de no perder materia flotante en la operación.

3.- Sólidos Sedimentables.

. Equipo.- Un recipiente metálico o de plástico, de una capacidad no menor de 3 litros, embudo de plástico, botella de plástico de 2 a e litros.

. Procedimiento.- Se toma la muestra directamente de la descar-

ga empleando el primer recipiente y con ayuda del embudo, se vierte en- la botella de plástico, procurando que ésta cierre perfectamente y no se- tengan problemas de derrame de la muestra en su traslado. Una muestra de dos litros es suficiente. La determinación se puede efectuar en el cam po dada su relativa facilidad y para su medición en el laboratorio, con -- preservar la muestra por procedimientos usuales es suficiente.

4.- Grasas y Aceites.

. Equipo.- Para este parámetro se utiliza un frasco de vidrio de-- boca ancha con tapón esmerilado, de preferencia calibrado.

No es necesario emplear muestreador especial.

. Procedimiento.

La muestra se toma en un lugar donde la grasa y aceite se encuen tre emulsionada y no formando capas gruesas. Se toma con un frasco de- vidrio descrito anteriormente, previamente lavado con un disolvente y se cado al aire.

Cuando el análisis no se haga inmediatamente, las muestras de-- ben ser preservadas con 1 mililitro de ácido sulfúrico concentrado, por - cada 80 gramos de muestra, nunca empleando cloroformo o benzoato de- sodio. El frasco no debe estar completamente lleno porque puede ocurrir una pérdida de aceite flotante al taparlo. La muestra se debe tomar su-- perficialmente.

2.4.- Técnicas Analíticas.

a) pH

1.- Discusión General.

El valor del pH de una solución es el logaritmo de la recíproca --- de la actividad de sus iónes hidrógeno. Tiene poca relación con la concentración de las aguas negras, pero puede ser de importancia considerable-- en estudios sobre desechos industriales, lo que es especialmente cierto -- con los efluentes de las plantas de tratamiento de desechos industriales -- pués las legislaciones aplicables prescriben, con frecuencia, los límites-- del pH.

En los procesos de tratamiento químico, la determinación del pH-- es un medio conveniente de control.

El valor del pH se debe determinar por los procedimientos del elec trodo de cristal, a no ser que no se requiere una gran exactitud, como en los trabajos rutinarios de control, en los que se pueden usar métodos colo rimétricos.

En las titulaciones potenciométricas de acidez, alcalinidad y en la determinación de los valores del pH, tanto el electrodo del cristal como - el electrodo de referencia, se deben encontrar escrupulosamente limpios, lo que es particularmente necesario con aguas negras y desechos indus-- triales que contienen, a menudo, aceites, grasas y otros compuestos que

forman películas que pueden inhibir la sensibilidad de los electrodos.

Cuidado de los electrodos.

Entre los cuidados que se deben tener con los electrodos son de -- mencionarse:

. La eliminación de cualquier película que los recubra, bien sea-- por medio de un disolvente adecuado o por medio de un detergente suave, usando un tejido blando para eliminar la película.

. El enjuagado repetido con agua destilada y su secado con un teji_ dodo blando, para eliminar todo el disolvente o el detergente.

. Si es necesario, la activación del electrodo de cristal por in --- merción en HCl al 2% por dos ó más horas, con un enjuagado cuidadoso-- con agua destilada.

. La conservación de ambos electrodos sumergidos en agua desti_ lada, cuando no se encuentren en uso.

2.- Equipo y Procedimiento.

El pH puede determinar por medio de dos métodos:

Método Colorimétrico.

Este método requiere una inversión inicial de muestra muy baja- (uno o dos mililitros) con el cual se humedece el papel pH, que desarro_

lla un color que se compara con una escala graduada, obteniendo los valores respectivos de pH.

Otro método colorimétrico consiste en hacer reaccionar la muestra con indicadores de azul bromotimol, rojo de cresol y otros haciendola referencia con discos de comparación.

El método anterior no es aconsejable pués está sujeto a muchas-- interferencias, de color, turbiedad, alto contenido salino, material coloidal, cloro libre y varios agentes oxidantes y reductores. Este método -- es útil en el campo debido a que dá una idea burda del estado de la cali-- dad del agua.

Potenciométrico.

Tiene la ventaja de que regularmente no presente interferencias - únicamente, cuando hay gran cantidad de iónes sodio a valores altos de -- pH.

Para la determinación del pH por este método no se puede dar una serie específicas, ya que cada tipo comercial de potenciómetro tiene sus propias instrucciones.

Los electrodos ya sea de vidrio o de Calomel deben humedecer-- se de acuerdo con las instrucciones que se proporcionan. Además antes- de medir el pH, el potenciómetro debe calibrarse con una solución amortiguadora de pH conocido; se puede usar otra solución de pH diferente --

para verificar la respuesta del instrumento.

Cada vez que se mida el pH de los residuos industriales, efluentes lodos y muestras similares, los electrodos se deben de enjuagar cuidadosamente con agua destilada y calibrarse posteriormente. Es conveniente-- limpiar los electrodos ocasionalmente con disolvente o detergente, usando toallas de papel muy suave para quitar residuos de aceites y grasas. Los- electrodos se deben de manejar cuidadosamente y mantenerse dentro de — agua destilada cuando no se usen.

b) Temperatura.

1.- Discusión General.

Es necesario obtener lectruas exactas de temperatura para calcu-- lar los valores de saturación de oxígeno disuelto, parala correlación de la actividad biológica, para los cálculos de las distintas formas de alcalini-- dad y en los estudios de estabilidad y saturación del agua con respecto al- carbonato de sodio. En estudios limnológicos se necesita conocer la tem-- peratura de las aguas a distintas profundidades, y en otro aspecto, es po- sible con frecuencia definir el origen de un abastecimiento, como pozos- profundos únicamente por mediciones de temperaturas.

En aprovechamientos industriales de agua, se requiere a menudo- su temperatura para calcular su transmisión calorífica o para determinar su utilidad en distintos procesos.

2.- Equipo y Procedimiento.

Equipo.

El equipo normal consta de un termómetro de mercurio, con un ámbito aproximado de 0 a 100° C. Esto será suficiente para muchos fines generales. La escala debe estar subdividida en 0.5 ° C ó en 1° C para facilitar la lectura. Los termómetros de campo deben estar provistos de un estuche metálico para evitar roturas.

Procedimiento.

Los termómetros se calibran ya sea para " inmersión total" o para "inmersión parcial". Los termómetros de inmersión total deben sumergirse completamente en el agua para registrar la temperatura correcta. Los termómetros de inmersión parcial, por otro lado, deben sumergirse en el agua hasta la profundidad del círculo grabado que aparece alrededor de la varilla abajo del nivel de la escala.

Deben hacerse las lectruas con el termómetro sumergido en el agua de preferencia en movimiento, después de un tiempo suficiente para lograr que sean constantes. Este dato debe ser representativo de la temperatura de la corriente en el tiempo en que se colecta la muestra. Por consiguiente la temperatura debe tomarse en el punto de muestreo.

La temperatura de aguas residuales domésticas, efluentes y desechos en el momento del muestreo, se debe aproximar a grados enteros.

c) Materia Flotante.

La cantidad de materia flotante en las aguas residuales es uno de- los criterios para valorar las características de las descargas. Es nece-- sario eliminar este material grueso que afecta a los cuerpos de aguas na- turales. Primero desde el punto de vista estético y posteriormente porque al degradarse, consumen una cierta cantidad de oxígeno disuelto en el -- agua. La materia flotante comprende aquella que permanece en la superfi_ cie del agua y es retenida por una malla con aberturas cuadradas de 3 mm de lado.

Algunos de los factores que afectan la cantidad de materia flotante en aguas residuales son:

. El tiempo de flotación.

Es el tiempo durante el cual las partículas con densidad menor que el medio puedan subir a la superficie.

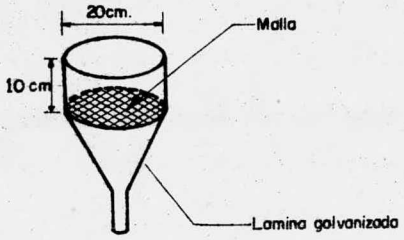
. El efecto del mezclado que reciben las aguas residuales antes de descargarse.

. Como factor adicional esta la temperatura que en las pruebas - debe de permanecer constante.

Equipo.

. Recipiente de lámina galvanizada de 18 litros de capacidad.

. Embudo



E M B U D O

Malla de acero inoxidable de aberturas cuadradas de 3 milímetros de lado con alambre de 1.05 milimetros de diámetro (alambre de malla -- número 6).

. Estufa

. Cápsula de porcelana

. Balanza analítica

FACULTAD DE QUIMICA U N A M BIBLIOTECA

3.- Procedimiento.

. Se toma una muestra directamente de la descarga o en un punto- anterior, en el caso de que ésta sea ahogada. La muestra se toma de la -- parte superficial.

. Se requiere de un volumen de 18 litros, el cual se coloca en el -- recipiente indicado anteriormente, se deja sedimentar durante una hora - para que los sólidos sedimentables no interfieran en la determinación de- la materia flotante.

. Pasado este tiempo se toma un tercio del volumen total (6 litros del sobrenadante), que contiene la materia flotante.

. Se pasa la muestra que contiene la materia flotante a través de - la malla.

. Posteriormente se pasa completamente la materia retenida en la malla a un recipiente previamente lavado y enjuagado con agua destilada.

. El recipiente que contiene la materia retenida se seca a 103° C-- hasta obtener un peso constante, después se enfría en un secador y se pesa; la diferencia de pesos entre el volumen empleado (18 litros) dá la -- cantidad de materia flotante en miligramo por litro.

d) Sólidos Sedimentables.

1.- Discusión General.

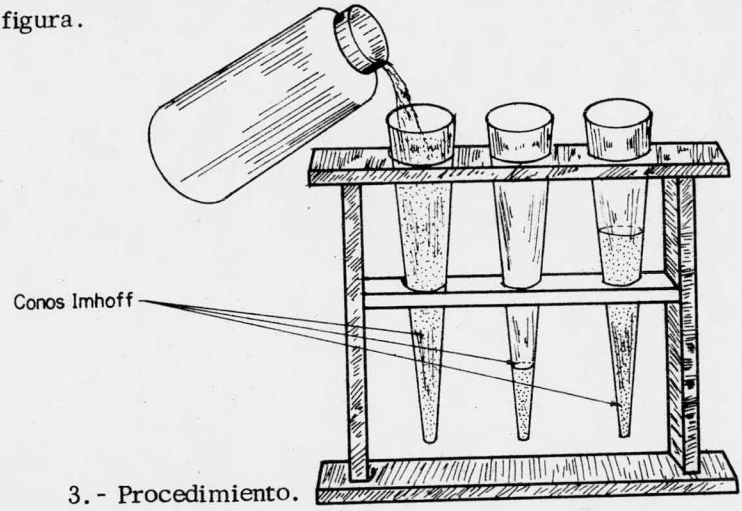
El término de sólidos sedimentables se aplica a los sólidos en suspensión que se sedimentan por medio de la acción de la gravedad, sedimentándose únicamente los sólidos suspendidos con una gravedad específica mayor que la del agua.

La prueba se efectúa ordinariamente en un cono de Imhoff, permitiendo un tiempo de sedimentación de 1 hora. Las muestras se deben ajustar casi a la temperatura ambiente y deben llevarse a cabo en lugares -- donde la luz directa del sol no interfiera conla sedimentación normal de- los sólidos. Los resultados se reportan en mililitro por litro de sólidos-

sedimentables.

2.- Equipo.

Se usan conos Imhoff con soporte de madera, como se muestra en la figura.



3.- Procedimiento.

. Se vierte un litro de aguas residuales crudas en un cono Imhoff- y se deja que los sólidos se sedimenten durante 45 minutos.

. Con sumo cuidado se gira el cono para que se sedimenten los sólidos adheridos a las paredes del cono.

. Se dejan sedimentar 15 minutos más.

. Se leen los sólidos sedimentables directamente en la graduación- del cono.

e) Grasas y Aceites.

1.- Discusión General.

Principio.

Aceites, grasas, ceras y ácidos grasos son las principales sus-- tancias clasificadas como" grasas" en las aguas residuales domésticas -- Las aguas residuales industriales pueden contener ésteres simples y, posiblemente otros compuestos de la misma categoría. El término aceite -- representa una amplia variedad de hidrocarburos de bajo a elevado peso- molecular, de origen mineral, que abarcan desde la gasolina hasta com-- bustibles y aceites lubricantes. En adición, incluye todos los glicéridos-- de origen animal y vegetal que son líquidos a la temperatura ordinaria. - Aceites y grasas pueden estar presentes en el agua como una emulsión -- de residuos industriales o fuentes similares, o en solución como una fracción ligera del petróleo.

Muestreo y almacenamiento de las muestras.

Se debe de tener cuidado que la muestra sea representativa. Las-- muestras de películas de aceite tomadas en la superficie de una corriente o de otro cuerpo de agua, será casi imposible valorarlas en comparación al volumen total del agua, al área total de la película y al espesor com--- prendidos.

Las muestras deben de tomarse en frascos de vidrio de boca an-- cha, con tapón esmerilado, previamente enjuagados con un disolvente y-- secados al aire. No deben de llenarse completamente porque se puede te-

ner una pérdida de aceite flotante al taparlo.

Las muestras deben analizarse inmediatamente después de su colección, ya que muchos aceites e hidrocarburos son utilizados por las bacterias.

Si ésto es posible, se puede inhibir la actividad bacteriana acidulando con 5 ml. de ácido sulfúrico 1+1 o bien refrigerando a 4° C.

Método de Extracción Soxhlet para analizar grasas y aceites.

Principio.

En la determinación de grasas, no se mide cuantitativamente una substancia específica, sino grupos de substancias con características físicas similares, principalmente su solubilidad en el disolvente que se usa.

El hexano es el disolvente que ha sido seleccionado para llevar a cabo las determinaciones de grasa debido a que es un buen disolvente para todos los materiales normalmente asociados con el término "grasa" y tiene una mínima fuerza disolvente para otros compuestos orgánicos.

