

2 ej
64



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

DETERMINACION DE TARIFAS
EN DISTRITOS DE CONTROL
DE CALIDAD DEL AGUA

FALLA DE ORIGEN

T E S I S
QUE PRESENTA
JAIME ALBERTO GOMEZ ROSALES
PARA OBTENER LA LICENCIATURA EN
INGENIERIA CIVIL

1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

INDICE

TEMARIO

INTRODUCCION	I
------------------------	---

PRIMERA PARTE: PRESENTACION DEL PROBLEMA

I.- Contaminación del agua	1
I.1 Contaminación del Agua	1
I.1.1 Origen de las Aguas Negras y de los desechos	2
I.2 Definiciones	3
I.2.1 Aspectos de las aguas negras	3
I.2.2 Composición de las aguas negras	4
I.2.3 Composición biológica de las aguas negras	6
I.2.4 Cambios químicos en la composición del agua negra	7
II. Agentes Contaminantes. Sus efectos	13
II.1 Principales enfermedades provocadas por agua contaminada.	14
II.2 Disposición de las aguas negras	18
II.3 Necesidad de tratar el agua negra	19
II.4 Aspectos legales de la disposición de las aguas negras	20
II.4.1 Reglamento para la prevención y control de la contaminación del agua.	21
III.- Control de la Contaminación del Agua	23
III.1 Mecanismos de contaminación	23
III.2 Medición analítica de la contaminación	24
III.3 Análisis de aguas negras.	25
III.4 Métodos de tratamiento de las aguas negras	28
III.4.1 Tratamiento preliminar	30
III.4.2 Tratamiento primario.	32
III.4.3 Tratamiento secundario	33
III.4.4 Cloración de las aguas negras.	35
III.4.5 Tratamiento y disposición de los lodos	37

VI. Distritos Regionales de control de la calidad del agua	42
IV.1 Regionalización del país	44
IV.2 Estudios Básicos	45
IV.3 Desarrollo de las etapas. 1a. Etapa	45
IV.3.1 Desarrollo de la 2a. Etapa	47
IV.3.2 Desarrollo de la 3a. Etapa	49
IV.4 Aspectos generales para la constitución del distrito	50
IV.4.1 Manifestación de la voluntad de los usuarios para constituirse en Distrito	51
IV. Criterios Tarifarios en los distritos de control de la calidad del agua	52
V.1 Obtención de las tarifas para el control de la calidad del agua.	52
V.2 Análisis Económico	52
V.3 Cálculo de egresos	53
V.4 Análisis tarifario	54
V.5 Proposición de métodos para la obtención de tarifas.	54
V.5.1 Métodos	54
V.5.1.1 Proporción por influencia en Estructuras y Operación	54
V.5.1.2 Distribución equitativa por cada influente	55
V.6 Cuotas por sistema	55
V.6.1 Cálculo del derecho de inscripción para nuevos usuarios	55

SEGUNDA PARTE

VI.- Descripción general del problema	57
VI.1 Antecedentes	57
VI.2 Introducción	57
VI.3 Localización de descargas	58
VI.3.1 Antecedentes	58
VI.4 Datos de Estudio	59
VI.5 Actualización de datos	60
VI.6 Estudio Socioeconómico	61
VI.7 Volúmenes de aguas residuales de las industrias	61
VI.8 Usos actuales y futuros de las aguas residuales	62
VII. Calidad del Agua. Clasificación del Cuerpo Receptor	66
VII.1 Clasificación del Río	66
VII.2 Usos del agua en la corriente del río	66
VII.3 Clasificación de la corriente	66
VII.4 Estudio preliminar de alternativas	67
VII.5 Alternativas	70

VIII. Solución planteada	73
VIII.1 Anteproyecto	73
VIII.2 Consideraciones generales	76
VIII.3 Definición de plantas por dimensionar	78
VIII.4 Datos del proyecto	78
VIII.5 Lineamientos de cálculo	86
VIII.5.1.1 Medición, desarenación y cernido	86
VIII.5.1.2 Sedimentación primaria	86
VIII.5.1.3 Aerador	86
VIII.5.1.4 Sedimentador Secundario	92
VIII.5.1.5 Cloración	92
VIII.5.1.6 Tratamiento de lodos	93
VIII.5.2.1 Planta 1.A	104
VIII.5.2.2 Planta 1.B	106
VIII.5.2.3 Planta 1.C	107
VIII.5.2.4 Planta 1.D	108
VIII.5.2.5 Planta 1.E	109
VIII.5.2.6 Planta 1.F	110
VIII.5.3.1 Planta 2.A	112
VIII.5.3.2 Planta 2.B	113
VIII.5.4.1 Planta 3.A	114
VIII.5.4.2 Planta 3.B	115
VIII.5.4.3 Planta 3.C	115
VIII.5.5.1 Planta 4.A	116
VIII.6 Antepresupuesto de construcción	117
VIII.7 Antepresupuesto de Operación	117
IX.- Estructura tarifaria recomendada	125
IX.1 Resumen de costos	125
IX.2 Análisis financiero	128
IX.3 Condiciones de crédito	128
IX.4 Cuotas por sistema	129
IX.5 Obtención de tarifas para usuario	130
X CONCLUSIONES	145
Referencias Bibliográficas	147
Bibliografía	148

I N T R O D U C C I O N

INTRODUCCION

Uno de los principales problemas creados por el ser humano es el de la contaminación. El factor principal que ha contribuido para que se produzca la contaminación es el desmedido crecimiento de la población.

En el año de 1650, la población mundial era de 500 millones de personas, con una tasa de crecimiento del 0.3% anual, lo que provocó que la población se duplicara en 250 años.

En 1970, la población mundial era de 3600 millones de personas, con una tasa de crecimiento del 2.1%; si se mantiene esta tasa de crecimiento, la población se duplicará en 33 años.

Antes del capitalismo, la tasa de natalidad apenas excedía a la tasa de mortalidad, provocada por las pocas medidas sanitarias que existían; al presentarse una enfermedad, se extendía tanto, que provocaba epidemias difíciles de controlar, ocasionando una gran mortalidad entre los habitantes. Debido a esto, el promedio de vida del hombre era de 30 años; sin embargo, al iniciarse el capitalismo se hizo necesario implementar mejores medidas sanitarias de control, incrementando el promedio de vida de los hombres, mejorando la productividad en las industrias, causando una mayor explosión demográfica, siendo ésta, el causante principal de la contaminación, al existir más desechos.

El aumento de la contaminación aparece relacionado con los modelos de crecimiento económico, válidos para el desarrollo industrial, con la aplicación de los avances tecnológicos y el proceso de urbanización que conduce a la creación de las grandes ciudades.

El desarrollo de los países con sus modelos económicos, eleva el número de industrias que desechan sustancias contaminantes.

Este desarrollo también se ha preocupado por la salud del hombre, para lo que invierte grandes cantidades de dinero en estudios biomédicos, que han ayudado a incrementar el periodo de vida; en México, que no es un país desarrollado en toda su capacidad, el promedio de vida es de 60 años aproximadamente; pero su desarrollo industrial, puede llegar a sobrepasar a los estudios biomédicos, lo que sería de fatales consecuencias para el ser humano, ya que puede ocurrir que, en un momento determinado, el promedio de vida se vea disminuido por la contaminación ambiental.

PROMEDIO DE VIDA ----> DESARROLLO INDUSTRIAL ----> AUMENTO PROMEDIO DE VIDA
PROMEDIO DE VIDA ----> CONTAMINACION ----> DESCENSO PROMEDIO DE VIDA

La contaminación atmosférica se debe a que las industrias desechan sustancias extrañas al aire, que en cantidades considerables, hacen que el aire tenga una variación en su estado normal, ocasionando molestias a las personas que inhalan estas sustancias combinadas con el oxígeno.

Las fuentes de contaminación del aire son: las industrias y los motores de combustión interna, como las más importantes.

Otro tipo de contaminación es el ruido; éste provoca serías molestias a los hombres, particularmente a obreros que trabajan en industrias.

La contaminación del suelo, es uno de los problemas que se debe tratar con mayor atención, ya que su contaminación provoca un desequilibrio ecológico; el agente contaminante más peligroso es la basura no biodegradable.

El agua es uno de los principales elementos para la supervivencia del hombre. Pero con el desarrollo de las industrias, la utilización del agua se hace indispensable en los procesos industriales, utilizándose en la elaboración y limpieza de sus productos; que al desecharla, vertiéndola en los ríos, provoca el desequilibrio ecológico del mismo, por las sustancias que lleva del procesamiento, lo que trae como consecuencia que las reservas acuíferas no se puedan utilizar y sea necesario obtener este recurso en lugares inaccesibles y sus costos se incrementen, resultando perjudicial a la economía de los países.