En este método, las muestras se acidulan con ácido clorhídrico a un pH aproximado de 1.0 para con ello liberar los ácidos grasos que se presentan principalmente en forma de jabones de calcio y de magnesio los cuales son insolubles en hexano. La reacción comprendida puede ser representada por medio de la siguiente ecuación.

$$Ca\ (C_{17}H_{35}\ COO)_2 \quad + 2H \quad — \quad 2\ C_{17}H_{35}COOH + Ca^{++}$$

La grasa se separa de la muestra líquida por filtración y se extrae en un aparato Soxhlet. El residuo remanente después de la evaporación del hexano se pesa para determinar el contenido de grasa de la muestra. Los compuestos que se volatizan 103° C o antes, se pierden cuando se seca el filtro.

Interferencias.

El método es enteramente empírico y se pueden obtener resultados reproducibles solo apegándose estrictamente a todos los detalles. Por definición, cualquier material recolectado se llama grasa y cualquier sustancia filtrante, soluble en hexano, como es el caso del azufre elemental y de ciertos colorantes orgánicos, se extrae como grasa.

Equipo.

Estufa de aire caliente, balanza analítica, bomba de vacío y otra fuente de vacío, parrilla eléctrica con cubierta, desecador, aparato de destilación, embudos Buchner de 12 cm. de diámetro, matraces de filtración al vacío, pipetas serológicas de 10 ml, vidrio de reloj, pinzas y cartuchos de extracción.

Procedimiento.

. Se prepara un filtro con el disco de tela de muselina sobreponiéndole el disco de papel filtro, se coloca en el embudo Buchner, poste

riormente se moja la tela y el papel con H_2O dest. y se presiona hacia --- abajo el contorno de este último.

. Con ayuda del vacío, se pasan 100 ml. de la suspensión del fil-- tro a través del filtro preparado. Se lava con 1 l, de H_2O dest. y se apli- ca el vacío hasta que no pase más agua a través del filtro.

. Se hace la muestra de 1 l. acidificada previamente con 10 ml. -- de HCl. conc. a través del filtro preparado. Se aplica el vacío hasta que-- toda la muestra haya sido filtrada.

. Con una pinza se traslada a un vidiro de reloj el papel filtro y el material adherido al disco de tela.

Se limpian las caras y el fondo del recipiente colector, el agitador y el embudo Buchner con pedazos de papel filtro remojado en el disolven-- te (hexano), teniendo cuidado de trasladar todas las capas de grasa forma- das, y de recoger todo el material sólido. Se agregan los pedazos de pa- pel filtro. Se enrolla el papel filtro y los pedazos del mismo y se colocan en un dedal de extracción de papel. Se limpia bien el vidrio de reloj con - papel filtro remojado en el disolvente y se coloca éste y cualquier otro --- resto del material en el dedal.

Se seca el dedal con el papel filtro en una estufa de aire caliente - a 103° C durante 30 min. posteriormente se coloca en un frasco de extrac- ción previamente tarado, y se efectúa el proceso de extracción de grasas en un aparato Soxhlet usando hexano o triclorotrifluoretano a una vel. ---

20 ciclos por hora, durante 4 horas.

. Se destila el disolvente del frasco extractor en un baño maría de agua a 85° C o en el manto ajustado para una destilación lenta, una vez--- efectuada la destilación, se seca el frasco de extracción en una estufa a -- 103 ° C durante 30 minutos, se saca de la estufa y se coloca en un desecador para que tome la temperatura ambiente, una vez hecho ésto se pesa - y se registra el dato.

. Cálculos.

La cantidad de grasas y aceites se calcula con la siguiente rela--- ción:

$$G_+ = \frac{1000\ P}{v}$$

donde:

G_+ = contenido de grasa total en miligramos/l.

P = incremento en el peso del matraz, en miligramos

V = volumen de la muestra en ml.

3.- TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

A continuación se hace una descripción general de los métodos que se han desarrollado para efectuar el tratamiento de las aguas residuales. Para ésto, se ha tomado como modelo el proceso en que la propia naturaleza lleva a cabo, poniéndolo bajo control y acelerándole con empleo de dispositivos ideados por el hombre. Existen varios grados de tratamiento, los cuales se conocen como:

- .Tratamiento previo
- .Tratamiento primario
- .Tratamiento secundario
- .Tratamiento terciario o avanzado

Que de acuerdo con la práctica han demostrado ser los más eficientes y económicos. Los métodos convencionales incluyen los tratamientos primarios y biológicos, siendo estos empleados originalmente para la depuración de aguas residuales domésticas.

Estos procesos convencionales tienen un límite máximo en la calidad de agua que pueden producir. Si las circunstancias requieren un mayor grado de purificación del agua o la naturaleza de las aguas residuales es tal, que no se pueden tratar con métodos convencionales, es necesario emplear métodos de tratamiento avanzado.

Con los métodos de tratamiento avanzado se pueden:

. Pulir las aguas tratadas con métodos convencionales

. Preparar las aguas residuales para que sean susceptibles de -- tratamiento convencional.

. Proporcionar tratamiento completo de aguas residuales de ca-- racterísticas exóticas con métodos avanzados.

Debe reconocerse que la tecnología desarrollada en este sentido, obedece a que por mucho, solamente unos parámetros de contaminación se han vigilado. Específicamente la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), -- sólidos suspendidos volátiles y fijos, pH, temperatura y sustancias tóxi-- cas en algunas ocasiones y ultimamente algunos bioestimulantes como el--- nitrógeno y el fósforo. El aspecto bacteriológico en la mayoría de los casos se controla como una desinfección del efluente final.

Los métodos de tratamiento que se han desarrollado son, básica mente para remover materia orgánica soluble y sólidos orgánicos e inorgá nicos. Algunos tratamientos avanzados o terciarios se desarrollan para la remoción y recuperación de ciertas substancias químicas, principalmente- metales pesados y compuestos químicos no biodegradables.

Actualmente, no es posible el seleccionar un proceso de trata--- miento para residuos de la industria química en forma a priori. El desa-- rrollo de un sin número de compuestos químicos orgánicos e inorgánicos-- ha hecho que los efluentes de la industria química sean de muy variada --- composición.

De acuerdo con lo anterior se hace imprescindible, para obtener un buen proceso, llevar a cabo estudios de caracterización de residuos en- el laboratorio, y posteriormente realizar trabajos de tratabilidad de los -- mismos. Estos estudios de tratabilidad deben conducirse en plantas a esca- la de laboratorio, seleccionando con el mejor criterio y experiencia, aque- llos métodos que puedan ofrecer el mejor resultado.

3.1.- Tratamiento Previo.

Se ha dado en llamar así al conjunto de medidas que generalmen- te se emplean para remover, de las aguas residuales, los objetos que por su volumen o peso puedan entorpecer el buen funcionamiento de los dispo-- sitivos mecánicos, tales como bombas o tuberías.

Este tratamiento generalmente consiste en una serie de rejillas o cribas que retienen materia voluminosa que pudiera originar problemas- al sistema. De un tiempo a la fecha se han venido empleando, conjuntamen- te con las rejillas, otros dispositivos suplementarios con el propósito --- de reducir el tamaño de los sólidos retenidos, moliéndolos o triturándolos.

Generalmente en los sistemas colectores combinados de aguas- residuales, se encuentra mucha materia arenosa o granular que si no es-- removida causa desgastes y obstrucciones en bombas y tuberías. Para --- ésto se construyen los llamados canales desarenadores, que funcionan -- como un tanque sedimentador en el que mediante el control de la veloci--- dad del flujo se mantiene en suspensión la materia orgánica de menor pe-

so específico que la materia mineral, favoreciendo el depósito de esta última.

3.2.- Tratamiento primario.

Consiste básicamente en la separación de los sólidos sedimentables o flotables no removidos en el pretratamiento y la disposición final de los mismos.

Se lleva a cabo en un tanque de sedimentación donde las partículas suspendidas se aglomeran aumentando su peso volumétrico e incrementando su velocidad de asentamiento, arrastrando a su paso materia finamente --- dividida que no sedimentaría por sí misma.

Cuando en una planta se cuenta únicamente con los tipos de tratamiento antes mencionados, es conveniente dar al efluente un tratamiento -- último de cloración que elimine cierto tipo de bacterias dañinas a la salud.

Sedimentación por gravedad es uno de los procedimientos fundamentales y más importantes en el tratamiento de aguas residuales. Es un proceso por medio del cual se remueven las partículas suspendidas y coaguladas con una densidad mayor a la del agua.

La sedimentación se ha clasificado en cuatro divisiones que dependen de la concentración de la suspensión y la tendencia de las partícu-- las a coagularse. Estas son:

. Sedimentación discreta

. Sedimentación floculenta

. Sedimentación en zonas

. Compresión

En el primer tipo, una partícula conserva su individualidad y --- no cambia de tamaño, forma o densidad. La sedimentación floculenta se --- caracteriza por la aglomeración de partículas y el cambio de la velocidad - de sedimentación.

En la sedimentación en zonas, las partículas sedimentan como -- una sola masa y presentan una interfase definida entre el sobrenadante y los sólidos que se sedimentan. Durante la compresión los sólidos ejercen pre-- sión sobre las capas inferiores, lo cual resulta en un desplazamiento lento- líquido.

La ley de Stokes nos representa el mecanismo por medio del --- cual se sedimentan las partículas discretas o floculentas:

$$V = \frac{1\ (e_s - e_1)}{18\ u}\ g\ D^2$$

g= Constante de gravedad

D = Diámetro de la partícula

e_s = Densidad de la partícula

e_1 = Densidad del líquido

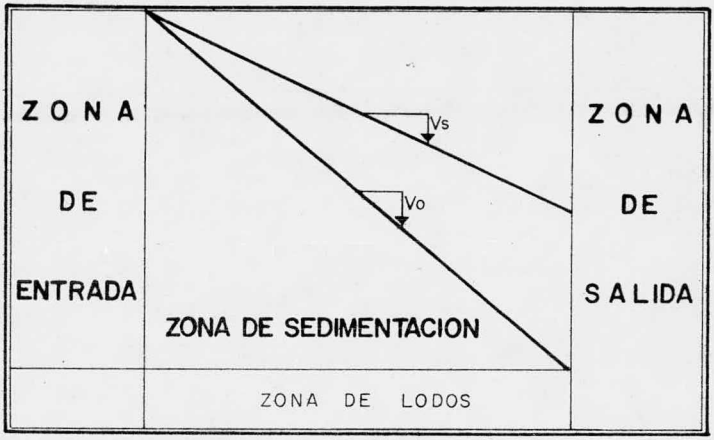
u = Viscosidad del líquido

V= Velocidad de sedimentación

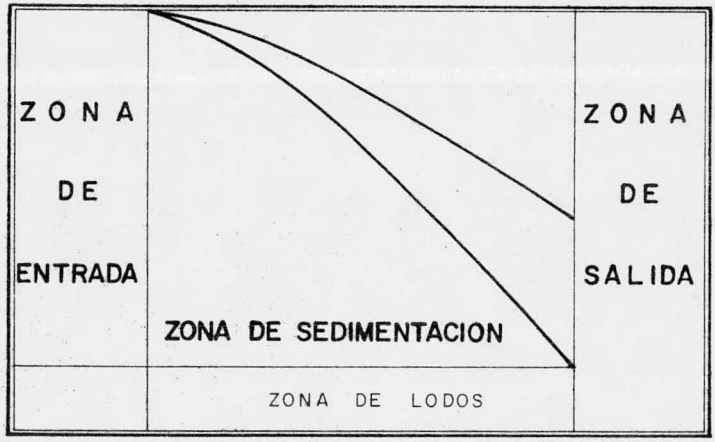
TRATAMIENTO PRIMARIO

PROMEDIO PARA AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

	CONCENTRACION (mg/l)	
	REMOVIDO	REMANENTE
SOLIDOS SUSPENDIDOS	125	110
MATERIA BIODEGRADABLE	60	140
MATERIA ORGANICA NO-BIODEGRADABLE	0	VARIABLE
FOSFORO	0	15
NITROGENO	0	VARIABLE

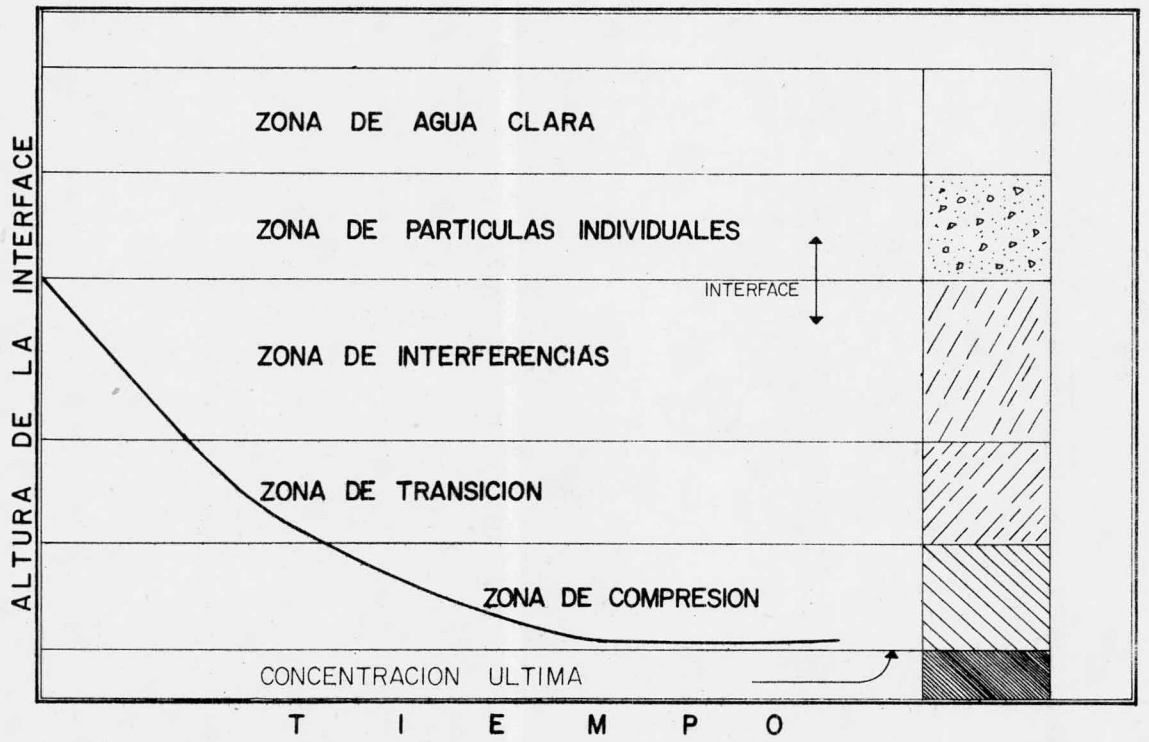


SEDIMENTACION DISCRETA



SEDIMENTACION FLOCULENTA

SEDIMENTACION EN UN TANQUE TEORICO IDEAL



ZONAS DE SEDIMENTACION

3.3.- Tratamiento Secundario.

Se conoce como tratamiento secundario al procedimiento complementario de purificación de las aguas residuales consistente en una serie de procesos biológicos y químicos a que son sometidos los efluentes de tratamiento primario.

Existen dos formas para descomponer al contenido orgánico de las aguas residuales; en una las bacterias utilizan el oxígeno disuelto para el desarrollo de sus procesos vitales, mientras que en otra se emplean substancias diferentes al oxígeno como aceptores de electrones efectuándose la descomposición en forma anaeróbica.

Las dos formas de degradación bacterianas son de utilidad pudiéndose establecer a voluntad las condiciones que favorezcan a una u otra según lo requiera el proceso. Por lo común, los lodos se tratan por métodos anaerobios y los sólidos en solución por métodos aerobios. Desde luego, los subproductos de los dos tipos de descomposición anaerobia son en parte inestables, molestos y poco agradables.

Respecto al sistema de tratamiento secundario se tienen tres tipos principales de sistemas:

. De filtros biológicos

. Lodos activados

. Lagunas de estabilización

3.4.- Tratamiento biológico.

Este tratamiento es, esencialmente, una reproducción de lo que ocurre en los procesos de autopurificación en la naturaleza, bajo condiciones controladas. Se puede clasificar en aerobio, anaerobio o facultativo.

En condiciones aerobias, los microorganismos consumen oxígeno disuelto para convertir la materia residual en más microorganismos--más la anergía necesaria para su existencia. Los productos finales son--bióxido de carbono y agua. Bajo condiciones mínimas de carga, una reacción secundaria transforma el nitrógeno amoniacal a nitratos.

En la ausencia de oxígeno disuelto, los microorganismos anaerobios y facultativos toman el oxígeno combinado de compuestos como los-nitratos. Dos reacciones fundamentales se llevan a cabo; bacterias saprofíticas producen compuestos intermedios como los ácidos orgánicos y alcoholes; y las bacterias productoras del metano, utilizan compuestos intermedios para producir bióxido de carbono y metano. Si se encuentran compuestos de azufre, el ácido sulfídrico será uno de los productos.

Cuando la materia orgánica se pone en contacto con el lodo biológico la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se remueve por varios mecanismos. Los sólidos suspendidos y muy finos se remueven por medio de adsorción y coagulación. Parte de la materia orgánica soluble se remueve inicialmente por medio de absorción y se almacena en la célula como reserva de alimento. La demás materia orgánica disuelta se remueve pro ---

gresivamente durante el proceso de aereación, resultando en la síntesis -- de lodos y la producción de bióxido de carbono y agua. La facilidad de oxi_ dación de la materia orgánica, disminuye a medida que la complejidad de- los compuestos aumenta. Las partículas grandes se subdividen por medio de hidrólisis antes de oxidarse. Las reacciones que representan la remo_ ción de la DBO durante la bioxidación se pueden interpretar como un pro— ceso de tres etapas.

. La remoción inicial de la DBO al ponerse en contacto los dese_ chos con un lodo biológico activo, que la almacena como reserva de alimen to.

. Remoción de la DBO en proporción directa al crecimiento del- lodo biológico.

. Oxidación de la materia celular biológica a través de respira- ción endógena.

Estas reacciones se ilustran con las siguientes ecuaciones:

Oxidación de materia orgánica:

$$C_xH_yO_z + O_2 \xrightarrow{\text{Enzimas}} CO_2 + H_2O - \Delta H$$

Síntesis de materia celular:

$$(C_x\ H_yO_z) + NH_3 + O_2 \xrightarrow{\text{Enzimas}} \text{Células} + CO_2 + H_2O - \Delta H$$

Oxidación de materia celular:

$$(\text{Células}) + O_2 \xrightarrow{\text{Enzimas}} CO_2 + H_2O + NH_3 - \Delta H$$

El término ΔH representa el calor de reacción. La figura No. 5 (ver anexo) representa esquemáticamente las etapas que describen las - ecuaciones anteriores.

Los tres principales procesos de tratamiento biológico son los- lodos activados, filtros percoladores y lagunas de estabilización. En la -- tabla No.1 (ver anexo) se comparan las diferentes características de es-- tos procesos y en las figuras 6, 7, y 8 (ver anexo) se muestran en dia-- gramas de flujo algunas de sus variaciones.

El procesos anaerobio es importante en el tratamiento de aguas residuales domésticas, pero no es usado comunmente para tratar aguas-- residuales industriales. En comparación con los procesos aerobios, este- proceso es más sensible a la materia tóxica y resulta difícil de controlar.

La digestión anaerobia se ha usado como un pretratamiento, para disminuir la DBO de desechos altamente concentrados. Cargas orgáni-- cas de 2,400 a 4,000 kg/1,000 m3 y tiempos de retención de 4 a 10 días -- producen eficiencias de remoción de la DBO del 40 al 70 por ciento.

La figura 9 ilustra el proceso anaerobio. (ver anexo)

. Proceso de lodos activados.

Este proceso consiste en la agitación de una mezcla de agua --- residual, con un 15% o más de su volumen de lodos líquidos, bacteriológi_ camente activo, en presencia de oxígeno disuelto, durante el tiempo pre—

ciso para coagular una gran porción de sustancias coloidales seguido de -- una sedimentación adecuada para separar el lodo floculado; el lodo activo- se produce previamente por la aereación de suscesivos volúmenes de --- aguas residuales.

La parte fundamental del proceso se realiza en los tanques de-- aereación, donde el licor mezclado recibe la cantidad de oxígeno necesario para sustentar los procesos de biosorción y biodegradación a una rapidez - conveniente.

Además de la oxigenación obtenida por este concepto, existe la- introducción directa del oxígeno atmosférico como consecuencia de la tur- bulencia provocada por el aire inyectado.

La sedimentación de los lodos activados, se lleva a cabo en un - tanque de sedimentación secundario, de donde son parcialmente recircula- dos para mantener unaconcentración adecuada de ellos en los tanques de -- aereación; el exceso se manda al sedimentador primario o directamente -- a su disposición final.

. Lagunas de estabilización.

La gran importancia sanitaria de las lagunas de estabilización-- radica en las altas eficiencias que alcanzan en la purificación de aguas re- siduales y en la economía que representa su construcción, mantenimiento- y operación. El principal problema que representan es el de una gran área de terreno para su instalación.

Las lagunas de estabilización se pueden clasificar en: anaerobias, aerobias y facultativas, según sea la forma en que se lleva a cabo el proceso de descomposición.

Los procesos que tienen lugar en las lagunas aerobias son similares a los que presentan en los lodos activados, con la importante diferencia de que mientras en éstos la oxigenación es mecánica, en las lagunas aerobias el oxígeno proviene de la fotosíntesis efectuada en unas plantas microscópicas llamadas algas. Puesto que la fotosíntesis depende de la energía solar, es ésta la razón por la cual se requieren grandes extensiones de terreno para tratar aguas residuales con este sistema.

En las lagunas anaerobias no existen tantas condiciones de diseño como en las aerobias. Puesto que la actividad bacteriana no depende de la existencia de oxígeno, no es necesario cumplir con los requerimientos de grandes áreas y bajas profundidades que permitan el mejor aprovechamiento de la energía solar. Por lo tanto, pueden ser construídas en áreas menores y profundidades mayores con el consecuente ahorro económico. Sin embargo, los subproductos de los procesos biológicos de las bacterias anaerobias son sumamente desagradables al olfato, por la que es éste su principal inconveniente.

Las lagunas facultativas tienen propiedades comunes a las aerobias y anaerobias; es decir, mientras que en la parte superior existe actividad aerobia, en el fondo, donde ya no alcanza a penetrar la luz solar, y por consiguiente, ya no hay generación de oxígeno por fotosíntesis, la-

actividad bacteriana es francamente anaerobia.

3.5.- Tratamiento avanzado o terciario.

El tratamiento avanzado se puede dividir, en términos generales en procesos químicos y físicos. Estos procesos se usan para remover aquellos contaminantes que no se eliminaron durante los tratamientos primarios y secundarios o bien, cuando debido a las características de las aguas residuales es necesario tratarlas enteramente por medio físico-químico. Encontrándose entre los principales procesos físico-químicos los siguientes:

FISICOS

. Filtración
. Flotación
. Adsorción
. Separación de espuma
. Osmosis inversa
. Diálisis

QUIMICOS

. Neutralización
. Coagulación
. Oxidación química
. Intercambio iónico

. Reducción y precipitación

Los procesos físicos se usan para la remoción de materia sus-- pendida o en solución, ya sea ésta orgánica o inorgánica. La remoción --- de materia en suspensión se lleva a cabo por medio de sedimentación o - flotación cuando los sólidos son relativamente grandes.

Los procesos de filtración a través de arena, medios múltiples- o tierras diatomeas se utilizan para remover partículas muy finas.

La flotación por medio de aire comprimido tiene su mayor apli-- cación en la remoción de sólidos suspendidos floculentos, como lo son la-- masa biológica del proceso de los activados. Las aguas residuales o una-- porción del efluente clarificado se somete a una presión de 40 a 60 psi --- (libras por pulgada cuadrada) en la presencia de suficiente aire para llegar a la saturación.

Cuando la mezcla a presión de aire y líquido se suelta a presión- atmosférica en la unidad de flotación, burbujas minúsculas de aire se des- prenden de la solución. Los flóculos de lodos y los sólidos suspendidos flo- tan por medio de estas burbujas minúsculas de aire que se adhieren a las-- partículas de flóculos.

La mezcla de aire y sólidos sube a la superficie, donde se reco- lecta. El líquido dosificado se retira del fondo del tanque; se puede recircu lar una porción del efluente a la cámara de presión. Cuando se trata de cla

rificar lodos floculentos, la recirculación de efluentes a presión dá mejo-- res resultados, ya que no se someten los flóculos a las fuerzas cortantes-- en las bombas y sistemas de presión.

Muchos de los contaminantes de las aguas residuales poseen pro-- piedades tenso-activas y producen espuma al agitarse o aerearse. El pro-- ceso de la separación de espuma se vale de esta propiedad para remover -- estos contaminantes en forma concentrada.

La materia tenso-activa se concentra en la interfase de gas-líquido y forma una espuma. Esta espuma se forma por la atracción del extremo - hidrofóbico de la molécula lleva en sí agua en la fase líquida; a medida que- se forma la espuma y ésta sube, se remueven sólidos suspendidos y otras- materias atrapadas por la misma espuma.

El proceso de separación de espuma se ha aplicado experimental- mente a la remoción de materia tenso-activa, tal como ABS de aguas resi-- duales. También, se ha utilizado para remover trazas de contaminantes -- combinándolas con agentes espumantes. Un ejemplo de ésto, sería la re -- moción de metales radioactivos del agua, por medio de la adición de un -- agente tenso-activo aniónico que tenga una atracción preferente por el con- taminante.

Muchas aguas residuales industriales contienen concentraciones- muy grandes de materia orgánica que resulta muy difícil o imposible de -- remover por medio de procesos biológicos convencionales. Ejemplos de -

éstos son el ABS y algunos de los compuestos orgánicos heterocíclicos. -- Frecuentemente estas materias se pueden remover a través de la adsorción sobre una superficie activa sólida. El adsorbente más comunmente-- usado es el carbón activado.

La adsorción química resulta en la formación de una capa monomolecular de la substancia adsorbida en la superficie debido a las fuerzas residuales de la valencia de las moléculas superficiales.

La adsorción física resulta de la condensación molecular en los -- espacios capilares del sólido. Hay una rápida formación de una concentración interfacial de equilibrio, seguida de una difusión lenta penetrando las- partículas de carbón.

La tasa total de adsorción es controlada por medio de la tasa de -- difusión de las moléculas dentro de los poros capilares de las partículas de carbón. La tasa está en función recíproca del cuadrado del diámetro de la- partícula, en función directa con la temperatura y disminuye con un aumento en el peso molecular.

La tasa de adsorción, también depende de la raíz cuadrada del --- tiempo de contacto. La capacidad de adsorción depende tanto del tipo de -- carbón como del contaminante que se desea remover.

Diálisis, electrodiálisis y ósmosis inversa, comprenden la separación de substancias por medio de su difusión a través de membranas. En el caso de diálisis, la tasa de difusión está relacionada con el gradiente de --

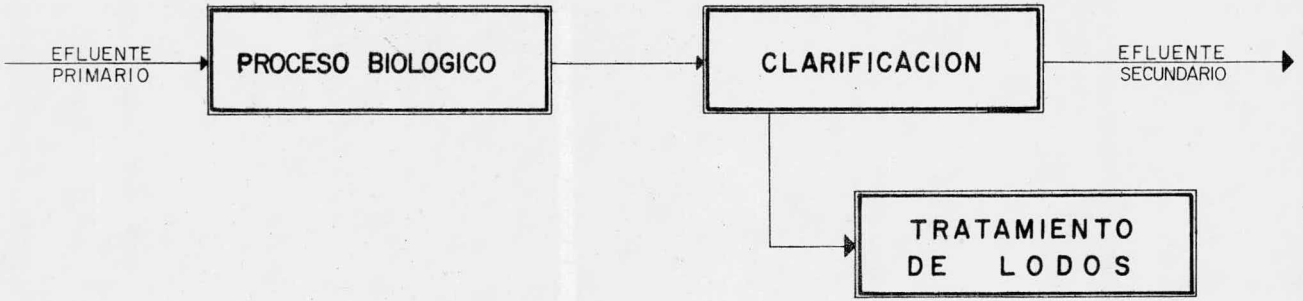
concentración a través de la membrana. La mayoría de las membranas --- tienen un espesor de 0.1 milímetros, con el tamaño de los poros de 50 a--- 80.