Con este análisis, quiero señalar uno de los muchos problemas provocados por el hombre en el ambiente, además hacer hincapié en la necesidad de establecer y mantener sistemas de control de la contaminación.

Desarrollaré el tema de que es una necesidad el control de la contaminación para evitar un problema irreversible, con las consecuencias que se puedan imaginar.

La necesidad de establecer sistemas de control de la contaminación del agua, es para ayudar a la naturaleza a reestablecer el equilibrio ecológico que se está perdiendo, debido al ingreso de cada vez nuevos contaminantes en los cuerpos de agua; desarrollaré asimismo la tesis de que estos sistemas pueden y deben ser autosuficientes económicamente, y que no sean una carga para las poblaciones y las industrias.

Espero que esta tesis ayude a comprender más el problema de la contaminación del agua y las medidas que en lo futuro deberemos de tomar, para evitar el desequilibrio ecológico en el medio ambiente, en la medida en que este equilibrio interfiera en el bienestar del hombre.

CAPITULO I

C A P I T U L O I

CONTAMINACION DEL AGUA

I.1 CONTAMINACION DEL AGUA.

El agua es un líquido insípido, inodoro e incoloro, es un compuesto químico, sin embargo, el agua químicamente pura es un líquido muy escaso y difícil de obtener, debido a que es un solvente casi universal y en el cual, la mayoría de las sustancias son solubles hasta un cierto grado, lo que hace que el agua se contamine fácilmente por las sustancias que entran en contacto con ella.

En la tierra, la mayor fuente de agua la constituyen los océanos, y eventualmente todas las aguas regresan a ellos. El ciclo que el agua sigue es el siguiente: A causa del calor solar el agua se evapora ascendiendo hasta la superficie de depósito formando nubes cargadas de humedad, éstas se condensan al entrar en contacto con corrientes de aire frío produciendo la lluvia.

La contaminación ocurre desde el momento en que el agua líquida alcanza el estado de vapor hasta que se descarga. La naturaleza de la contaminación depende de las características del territorio sobre el cual se forman las nubes, así como de las características del lugar en que se precipite la lluvia.

Al caer la lluvia, esta se acumula formando corrientes subterráneas o superficiales. De las corrientes se extrae el agua dándole un tratamiento para hacerla potable y distribuirla a las ciudades y poblaciones para su consumo.

Después de su utilización, se caracteriza por tener sustancias de desecho; a esta agua, se le conoce como agua negra, que es agua fundamentalmente desechada por la población. Desde el punto de vista de su origen, resulta de la combinación de las sustancias de desecho arrastradas por el agua procedentes de las casas habitación, edificios, comercios, instituciones, industrias, de las aguas subterráneas, y de las precipitaciones que se puedan agregar. El volumen del agua negra varía de acuerdo con la población, y depende de muy diversos factores como son: la construcción de las alcantarillas, si la población es industrial, o si se producen precipitaciones muy elevadas.

I.1.1 Origen de las Aguas Negras y de los Desechos.

Las aguas negras pueden ser originadas por:

- a) Desechos humanos y animales
- b) Desperdicios caseros
- c) Manejo defectuoso y disposición de desechos sólidos
- d) Desechos industriales

e) Desechos Humanos y Animales. Son los residuos corporales que llegan a formar parte de las aguas negras, mediante los sistemas hidráulicos de los baños y en cierto grado de los procedentes de los animales que van a dar a las alcantarillas al ser lavadas. Estos desechos, son los más importantes en lo que se refiere a la salud pública, porque pueden contener organismos perjudiciales para el hombre, por lo que su tratamiento seguro y eficaz, constituye el principal problema de acondicionamiento de las aguas para su disposición.

f) Desperdicios Caseros. Proceden de las operaciones domésticas de lavado de ropa, baños, desperdicios de cocina, limpieza y preparación de los alimentos y lavado de la loza. Casi todos estos, contienen jabones y detergentes sintéticos, que generalmente contienen agentes espumantes y que son de uso común en las labores domésticas. Los desechos de cocina tienen partículas de alimentos y grasas y forman una parte importante de los desechos.

g) El manejo Defectuoso de las Aguas Pluviales. Las lluvias depositan cantidades variables de agua en la tierra y gran parte lava la superficie; esto hace que transporte polvo, arena, hojas y todo tipo de basura. En algunas partes se deja que las aguas lleguen a los desperdicios municipales formando parte de las aguas negras. En otros lugares se colectan aparte para su disposición y sin mezclarse con las aguas negras de la comunidad. El caudal de las corrientes pluviales, depende de la intensidad de las precipitaciones, la topografía y las superficies pavimentadas.