Se utiliza flujo de contracorriente para obtener un mayor gradiente de concentración.

La electrodiálisis se basa en la atracción iónica de electrodos a — los cuales se les ha aplicado una corriente eléctrica.

La ósmosis inversa utiliza la aplicación de energía en la forma de presión para efectuar el transporte de ciertas substancias a través de la -- membrana. La electrodiálisis y la ósmosis inversa, se comienzan a usar -- mucho en la desalación de agua de mar y salmueras, mientras que el proce_ so de diálisis tiene su mayor utilidad en la recuperación de sustancias --- aprovechables como acidez y álcalis de aguas residuales industriales.

TRATAMIENTO SECUNDARIO



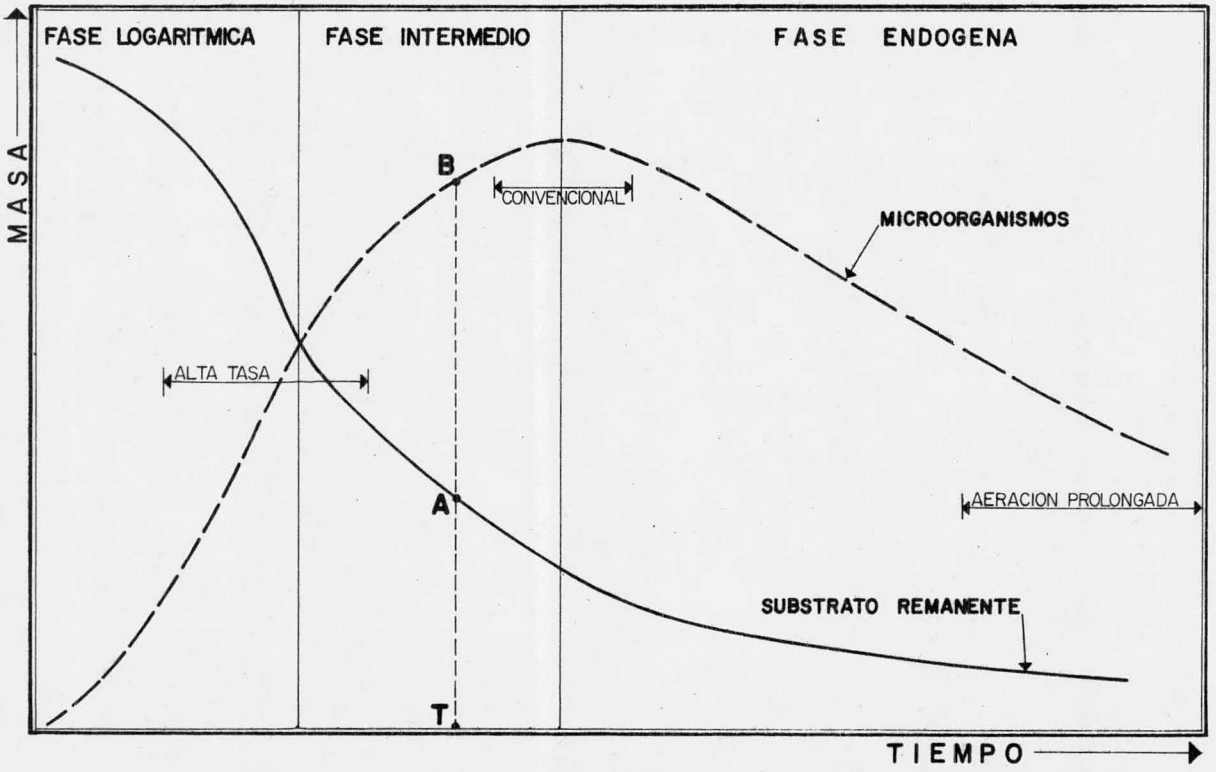
PROMEDIOS PARA AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

	CONCENTRACION (mg/l) REMOVIDO	REMANENTE
SOLIDOS SUSPENDIDOS	80	30
MATERIA BIODEGRADABLE	120	20
MATERIA ORGANICA NO-BIODEGRADABLE	POCO	VARIABLE
FOSFORO	POCO	<15
NITROGENO	POCO	VARIABLE

TRATAMIENTO AVANZADO

PROMEDIOS PARA AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

	CONCENTRACION REMOVIDO	(mg/l) REMANENTE
SOLIDOS SUSPENDIDOS	30	< 1
MATERIA BIODEGRADABLE	20	< 1
MATERIA ORGANICA NO-BIODEGRADABLE	CASI TODA	< 1
FOSFORO	14	< 1
NITROGENO	LA MAYORIA	< 2



RELACION ENTRE TIEMPO Y MASA DE LOS AMBITOS OPERACIONALES DE TRES PROCESOS DE TRATAMIENTO AEROBIO

figura 5

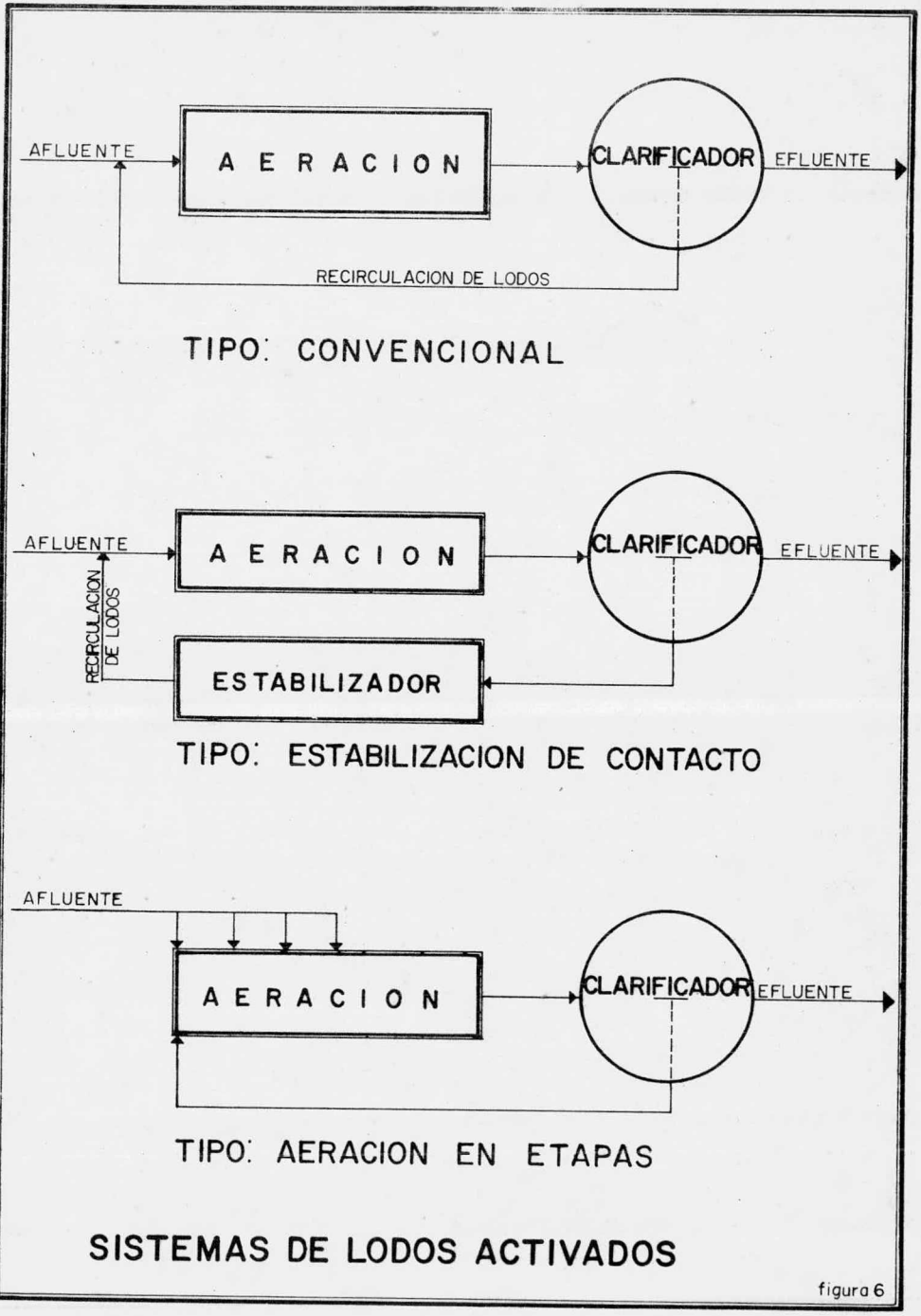

AFLUENTE
A E R A C I O N
CLARIFICADOR
EFLUENTE
RECIRCULACION DE LODOS
TIPO: CONVENCIONAL
AFLUENTE
A E R A C I O N
CLARIFICADOR
EFLUENTE
RECIRCULACION DE LODOS
ESTABILIZADOR
TIPO: ESTABILIZACION DE CONTACTO
AFLUENTE
A E R A C I O N
CLARIFICADOR
EFLUENTE
TIPO: AERACION EN ETAPAS
SISTEMAS DE LODOS ACTIVADOS

figura 6

Tabla Nº 1

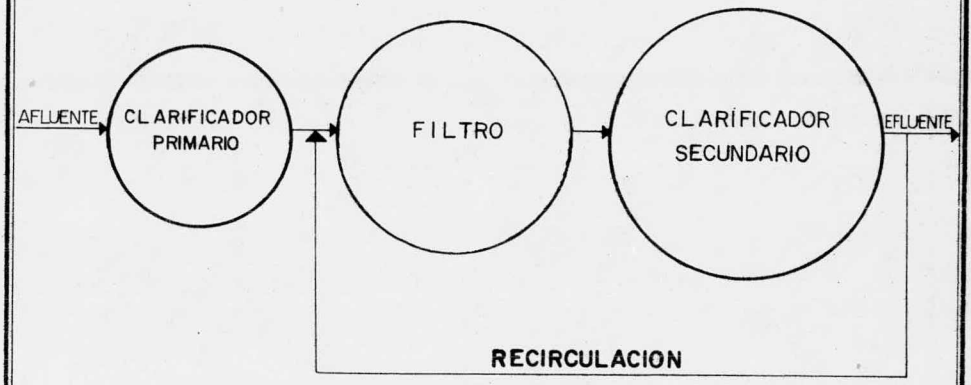
COMPARACION DE LOS PROCESOS BIOLOGICOS

Requerimientos para tratar 770 kg DBO/día

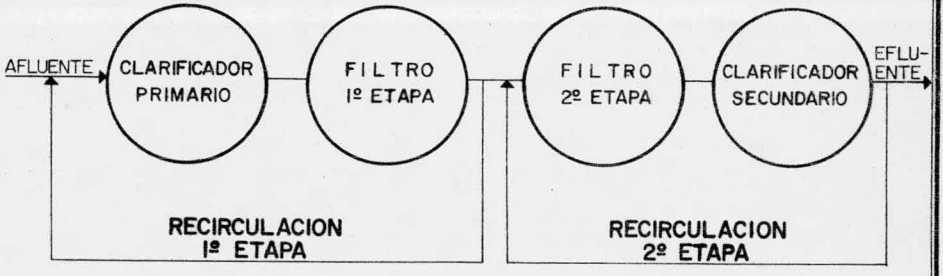
	Area (m2)	Carga Biológica (Kg DBO/ 1000 m3)	Remoción de DBO (%)
Laguna de Estabilización	231 000	1.44 a 3.68	70 a 90
Lagunas Aereadas**	23 300	18.40 a 25.60	80 a 90
Lodos Activados			
Aereación Prolongada	930	176 a 480	95 +
Convencional	324	528 a 6400	90
Alta Tasa	186	912 a 2400	70
Filtros Percoladores			
Piedra	810 a 2030	11 a 800	40 a 70
Medio Plástico	81 a 324	320 a 3200	50 a 70

* 1.30 m de profundidad

** 2.60 m de profundidad



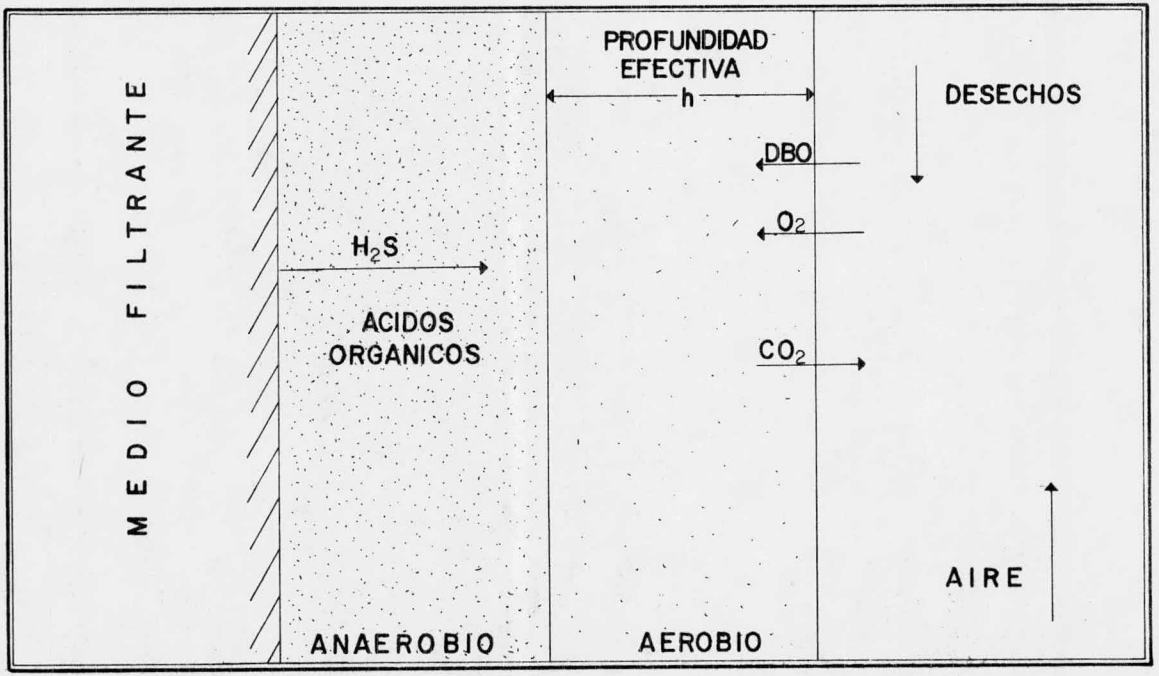
FILTRO DE UNA ETAPA



FILTROS DE DOS ETAPAS

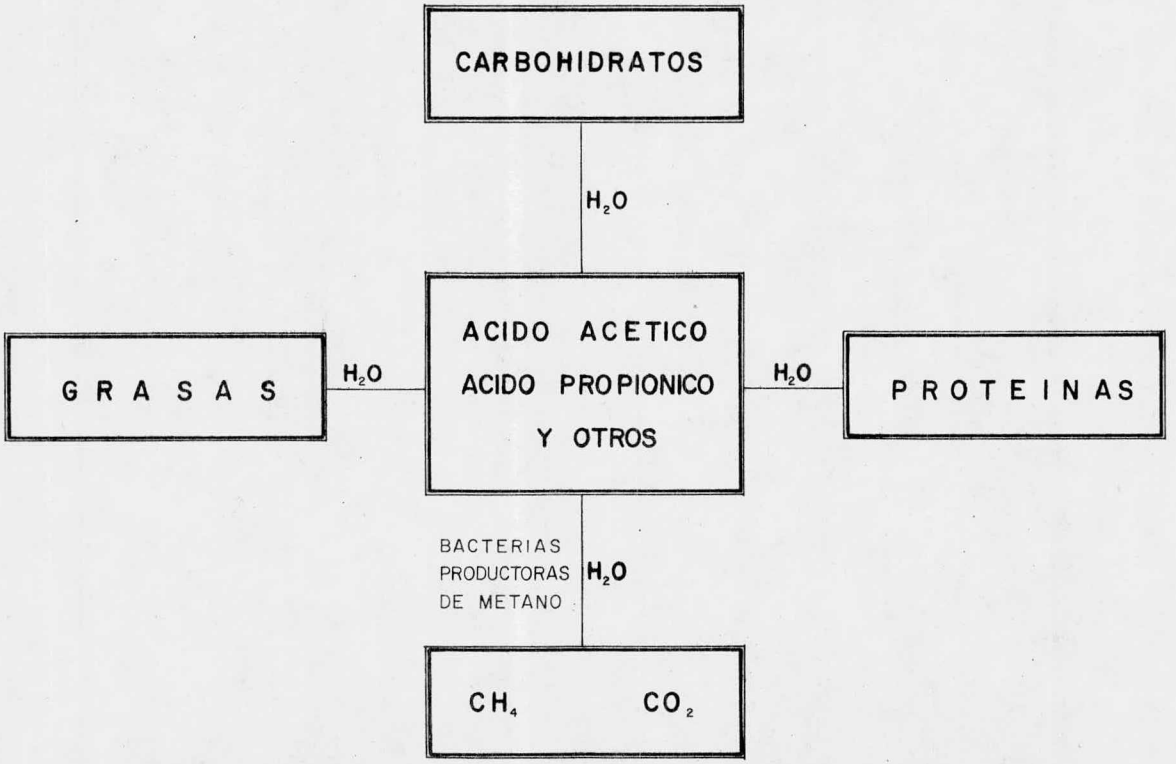
SISTEMAS DE FILTROS PERCOLADORES

figura 7



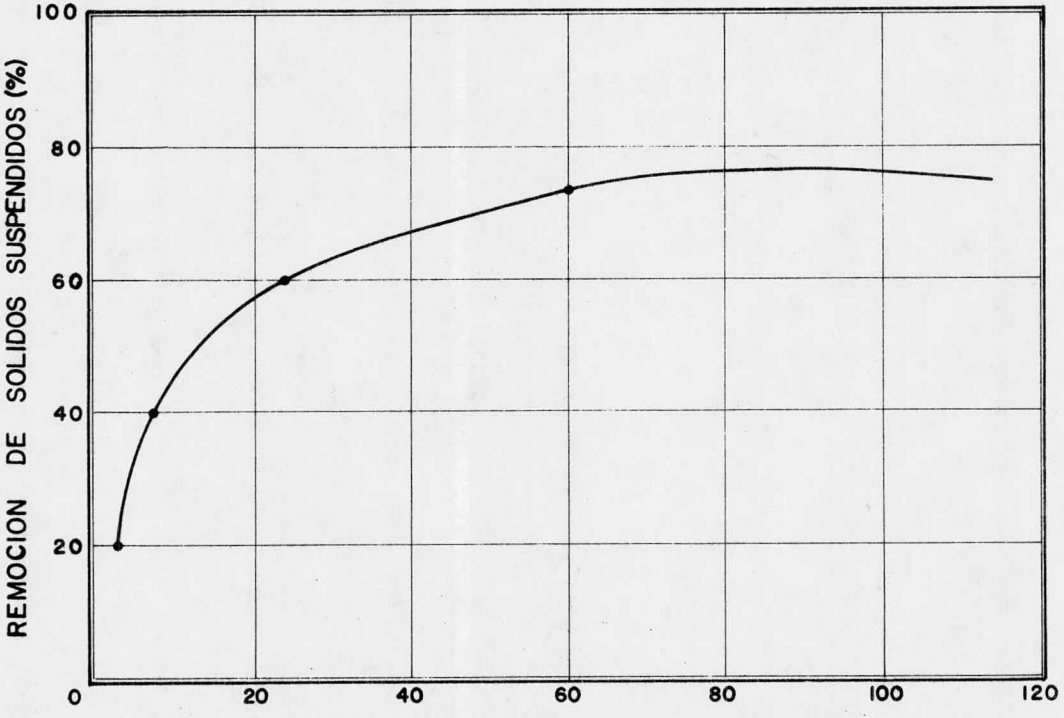
REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL FUNCIONAMIENTO DE UN FILTRO BIOLOGICO

figura 8

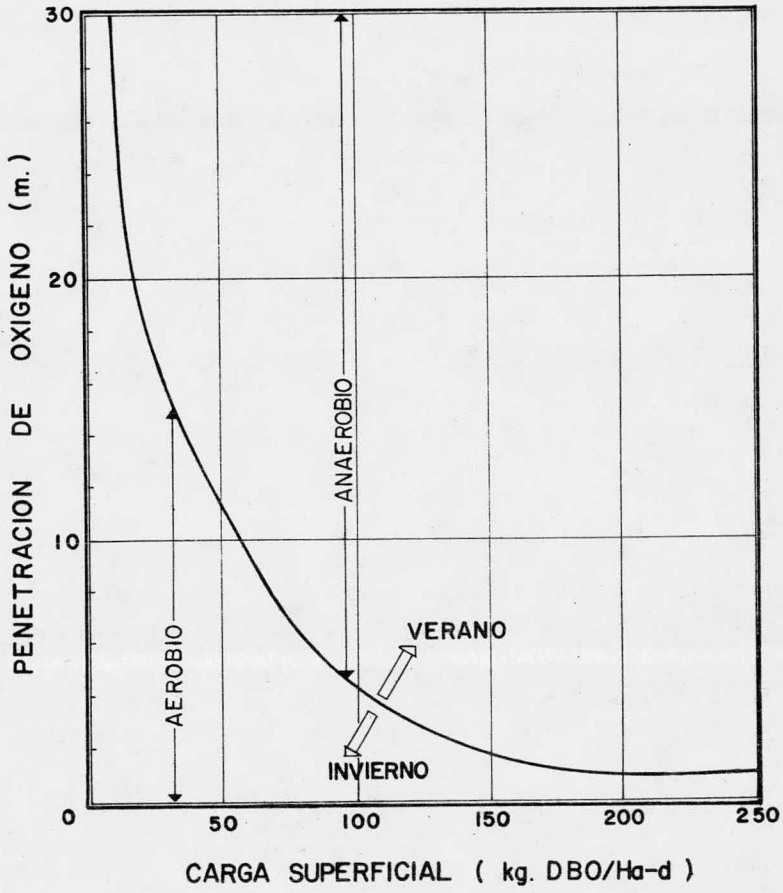


DIGESTION ANAEROBIA DE MATERIA ORGANICA

figura 9



REMOCION DE SOLIDOS



PROFUNDIDAD DE LA PENETRACION DE OXIGENO EN LAGUNAS DE ESTABILIZACION

4. ESTUDIO DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES DEL RASTRO FRIGORIFICO DE MORELIA, MICH.

4.1.- Datos generales del Rastro Frigorífico.

a) Localización: Estado de Michoacán, Municipio de Morelos.

b) Número de descargas de agua residual. Una.

c) Razón social y dirección: Rastro Frigorífico de Morelia, Calzada de la Huerta Km 2.5 Carretera a Tiripitio.

d) Actividad sacrificio de ganado bovino, porcino, caprino y refrigeración de carne en canal.

e) Productos más importantes:

Carne de res

Carne de cerdo

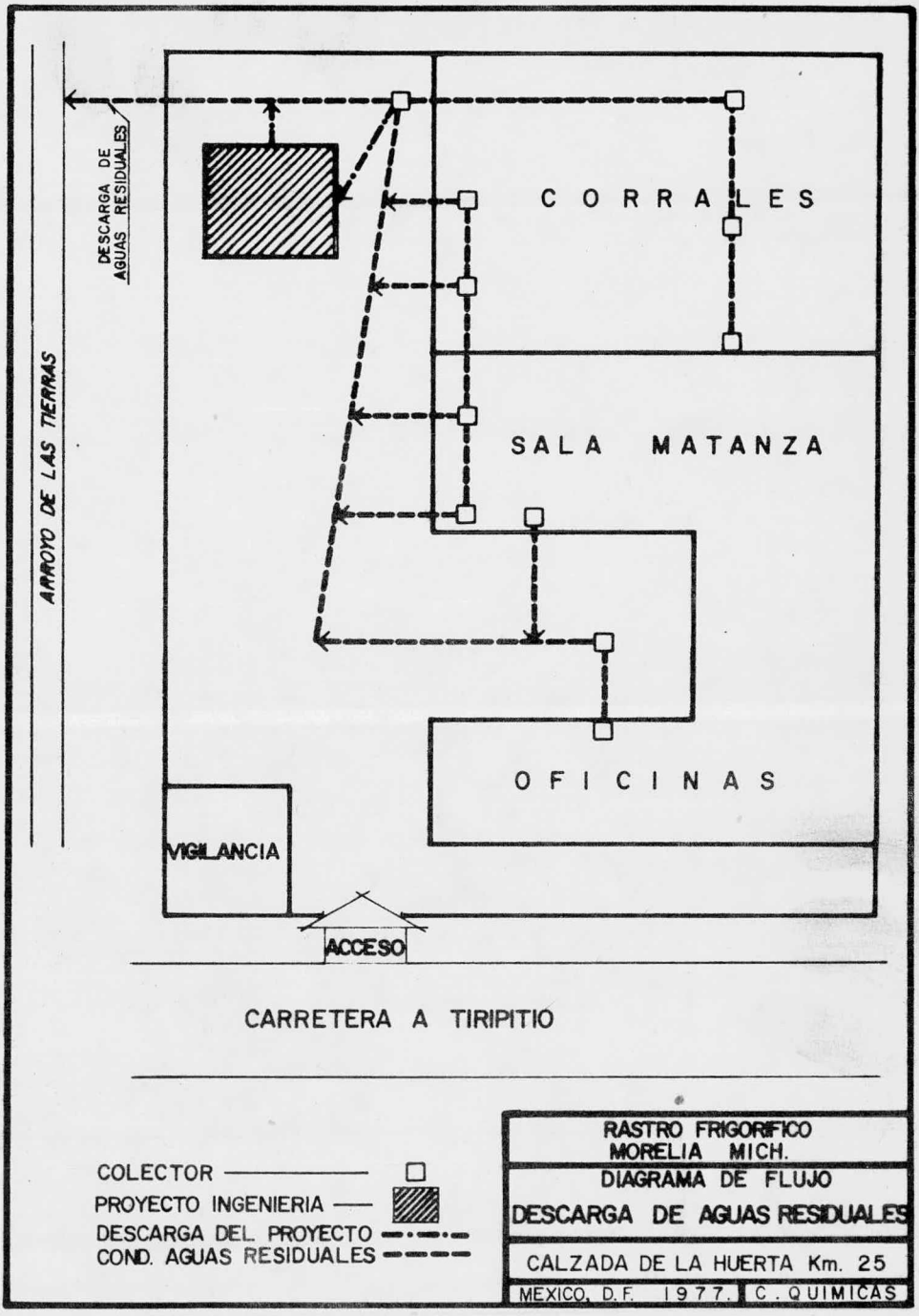
Carne de caprino

f) Caracteristicas del agua original: la fuente de abastecimientoes por medio de un pozo profundo del cual se extraen 37 450 --- m3 anuales.

g) Uso que se le dá al agua: industrial y servicio a empleados y -- obreros.

h) Tratamiento del agua antes de usarse: desinfección, este tratamiento se realiza por medio de cloración.

i) Razones por las que se le dá tratamiento: eliminación de gérmenes patógenos.


DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES
ARROYO DE LAS TIERRAS
CORRALES
SALA MATANZA
OFICINAS
VIGILANCIA
ACCESO
CARRETERA A TIRIPITIO
COLECTOR
PROYECTO INGENIERIA
DESCARGA DEL PROYECTO
COND. AGUAS RESIDUALES
RASTRO FRIGORIFICO
MORELIA MICH.
DIAGRAMA DE FLUJO
DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES
CALZADA DE LA HUERTA Km. 25
MEXICO, D.F. 1977.
C. QUIMICAS

j) Volúmenes empleados de agua industrial y servicios.

1) Enfriamiento: 1250 m3 anuales.