Otro de los problemas que se tienen, es el de infiltración de aguas en el drenaje o alcantarillado, que es el dispositivo por el cual se colecta el agua negra, este sistema es subterráneo y en muchas ocasiones queda por debajo del nivel del agua, freática, especialmente cuando sube debido a las precipitaciones de agua. Como la junta de las secciones en la tubería no están bien selladas, existe la posibilidad de que se infiltre agua ya que los drenajes funcionan por gravedad, cuando existen estas, el volúmen es difícil de cuantificar ya que depende del tipo de suelo, del alcantarillado, del nivel freático, de las precipitaciones y de las condiciones climatológicas.

h) Desechos Industriales. Los productos de desecho de las fábricas, son parte importante de las aguas negras de la

población y deben tomarse las precauciones necesarias para su eliminación. En algunos lugares, se colectan estas aguas junto con las aguas de desecho de la población para su tratamiento y eliminación final. Estos desechos varían por su tipo y volúmen, ya que depende de la clase de productos de las fábricas.

En algunos casos, es un gran volúmen y de muy variadas características por el tipo de desecho, por esto, es necesario apartar su recolección y disposición. Los desperdicios industriales pueden contener agentes corrosivos que ocasionan daños a los sistemas de drenaje, interfiriendo en la disposición final de las aguas negras, recomendando así que se trate a estos desechos, antes de verterlos a las aguas municipales.

1.2.- DEFINICIONES

Anteriormente, se describieron los diferentes tipos de aguas negras, ésta descripción se basó en su procedencia. Para poder describir el tipo de agua se dan las siguientes definiciones:

AGUAS NEGRAS DOMESTICAS. Son las aguas que contienen desechos humanos y caseros, estas aguas provienen de zona residencial donde casi no se efectúa alguna operación industrial.

AGUAS PLUVIALES. Están formadas por todos los escurrimientos, normalmente los provenientes de las calles y techos de las casas.

AGUAS DE DESECHO INDUSTRIALES. Son las aguas provenientes de las industrias, pueden colectarse y disponerse aisladamente o pueden formar parte de las aguas negras municipales.

I.2.1 Aspecto de las Aguas Negras

El agua negra es un líquido turbio que contiene material orgánico en suspensión y solución, cuando apenas se han mezclado, a ésta se le denomina agua negra fresca, es de color gris con olor muy característico, parecido al moho, que no es desagradable, flotan cantidades de materia fecal, trozos de alimento, basura, papel y otros residuos. Con el transcurso del tiempo el color cambia gradualmente a negro, desarrollándose un olor ofensivo y desagradable, en este estado se le llama agua negra séptica.

1.2.2 Composición de las Aguas Negras

Las aguas negras están compuestas de sólidos disueltos y suspendidos. La cantidad de sólidos en el agua es pequeña casi siempre menor del 0.1% (1) en peso, pero este porcentaje representa el principal problema para su tratamiento y disposición adecuada, el agua es sólo el vehículo de transporte de estos sólidos; estos pueden estar disueltos, suspendidos o flotando.

Los sólidos pueden ser orgánicos o inorgánicos, se pueden encontrar suspendidos o disueltos.

Los sólidos orgánicos generalmente son de origen animal, vegetal o sintético. Los de origen animal o vegetal, son los productos de desecho, la materia animal muerta y los tejidos vegetales. Los de origen sintético son sustancias que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, combinándose con nitrógeno fósforo y azufre, formando grupos de proteínas, hidratos de carbono y grasas, estos grupos están sujetos a la degradación debido a la actividad de las bacterias y de otros organismos vivos.

Los sólidos inorgánicos son sustancias inertes que no están sujetos a la degradación; a estos se les conoce como sustancias minerales siendo la arena, arcilla, grava y sales minerales del abastecimiento del agua, que producen su dureza y contenido mineral.

Por la cantidad de sólidos en las aguas negras le da una característica denominada fuerza, debido a la cantidad de sólidos orgánicos, así como su capacidad de degradarse que es la parte principal de las aguas negras. A mayor concentración de sólidos orgánicos, corresponde mayor fuerza del agua negra. Definiendo, el agua negra fuerte es la que contiene una gran cantidad de sólidos, especialmente orgánicos y el agua negra débil es la que contiene menor cantidad de sólidos.