2) Calderas: 3000 m3 anuales.

3) Proceso industrial 28 200 m3 anuales.

4) Servicio a empleados y obreros: 5000 m3 anuales.

Características generales de la descarga de agua residual.

a) La descarga se hace a un arroyo.

b) Nombre del receptor: A r royo de las Tierras.

c) Afluente: río Grande, se anexa croquis de descarga.

d) Gasto nominal de la descarga: 7.5 litros por segundo.

4.2.- Significado sanitario de los parámetros analíticos especificados en-- el reglamento para la prevención y control de la contaminación de -- aguas residuales

1) Sólidos sedimentables:

La determinación de sólidos sedimentables tiene aplicaciones muy importantes como es en el análisis de aguas residuales industriales, para determinar el número y tamaño requerido de tanques primarios de sedi -- mentación de plantas que emplean procesos de tratamiento biológico. La-- prueba se usa también en forma amplia, en la operación de plantas de tratamiento de aguas negras, para determinar la eficiencia de las unidades -- de sedimentación.

También es importante conocer el contenido de sólidos sedimen-

tables en los lodos residuales porque nos sirve definitivamente en el diseño de digestor de lodos, el que deberá tener en cuenta, en cuanto a su capacidad el volumen adecuado que facilite la correcta evacuación del residuo sólido para una etapa posterior de espesamiento o acondicionamiento químico antes de ser secado, a su vez también nos dá una idea de la concentración de las substancias y tipo probable de ellas.

2) Grasas y aceites:

Diversos problemas son ocasionados por la grasa en el tratamiento de aguas residuales y el conocimiento de la cantidad presente en un desecho es útil para vencer las dificultades en la operación de la planta, para determinar su eficiencia y para controlar la descarga subsecuente de grasa en las corrientes receptoras, además los aceites y grasas imparten al agua sabor y olor desagradables, afectando también el sabor de los peces para consumo doméstico.

3) Materia flotante:

La cantidad de materia flotante en las aguas residuales es uno de los criterios para valorar las características de las descargas, es necesario eliminar este material grueso que afecta a los cuerpos de aguas naturales.

Primero desde el punto de vista estético y posteriormente porque al degradarse, consumen una cierta cantidad de oxígeno disuelto en el agua. La materia flotante comprende aquella que permanece en la superfi

cie del agua y es retenida por una malla con aberturas de 3 mm de lado.

Al igual que la determinación de los otros tipos de sólidos (di -- sueltos volátiles y fijos) los suspendidos o flotantes sirven en el diseño de unidades de tratamiento y disposición de los mismos. Además la cantidad- de materia suspendida en una muestra de lodos nos podrá indicar la efi--- ciencia de las unidades de sedimentación y coagulación química, así como su poder contaminante, debido a la concentración de preluyentes del pro-- pio residuo.

4) Temperatura:

Además de que algunos investigadores consideran al calor como-- un factor más de contaminación, es importante determinar la temperatura por que nos revela el tipo de reacciones bioquímicas, que ocurren en el -- sistema de agua contaminada que se estudia y los tipos de micro-organis - mos presentes como son criofílicos, mesofílicos o termofílicos los cam--- bios de temperatura en corrientes o cuerpos de agua pueden resultar de las condiciones del clima o de la descarga de aguas residuales industriales. - La temperatura afecta el buen sabor y la adaptabilidad delagua como un --- habitat para la vida acuática.

En general las aguas frías tienen una gran demanda para la mayo- ría de los usos. La superviviencia del pez depende en gran parte de la tem peratura, y la contaminación térmica es responsable de una alta mortan-- dad de peces. La variación de temperatura en el cual los peces pueden vi-

vir es de 0° C a 34° C aproximadamente, temperaturas más altas incre -- mentan la velocidad de consumo de oxígeno por materiales bioquímicamen te oxidables y por consiguiente reduce el contenido de oxígeno disuelto.--- Temperaturas elevadas incrementan el sabor y olor producidos por oganis mos, incrementa la corrosión y hace el agua menos útil para propósitos — de enfriamiento.

5) Potencial hidrógeno (pH):

El pH importante en casi todas las prácticas de ingeniería sanita- ria en los abastecimientos de agua es un factor que debe considerarse en— coagulación, desinfección, ablandamiento y control de la corrosión. En --- una corriente contaminante el pH da idea del tipo de proceso biológico me- diante el cual se efectúa la degradación de la materia orgánica si es que -- se está llevando a cabo pués a un pH muy desfavorable la actividad biológi ca podría inhibirse, quedando así retardada la recuperación del río.

4.3. Cálculos y resultados analíticos de las aguas residuales del rastro-— frigorífico de Morelia, Mich.

Siendo en la actualidad uno de los problemas principales la con-- taminación de aguas residuales la Secretería de Recursos Hidráulicos --- ha emitido las normas oficiales de muestreo y análisis de laboratorio pa— ra aguas residuales de los cinco parámetros analíticos principales que -- son:

. Sólidos sedimentables.

. Grasas y aceites

. Materia flotante

. Temperatura

. Potencial hidrógeno

Basadas dichas normas en el libro " Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 13a. edición, 1971, preparado y publicado en forma conjunta por: American Public Health Association (A P H A) American Water Works Association (A W W A) y Water Pollution Control Federation (W P C F).

Como en el Capítulo II se mencionaron las técnicas de muestreo y los procedimientos analíticos.

. Sólidos sedimentables:

El volumen de sólidos sedimentables se lee directamente en el cono Imhoff y se informa como ml/l.

$$(\text{ml de sólidos}) \left(\frac{1000}{\text{muestra (ml)}} \right) = \text{ml, de sólidos sedimentables/l}$$

La lectura observada en el análisis fué de 55.0 ml/l en una muestra de 1000 ml.

. Grasas y aceites:

La cantidad de grasas y aceites se calcula con la siguiente fórmu

mula:

$$Gt = \frac{1000\ P}{V}$$

En donde:

Gt = Contenido de grasas y aceites en mg/l

P = Incremento en el peso del matraz en mg

V = Volumen en la muestra en ml

Datos del análisis:

Pi = 59.6240 g = 59624 mg

Pf = 59.6265 g = 59626.51 mg

V = 1000 ml

Aplicado de fórmula

$$Gt = \frac{1000\ (\ 59626.51 - 59624)}{1000} = 2.51\ mg/l$$

. Materia flotante:

El cálculo de la materia flotante se realiza con la siguiente fór--

mula:

$$M = \frac{Pf - Pi}{V}$$

En donde:

M = Cantidad de materia flotante en g/l

Pi = Peso inicial de la malla

Pf = Peso final de la malla

V = Volumen empleado

Datos del análisis:

Pi = 60.4802 g

Pf = 72.9802 g

V = 5 l

Aplicando la fórmula:

$$M = \frac{72.9802\ g - 60.4802\ g}{5\ l} = 2.5\ g/l$$

. Temperatura:

Las mediciones de temperatura se realizan con un termómetro -- de mercurio, de escala centigrada en el momento de tomar las muestras, la lectura reportada fué de 28° C.

. Potencial hidrógeno:

El valor del pH se determina inicialmente en el lugar donde se realiza el muestreo y posteriormente se verifica con un potenciómetro Perkin-Elmer la lectura obtenida es de 6.3 . Cabe señalar que estos resultados -- analíticos son un promedio de las muestras compuestas tomadas durante -- 25 días consecutivos en el rastro operando normalmente:

. Sólidos sedimentables	55.0 ml/l
. Grasas y aceites	2.51 mg/l

. Materia flotante	2.5 g/l
. Temperatura	28° C
. Potencial hidrógeno (pH)	6.3

4.4. Parámetros analíticos fuera de especificaciones gubernamentales.

El creciente aumento demográfico del país aunado con el incre --- mento del sector industrial han propiciado una mayor demanda del recurso agua y por consiguiente un aumento considerable en el volumen de aguas-- residuales vertido a cauces receptores dando como resultado niveles de -- contaminación peligrosos e indeseables.

El Gobierno Federal, consciente de la situación anterior, elaboró y publicó la ley federal para prevenir y controlar la contaminación ambien tal, con un reglamento para la prevención y control de la contaminación de las aguas, cuyo objetivo es legislar la descarga de aguas residuales, pre-- viniendo y controlando de esta manera la contaminación de aguas para ha— cer posible el máximo aprovechamiento de los recursos hidráulicos exis-- tentes en nuestro país.

El mencionado reglamento prevee en sus primeras etapas de ac--- ción, el registro de las descargas de aguas residuales y la instalación de-- sistemas de tratamiento que permitan ajustar la calidad de las descargas— a los límites que establece la siguiente tabla de máximos tolerables.

TABLA DE VALORES MAXIMOS TOLERABLES

I.- Sólidos sedimentables	1.0 ml/l

II.- Grasas y aceites	70.0 mg/l
III.- Materia flotante	Ninguna que pueda ser retenida por malla de 3 mm de claro libre cuadrado.
IV.- Temperatura	35° C
V.- Potencial hidrógeno pH	4.5 - 10.0

De acuerdo a la relación anterior se establece que cada empresa-- es considerada como responsable de la calidad del agua residual que se --- vierte al sistema de drenaje, por lo cual, se deberá dar el grado de tratamiento necesario para poder cumplir con lo estipulado por el reglamento -- arriba mencionado.

Comparando los valores analíticos obtenidos en la descarga de ---- agua residual del Rastro Frigorífico de Morelia Michoacán, con la tabla --- de valores máximos tolerables se observa que son rebasados los paráme-- tros correspondientes a:

. Sólidos sedimentables porque se obtuvieron 55.0 ml/l y el máximo es de 1.0 ml/l.

. Materia flotante porque se obtuvo 2.5 g/l y no debe ser retenida ninguna materia por malla de 3 mm de claro libre cuadrado.

4.5. Cálculo de la cantidad de flujo de las aguas residuales.

Existen dos métodos principalmente para medir el gasto en aguas residuales, el primero de ellos se basa en la velocidad de la corriente --

en una sección transversal seleccionada, y una vez obtenida esta velocidad se procede al cálculo del gasto. El segundo de los métodos se conoce como " aforo por tiempos de llenado de volúmenes conocidos". A continuación se detallan dichos métodos:

El cálculo del gasto empleando la fórmula: Gasto = Area x Velocidad se realiza de la siguiente manera:

Se procede a la medición de la velocidad de la corriente en la sección transversal, para ésto existen dos métodos:

1º Medición de la velocidad por medio de flotadores; el cual consiste en colocar un cuerpo más ligero que el agua en la corriente, y así -- conducido en suspensión, adquiere una velocidad que resulta según la clase de flotador que sea (superficial o sumergido) más o menos igual a dicha corriente.

Los flotadores superficiales son los que se desalojan flotando en - la superficie del agua, y por lo mismo, con ellos se obtiene la velocidad -- superficial. Pueden emplearse recortes de madera, algunos frutos, serrín etc., procurándose que la parte no sumergida presente la menor superficie a la acción del viento.

Los flotadores sumergidos o bastones tienen forma de barra y al ser puestos en la corriente, toman una posición vertical, extendiéndose -- desde la superficie hasta cerca del fondo, proporcionando, por lo tanto, -- un promedio de las velocidades de la corriente en el tramo que recorren--

pero sólo pueden usarse en cauces de sección muy uniformes.

Existe otro tipo de flotadores sumergidos que consisten en una -- bandera conectada con unas aspas por medio de un vástago, la corriente -- empuja directamente a las aspas impulsando al flotador.

El procedimiento para calcular la velocidad con cualquiera de los- flotadores descritos es el siguiente:

Se escoge un tramo de la corriente que presenta la sección más -- uniforme.

Se mide una distancia sobre cualquiera de las márgenes de la co-- rriente, señalando sus puntos extremos.

Se arroja el flotador en uno de los puntos y se empieza a medir el tiempo.

Se mide el tiempo en el cual el flotador recorre la distancia cono- cida.

Se repita el procedimiento tres veces; se promedia el tiempo me- dido y se calcula la velocidad con la fórmula siguiente:

$$V = \frac{D}{T}$$

V - Velocidad en m/s
D - Distancia en m
T - Tiempo en seg.

2º Método del Molinete; Es un aparato provisto de una hélice o -- una rueda de copas, que accionada por la corriente gira alrededor de un --

eje montado en un dispositivo en suspensión, transmitiendo su movimiento a un sistema registrador, que permite conocer el número de vueltas que - da la hélice en un tiempo determinado.

En cada aparato la relación entre el número de revoluciones que - da la hélice en un tiempo determinado y la velocidad que lleva la corriente se conoce por observaciones de laboratorio hechas con anterioridad. Las-- fábricas de molinetes presentan tablas que relacionan el número de revolu_ ciones de la hélice con el tiempo y la velocidad.

Para medir la velocidad con el molinete se procede de la siguien-- te manera:

Se observa, girando la hélice o juego de copas en el aire, el nú--- mero de revoluciones que da para mandar la señal al audífono.

Se coloca el molinete a la profundidad deseada y se mide con un- cronómetro el tiempo que tarda en mandar un número de señales o sonidos determinado a criterio.

El método más comunmente empleado consiste en colocar el mo-- linete a los 6/10 de la profundidad, contados a partir de la superficie del-- agua hacia el fondo y en el centro de cada una de las fracciones o segmen- tos seleccionados en la sección.

Con el tiempo medido y el número de revoluciones contadas se-- calcula la velocidad con la siguiente fórmula.

Velocidad = 0.30584 (N) + 0.009

En donde:

$$N = \frac{\text{No. de revoluciones}}{\text{tiempo especificado}}$$

Para el cálculo del área se requieren los siguientes datos:

. Tirante.- Es la distancia que existe de la superficie de la co --- rriente al fondo de la misma, ésta se mide con cualquier regla con divisio-- nes.

. Diámetro del canal o tubería.

Con estos datos se procede al cálculo con la siguiente fórmula:

$$A = \frac{\pi \; r^2 \; n}{360} - xh$$

Donde:

A = área en (m2)

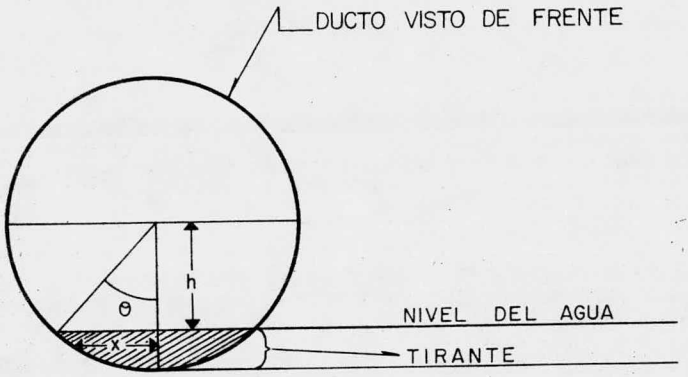
$x = \sqrt{r^2 - h^2}$

n = 2 Θ

$\pi = 3.1416$

r = radio

h = radio - tirante



Gastos con flotadores superficiales.

Cuando la velocidad se mide por medio de flotantes superficiales la velocidad promedio se calcula, afectándola por un coeficiente que varía de 0.8 a 0.9 (promedio 0.85)

$Vs = \frac{D}{T}$ Velocidad superficial

$Vp = 0.85\ Vs$ Vp = Velocidad promedio

Obteniendo la velocidad promedio se calcula el gasto con la fórmula siguiente:

$$Q = A \times V$$

Q = Gasto de la corriente

A = Area total transversal

V = Velocidad promedio

Gastos por medición con molinetes.

Cuando se ha medido la velocidad por medio de molinete, se emplea directamente la fórmula:

$$Q = A \times V$$

A = Area transversal del segmento (m2)

V = Velocidad media en el centro del segmento (m/seg)

Método de sección y pendiente.

El método de sección y pendiente hidráulica para medir el gasto de una corriente, consiste en determinar:

. El área de la sección transversal media de la corriente, en el tramo considerado para el aforo.

. El radio hidráulico de dicha sección.

Aforo por tiempos de llenado de volúmenes conocidos.

Este método se emplea cuando la corriente que se va a aforar-- presenta gastos pequeños como es en tuberías y canales, para ello se procede de la siguiente manera:

. Se mide la capacidad o volumen de un cubo o recipiente me --- diante una probeta graduada.

. Se coloca el recipiente o cubo bajo el tubo o canal que se quie_ re aforar para que se llene.

. Se mide el tiempo que tarda la descarga en llenar el cubo.

. Con los datos de tiempo (t) y volumen (V) determinados, se-- calcula el gasto, aplicando la fórmula siguiente:

$$Q = V/t$$

Q = gasto en l/seg.

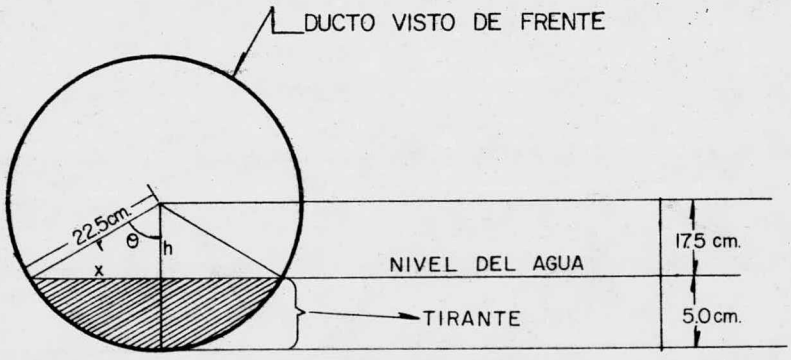
V = volumen en litros

t = tiempo en segundos

. Se repite el proceso 3 veces y se saca el promedio de los gas— tos obtenidos, el gasto promedio es el valor que se utiliza.

Cálculo para determinar el área.

Para un diámetro de 45.0 cm y un tirante o lámina de agua de -- 5.0 cm



$$n = 2\,\Theta$$

$$x = \sqrt{r^2 - h^2}$$

$$x = \sqrt{(22.5)^2 - (17.5)^2}$$

$$x = \sqrt{200} = 14.14$$

$$\text{tang}\,\Theta = \frac{x}{h} = \frac{14.14}{17.5}$$

$$\text{tang}\,\Theta = 0.808$$

$$\Theta = \sphericalangle\ \text{tang}\ 0.808 = 38^\circ\ 57'$$

$$n = 2\,\Theta = 2(38^\circ\ 57')$$

$$n = 77^\circ\ 54'$$

$$n = 77.54'$$

$$n = 77.9^\circ$$

$$A = \frac{\pi\, r^2 n}{360} - xh$$

$$A = \frac{(3.14)\,(22.5)^2\,(77.9)}{360} - (14.14)\,(17.5)$$

$$A = 96.70\ \text{cm}2$$

$$A = 0.009670\ \text{m}2$$

DETERMINACION DEL GASTO POR MEDIO DE: METODO DEL MOLINETE

Hora	Revoluciones	Tir. cm	Diám. cm	Velocidad m/s	Gasto	Temperatura	pH	A	N
10.00	67 rpm 30 seg	5	45	.69102	0.00668 m3/seg 6.68 l/seg	28° C	6.3	0.00967	2.23
11.00	64 rpm 30 seg	5	45	.66145	0.006396 m3/s 6.396 l/seg	28° C	6.3	0.00967	2.13
12.15	66 rpm 30 seg	5	45	.68184	0.006593 m3/s 6.593 l/seg	28° C	6.3	0.00967	2.2
15.15	60 rpm 30 seg	5.5	45	.62068	0.006889 m3/s 6.889 l/seg	29° C	6.4	0.0111	2.0
10.00	31 rpm 15 seg	5	45	.64106	0.006199 m3/s 6.1991 l/seg	28° C	6.3	0.00967	2.06
11.30	34 rpm 15 seg	5	45	.70223	0.00679 m3/s 6.79 /seg	28° C	6.3	0.00967	2.26
13.00	34 rpm 15 seg	5	45	.7002	0.00677 m3/s 6.77 l/seg	28° C	6.3	0.00967	2.26
15.00	70 rpm 30 seg	5.5	45	.7216	0.008009 m3/s 8.0091 /seg	29° C	6.4	0.0111	2.33

Velocidad = $0.30584\ (N) + 0.009$ en donde $N = \frac{\text{rpm}}{\text{tiempo}}$

Gasto = Area x velocidad $A = \frac{r^2\ n}{360} - xh$

DETERMINACION DEL GASTO POR MEDIO DEL METODO DEL MOLINETE

Hora	Revoluciones	Tirante cm	Diám. cm	Velocidad m/seg	Gasto l/seg	Temperatura ° C	pH	Área m2	N
10.00	33 rev. en 15 seg.	5	45	0.68184	6.593	28° C	6.3	0.00967	2.2
11.30	34 rev. en 15 seg.	5	45	0.70223	6.790	28° C	6.3	0.00967	2.6
12.45	33 rev. en 15 seg.	5	45	0.68184	6.593	28° C	6.3	0.00967	2.2
15.00	37 rev. en 15 seg.	5.5	45	0.76340	8.473	29° C	6.4	0.0111	2.4
				Prom. de 12 = 6.874					
7.15	45 rev. en 30 seg.	4	45	0.46776	3.244	26° C	6.5	.006936	1.5
7.45	45 rev. en 30 seg.	4	45	0.46776	3.244	26° C	6.5	.006936	1.5
8.15	44 rev. en 30 seg.	4	45	0.45756	3.173	26° C	6.5	.006936	1.46
9.00	46 rev. en 30 seg.	4.5	45	0.47795	3.995	27° C	6.4	.008360	1.53

5. SELECCION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.

5.1. Antecedentes.

Para llevar a cabo la selección de un sistema de tratamiento deben tener algunas consideraciones al respecto, puesto que todos los residuos industriales, deben finalmente vertirse dentro de las corrientes --- o cuerpos de agua que constituyen los canales naturales de drenaje de una región, es indispensable que los múltiples materiales de desecho que aquellas aguas contienen , sean removidos de las mismas o estabilizados para evitar o disminuir los perjuicios que puedan causar ya sea en forma directa o indirecta.

La remoción o estabilización de dichos materiales se efectúa — por medio del tratamiento de las aguas residuales en obras de ingeniería— construídas especialmente para tal objeto y que se denominan plantas de— tratamiento, las cuales pueden diseñarse y construírse para tratar cual— quier tipo de aguas residuales, por lo tanto el objetivo primario del tratamiento de las aguas residuales es la prevención de daños o molestias en— las aguas receptoras desafortunadamente, la operación de remoción o de- estabilización es bastante compleja debido al hecho de que no todos los --- materiales de desecho pueden separarse o bien estabilizarse fácilmente.

Entre los múltiples perjuicios que los desperdicios contenidos- en las aguas residuales pueden ocasionar en las aguas receptoras y los--- cuales se requiere evitar o reducir por medio del tratamiento, se tienen-

principalmente los siguientes:

. La contaminación de abastecimientos de agua para las poblaciones o las industrias;

. La contaminación de lugares de recreo, de pesca, de cría y peces o mariscos, etc, ocasionando por tanto la destrucción de valiosas especies de la fauna y de la flora acuáticas;

. La creación de condiciones ofensivas a la vista y al olfato, preponderantemente en las zonas cercanas a los puntos de descarga;

. Otros daños y perjuicios en las aguas receptoras que las utilizan para los variados usos que pueden dárseles en la agricultura, la industria, la recreación y el comercio.

El tratamiento de las aguas industriales de desecho, en el caso de que sean descargadas al alcantarillado municipal, se hace para:

. Prevenir sobrecargas orgánicas en las plantas municipales.

. Eliminar ciertos desechos tóxicos que pudieran afectar el tratamiento posterior de estas aguas al mezclarse con las municipales.

. Recuperar algunos componentes valiosos contenidos en estas aguas.

Finalmente, debido a la creciente demanda de agua en las poblaciones y a limitaciones de fuentes de abastecimiento que puedan explo

tarse de inmediato o en forma económica, las aguas residuales son tratadas con fines de reuso en algunas necesidades que no requieren agua de la calidad de la potable.

5.2. Alternativas de tratamiento.

Dentro de los diferentes procesos que se tienen para poder efectuar un determinado tratamiento del efluente residual considerado, los enunciados a continuación son los más específicos para tratar la descarga de aguas residuales del Rastro Frigorífico de Morelia Michoacán.

a) Sistema aerobio de lodos activados.

b) Laguna de estabilización de tipo aerobio.

c) Laguna de estabilización de tipo facultativo.

Opción a).- El proceso de lodos activados es un proceso de tratamiento importante en el tratamiento secundario de las aguas residuales.

Las aguas residuales contienen sólidos suspendidos y coloidales - y cuando son agitadas en presencia de aereación, los sólidos suspendidos forman núcleos sobre los cuales se desarrolla la vida biológica, pasando gradualmente a formar partículas más grandes de sólidos que se conocen como lodos activados.

Las aguas residuales por sí solas no contienen la cantidad de lodos activados para llevar a cabo la degradación biológica de la carga orgánica que llevan consigo, es necesario por ésto hacer un cultivo de lodos--

que estará contínuamente en recirculación de manera que se tenga una concentración uniforme y constante de lodos activados, suficiente para llevar a cabo una buena degradación biológica.

Un proceso de lodos activados consta de las siguientes etapas:

. Mezclado de los lodos activados con las aguas residuales que se van a tratar.

. Aereación y agitación de mezclado durante el tiempo que sea necesario.

. Separación de los lodos activados del licor mezclado.

. Recirculación de la cantidad adecuada de lodos activados para-- mezclarlos con las aguas residuales.

. Disposición del exceso de lodos activados.

Opción b).- En este tipo de proceso se considera que en el metabolismo aerobio de la materia orgánica, gran parte del carbono sirve de-- fuente de energía para los microorganismos y al ser respirado se produce anhídrico carbónico. Los microorganismos que intervienen son en su mayoría bacterias pero también hay hongos y protozoos. Estos microorganismos utilizan el carbono restante, así como fósforo y nitrógeno, para formar nuevas células.

Las principales reacciones que probablemente ocurren en un sistema de estanques aerobios de estabilización son los siguientes:

$$(CH_2O)_x + XO_2 \longrightarrow XCO_2 + X\,H_2O$$

Proteínas (N; orgánico) —— NH_3(amoníaco) ——— NO_2 (nitritos) —— NO_3 (nitratos)

Azufre orgánico —— $SO_4^{=}$ (sulfatos)

Fosfato orgánico—— H_3PO_4 —— Mg Na_2K_2 $PO_4^{=}$

La cantidad de oxígeno requerida para estabilizar la materia orgánica de los residuos depende de la FBO satisfecha durante el tratamiento.

Esta DBO representa el oxígeno que debe ser suministrado al estanque mediante procesos de fotosíntesis, transferido a través de la interfase aire-agua, y obtenido de ciertos compuestos que contienen oxígeno, tales como nitratos, sulfatos y fosfatos.

Los microorganismos aerobios tienen la facultad de sintetizar nuevos materiales celulares a partir de los residuos que contienen compuestos orgánicos complejos.

El suministro de oxígeno debe de ser continuo durante el proceso aerobio ya que dicho elemento actúa como receptor final del hidrógeno durante la oxidación de la materia orgánica de tal manera que la reacción quedaría interrumpida si no existiese oxígeno disponible.

Opción c).- Este tipo de lagunas son aquellas en las que la descomposición orgánica se efectúa como resultado de un proceso aerobio que se presenta en su superficie o cerca de ella y de un proceso anaerobio que ocurre en las capas de lodo del fondo.

El contenido de oxígeno disuelto de la capa aerobia superficial tiene una variación diaria de acuerdo con las horas de luz y de oscuridad y de su existencia depende que se produzcan o no malos olores.

5.3. Selección de alternativas.

Para poder efectuar la selección de alternativas propuestas para el tratamiento adecuado de las aguas residuales del Rastro Frigorífico de Morelia, Michoacán se considera el estudio de un cierto número de condiciones, como:

. La calidad de las aguas que se van a tratar.

. Las condiciones de la corriente aguas abajo, después del tratamiento.

. La eficacia y las características del proceso de tratamiento.

. La calidad y cantidad de agua de dilución de que se disponga.