Los sólidos se clasifican de acuerdo con su aspecto físico como son: suspendidos, coloidales y disueltos, incluyendo en esta clasificación a los sólidos orgánicos e inorgánicos.

Los sólidos suspendidos son aquellos que se pueden ver a simple vista, éstos se separan del agua negra por medios físicos o mecánicos como son: la sedimentación y la filtración. Están constituidos generalmente por un 70% de sólidos orgánicos y por un 30% de sólidos inorgánicos (2).

Los sólidos suspendidos se pueden encontrar en las siguientes formas: sedimentables y coloidales.

Los sólidos sedimentables están constituidos por los sólidos suspendidos cuyo tamaño y peso es suficiente para que se sedimenten en un período de tiempo que generalmente es de una hora, su resultado se expresa en mililitros de sólidos por litro de agua negra, o en partes por millón (ppm) se compone en un 75% de sólidos orgánicos y un 25% de sólidos inorgánicos. (3)

Los sólidos coloidales suspendidos tiene una definición indirecta ya que se basa en la diferencia de sólidos totales y los sólidos sedimentables, están formados por una parte de sólidos totales que no pueden eliminarse recurriendo a tratamiento físicos pero que no pasan por la capa filtrante de un crisol de asbesto Gooch, su composición es orgánica en dos terceras partes e inorgánica en el resto están sujetos a una rápida degradación y son un factor importante en el tratamiento y disposición de las aguas negras.

Sólidos disueltos, este término no está bien definido ya que incluye muchos sólidos que están en estado coloidal, la definición más exacta es: aquellos que pasan por la capa filtrante de asbesto de un crisol de Gooch, el total de sólidos disueltos, está compuesto por un 40% de sólidos orgánicos y un 60% de sólidos inorgánicos. (4)

Los sólidos totales son la totalidad de los sólidos orgánicos e inorgánicos en sus tres formas: suspendidos, coloidales y disueltos.

GASES DISUELTOS

Las aguas negras tienen pequeñas concentraciones de gases disueltos. Entre los gases más importantes está el oxígeno, presente en el agua que se abastece a las poblaciones, y disuelto en las aguas negras al ponerse en contacto con el aire. Este oxígeno, conocido normalmente como oxígeno disuelto (O.D.) es un componente importante de las aguas negras. Otros gases presentes en el agua negra son: el bióxido de carbono, el nitrógeno y el ácido sulfhídrico. Aunque estos gases están presentes en pequeñas cantidades su función es muy importante en la descomposición y tratamiento de los sólidos en las aguas negras y además son indicadores del tratamiento de ésta.

LIQUIDOS VOLATILES

Las aguas negras contienen líquidos volátiles, por lo general son líquidos que hierven a menos de 100°C.

I.2.3 Composición Biológica de las Aguas Negras

Las aguas negras contienen innumerables organismos vivos, la mayoría de tamaño microscópico, es la parte viva de la materia orgánica que se encuentra en las aguas negras, su presencia es de suma importancia ya que se tendrá que determinar el tipo de tratamiento de las aguas negras en función de estos organismos y el éxito del tratamiento depende de su actividad. Estos organismos pertenecen a dos tipos generales: bacterias y organismo más complejos.

Las bacterias son organismos vivos de tamaño microscópico formados por una sola célula, su proceso vital es similar al de los vegetales, éstas pueden ser móviles o inmóviles; las móviles se pueden transportar por sí mismas, como todo organismo necesitan alimento, oxígeno y agua, y sólo pueden vivir cuando el medio ambiente les proporciona estos elementos.

Las bacterias son parásitas y saprófitas, las bacterias parásitas viven a expensas de otros organismos porque necesitan recibir el alimento ya preparado, estas bacterias tienen gran importancia en el tratamiento de las aguas negras ya que provienen de los desechos del ser humano y de los animales, esto puede provocar enfermedades al ser humano si son ingeridas por medio del agua ya que no se pueden ver a simple vista.

Las bacterias saprófitas se alimentan de materia orgánica muerta, descomponiendo los sólidos orgánicos. Sin las bacterias saprófitas no habría esta actividad y no se llevaría a cabo la descomposición de los sólidos.

Todas las bacterias necesitan oxígeno para su respiración, algunas de ellas sólo toman el oxígeno disuelto en el agua a estos organismos se les conoce como organismos aeróbicos, y al proceso de descomposición de la materia por estos organismos, se le denomina descomposición aeróbica. Esta descomposición se hace en presencia del oxígeno sin que se produzcan olores ofensivos.