. Las condiciones existentes para la evacuación de los lodos.

. La disponibilidad de materiales y la vida probable de las estructuras y del equipo.

. La disponibilidad de personal, para la operación y la experiencia del mismo.

. La disponibilidad de elementos para la conservación y las reparaciones.

. El área del lugar, su topografía y las condiciones del subsuelo.

. La carga hidráulica, necesaria para el funcionamiento de que se pueda disponer.

Los costos de instalación y de funcionamiento y la cantidad de - dinero disponible.

Estas condiciones no pueden considerarse como independientes -- unas de otras, y es imposible establecer reglas fijas para la adopción de - un tipo de proceso de tratamiento depende de todas las condiciones citadas y del modo como esten combinadas. Por ejemplo si un caudal de aguas re-- siduales concentradas y alteradas, ha de escurrir por el lecho de secado-- de una corriente natural, es necesario un tratamiento intenso para evitar— malos olores, mientras que si el mismo caudal de aguas residuales se va a descargar en una corriente caudalosa, puede no necesitar ningún tratamien to.

Al estudiar la eficacia y las características de cualquier método-- de tratamiento, no será una medida adecuada de los resultados que se va-- yan a obtener con la instalación no la reducción total, ni la reducción por-- ciento de cualquiera de las caracteristícas de las aguas residuales some— tidas al tratamiento. El criterio debe ser la calidad del líquido final resul tante.

Al comparar los procesos de tratamiento de las aguas residuales, hay que tener en cuenta que el funcionamiento de la instalación puede ser— más importante que su diseño, y que mediante un funcionamiento adecuado puede alterarse tanto la naturaleza del líquido final que algunos métodos -- de tratamiento de aguas residuales pueden dar resultados satisfactorios -- bajo condiciones desfavorables.

5.4. Alternativa empleada.

Después de efectuar el análisis de los diferentes factores relacionados con el sistema de tratamiento se llega a la determinación de utilizar el proceso aerobio de lodos activados, considerando en el mismo costo de operación y las dimensiones de terreno propio adecuado para el sistema.

La posibilidad de aceptar un tratamiento por medio de lagunas de estabilización como el más adecuado de acuerdo a las características en--- contaminación propias de la descarga de agua residual; se descarta básicamente por carecer la empresa de una superficie disponible de terreno propio; además un factor muy importante a considerar en este tipo de proceso es que por ser permeable el terreno se presentaba el problema de posible contaminación en los mantos freáticos de agua potable.

5.5. Características del sistema de tratamiento.

El sistema propuesto se considera para cumplir con las disposiciones de la Secretaría de Recursos Hidráulicos en lo relacionado a los máximos tolerables de:

. Sólidos sedimentables.

. Grasas y Aceites.

. Materia flotante.

. Temperatura.

. Potencial hidrógeno, pH

Características consideradas.

. Será de tipo biológico

. Se considera un sistema aerobio de lodos activados de aerea --- ción extendida, con digestión aerobia y lechos de secado incorporados a la construcción.

. El gasto nominal considerado es de 7.1 l/s

Etapas

. Estación de rejillas.

. Desarenador.

. Sedimentador primario.

. Pre-aereador.

. Aereador.

. Sedimentador secundario.

. Cloración

. Estación de recirculación

. Digestor aerobio

. Estación de acondicionamiento de lodos.

Tiempos de retención.

. En la estación de rejillas y desarenador 40 minutos.

. En el sedimentador primario, pre-aereador, aereador y sedi-- mentador secundario 46 h.

. El área necesaria para la planta incluyendo laboratorio y oficina de personal es de 3500 m2 aproximadamente.

Caracterización de lodos.

El tipo de lodos a obtenerse es del correspondiente al proceso de lodos activados, y a su vez queda en condiciones adecuadas para depositarse en terrenos que requieran humificante o bien para usarse como relleno sanitario.

Desecho de lodos.

Por las características específicas de este sistema, el volumen de lodos a obtenerse es de menor cantidad que en una planta convencional razón por la cual se dota de un sistema de concentración primario seguido de un filtro de vacio con la capacidad suficiente para manejar el volumen total diario, así como lechos de secado integrales que trabajarán sin mal olor.

Costo de la planta de tratamiento que se propone.

Debido a que no se tiene ninguna información sobre costos de tratamiento en la República Mexicana se recurre a la información que proporciona la literatura de otros países.

Hay una cantidad sustancial de literatura disponible sobre los problemas de tratamiento de los desechos industriales, pero muy pocos da

tos sobre el costo de tratamiento de los mismos.

La información que se tiene, proviene predominantemente de los ser-- vicios municipales que pueden estar tratando sus desechos industriales.

Para el presente estudio, los costos que se determinaron están basa-- dos en la alternativa de tratamiento que resulte adecuada. Los costos de instalación, sistema eléctrico y acondicionamiento de terreno se incluyen como un porcentaje del costo total de la planta. Este porcentaje se debe tomar como reserva ya que el costo del equipo de tratamiento varía apreciablemente según el fabricante.

Evaluación de costos para la alternativa de tratamiento propuesta.

. Proyecto	$ 150,000.00
. Terreno	$ 90,000.00
. Rejilla	$ 30,000.00
. Desarenador	$ 50,000.00
. Sedimentador primario	$ 280,000.00
. Pre-aereador	$ 150,000.00
. Aereador	$ 550,000.00
. Sedimentador secundario	$ 230,000.00
. Unidad de cloración	$ 150,000.00
. Digestor	$ 220,000.00

. Lechos de secado	$ 100,000.00
TOTAL	$2'000,000.00

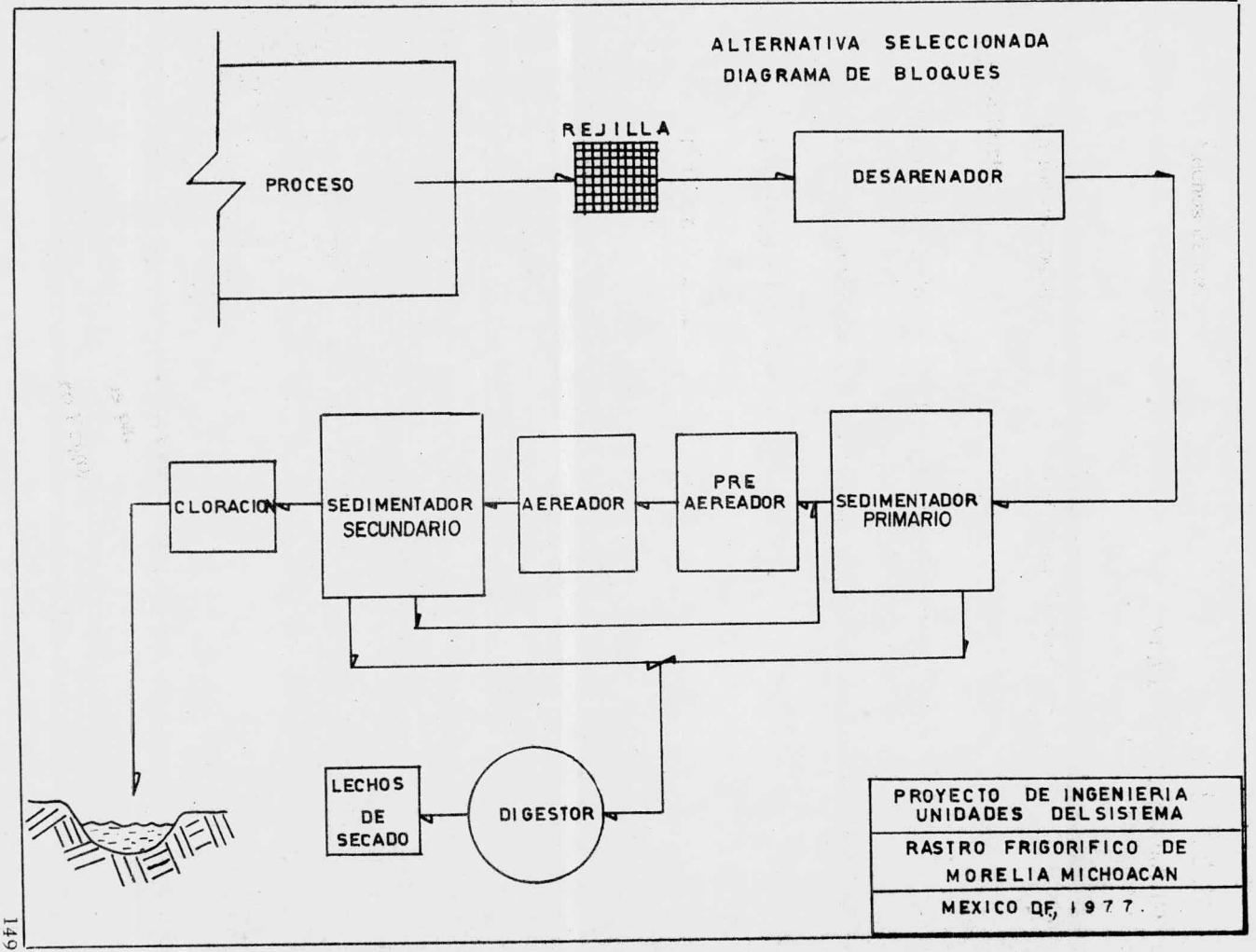
En los costos anteriores se incluye tubería, con conexiones, válvulas - y tornillería.

Control de flujo por medio de un medidor Parshall.

Sistema automático de evaluación de lodos y válvulas automáticas.

Sistema de bombeo.

Interconexiones de sistemas auxiliares.


ALTERNATIVA SELECCIONADA
DIAGRAMA DE BLOQUES
PROCESO
REJILLA
DESARENADOR
CLORACION
SEDIMENTADOR SECUNDARIO
AEREADOR
PRE AEREADOR
SEDIMENTADOR PRIMARIO
LECHOS DE SECADO
DIGESTOR
PROYECTO DE INGENIERIA UNIDADES DEL SISTEMA
RASTRO FRIGORIFICO DE MORELIA MICHOACAN
MEXICO DF, 1977.

6. CONCLUSIONES.

Las descargas de agua residual en México están consideradas como un factor importante dentro del medio ambiental existente en el país, y debido a que en la mayoría de los sectores industriales, se tiene un conocimiento escaso en el problema de control, uso y contaminación del agua es prácticamente nulo su tratamiento y reuso.

Un factor importante que contribuye al aumento en el uso del agua y por consiguiente a su contaminación ha sido la modernización de las fábricas, ya que la tecnología moderna que emplean algunas plantas va directamente ligada con su capacidad de producción, es decir que entre más moderna sea la tecnología, la producción de la planta es mayor y por consiguiente utilizan mayores cantidades de agua.

De acuerdo con las actividades que se realizan en la industria de la matanza de ganado que opera en el país se cataloga como un medio contaminante a dicho sector industrial, porque sus descargas de agua residual contienen cantidades significativas de materia orgánica, la cual en conceptos de contaminación representa la carga orgánica, parámetro que a su vez origina en los cuerpos receptores olores desagradables y disminución de oxígeno disuelto, elemento de vital importancia para el desarrollo de la flora y la fauna acuática.

Los tratamientos para descargas de agua residual con carga orgánica, como la del Rastro Frigorífico de Morelia, Mich., considerados co-

mo factibles, son el convencional de lodos activados y la combinación de-estanques de estabilización aerobios, anaerobios y facultativos.

Los beneficios derivados de la utilización de sistemas de trata--miento de lodos activados o combinación de estanques de estabilización aerobios, anaerobios y facultativos, para descargas con carga orgánica co--mo la del Rastro Frigorífico de Morelia, Mich., son mensurables e importantes, porque el empleo efectivo es una inversión rentable desde el punto de vista del mejoramiento de la higiene del medio.

BIBLIOGRAFIA

1.- APHA-AWWA-WFCF
Métodos Estandar para el Examen de Aguas y Aguas de Desecho
Editorial Interamericana, S.A.
Undécima Edición, 1973.

2.- American Water Works Association
Agua su calidad y tratamiento
Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, 1968.

3.- Albany Herman E. Hillebre, M.D.
Manual of Instruction for Water Treatment Plant Operators
Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, 1974.

4.- Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York
Manual de Tratamiento de Aguas Negras
Editorial Limusa Wiley, S.A., 1974.

5.- Eckenfelder, W.N.
Dr. Davis L. Ford
Water Pollution Control Experimental Procedures for Process Design
Jenkins Publishing Company, 1970.

6.- Gloyna Ernest F.
Estanques de Estabilización de Aguas Residuales
Organización Mundial de la Salud, Ginebra 1973.

7.- Hardenberg W.A.
Edward B. Rodic
Ingeniería Sanitaria
Dos Libros de Public Works Publication
Editorial Continental, S.A. 1968.

8.- Herman E. Hellebre M.D.
Manual of Instruction for Sewage Treatment Plant Operator
Editorial Limusa-Willey, S.A., 1973.

9.- Dr. Homer W., Parker P.E.
Wastewater System Enginerring
Prentice-Hall, Inc. 1975.

10.- Jack M. Verrey
Agua su calidad y tratamiento
Manual preparado por la American Water Works Association
Editorial Unión Tipográfica Editorial Americana, 1968.

11.- Lagunas de Estabilización
Curso Intensivo No. 8 del Centro de Ingeniería Sanitaria de la División de Estudios Superiores de la Facultad de Ingeniería de la UNAM., 1966

12.- Mark J. Hammer
John W. Clark
Water Supply and Pollution Control
Editorial Internacional Textbook Company, 1971.

13.- Metcalf & Eddy Inc.
Wastewater Enginerring
(Collection, Treatment, Disposal)
Mc. Graw Hill, 1972.

14.- Smith Robert
Cost of Conventional and Advanced Treatment of Wastewater
Journal WPCF
September, 1968.

15.- Sawyer, C.N.
Mc. Carty, P.L.
Chemistry for Sanitary Engineers
Mc. Graw-Hill Book Company, 1967.

16.- Samuel Trueba Coronel
Hidráulica
Compañía Editorial Continental, S.A. 1975.

17.- Waste Stabilization Lagoons
Proceedings of a Symposium at Kansas, City, Mo. U.S.
Goverment Printing Office, 1960.