Otras bacterias no existen en presencia del oxígeno disuelto, este lo obtienen de los sólidos orgánicos e inorgánicos, a estas bacterias que obtienen el oxígeno a través de los sólidos; se les llama anaerobias, y al proceso de descomposición que se lleva a cabo por las bacterias se le llama proceso anaerobio, esta descomposición de la materia se lleva a cabo en ausencia del oxígeno disuelto, provocando olores desagradables.

En las relaciones de degradación de la materia orgánica, ciertas bacterias aerobias se adaptan a vivir sin oxígeno disuelto; a éstas se les llama: bacterias aerobias facultativas, inversamente, algunas bacterias anaerobias se adaptan a vivir en presencia del oxígeno disuelto, se les denomina bacterias anaerobias facultativas.

Además del oxígeno y alimento, las bacterias requieren de una gran humedad para sobrevivir lo cual queda totalmente satisfecho al estar en un medio acuoso.

Para encontrar la eficiencia máxima en su función, las bacterias requieren de una temperatura favorable son muy susceptibles a los cambios de temperatura lo cual es directamente proporcional al trabajo desarrollado que es efectuado por las variaciones de la temperatura.

Cuando todas estas condiciones ambientales se mantienen en forma adecuada y suficiente para el pleno funcionamiento de las bacterias, la descomposición de los sólidos se lleva a cabo en una manera ordenada.

Además de los organismos microscópicos, se encuentran otra clase de organismos vivos, que a diferencia de los primeros estos pueden ser observados a simple vista, a estos organismos se les llama organismos macroscópicos y son de una gran variedad como son: algunos insectos y gusanos.

El virus es otro tipo de organismo que está presente en el agua negra, no pueden ser observados por microscopios comunes su importancia radica en que son los agentes que provocan las enfermedades en el hombre ya que son muy difíciles de prevenir y de tratar.

1.2.4 Cambios Químicos en la Composición del Agua Negra

La actividad de la vida biológica en las aguas negras provoca muchos cambios en la química de los sólidos. Estos cambios bioquímicos, producidos por el desarrollo biológico, no solamente indican la actividad de los microorganismo sino que miden el grado de descomposición de los sólidos y la eficiencia de cualquier proceso de tratamiento.

En el tratamiento de las aguas negras la fuerza de gravedad disminuye los sólidos suspendidos y en especial aquellos que corresponden a los sólidos sedimentables, los cambios bioquímicos producen una eliminación de las moléculas de agua en los sólidos coloidales. Esta pérdida de agua hace que se aglomeren o flocculen formando sólidos sedimentables tanto orgánicos como inorgánicos, estos sólidos se conocen como lodos y arenas.

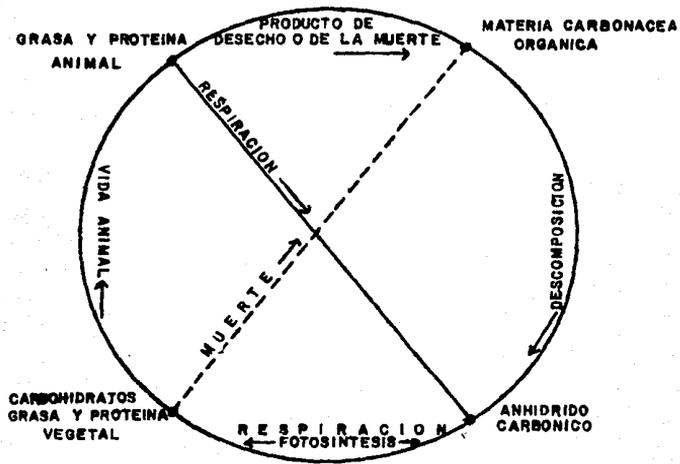
En la descomposición anaerobia, el oxígeno es eliminado de los compuestos complejos formando otros más sencillo y estables.

Los sólidos orgánicos complejos agregados inicialmente al agua, son compuestos del carbono en combinación con otros elementos como el azufre, fósforo, hidrógeno y otros; que con frecuencia son moléculas de agua íntimamente ligadas. Cuando se presenta el proceso de descomposición aerobia, el oxígeno se combina con estos elementos de manera que los productos finales de los cambios bioquímicos son el bióxido de carbono, agua, nitratos, sulfatos y fosfatos.

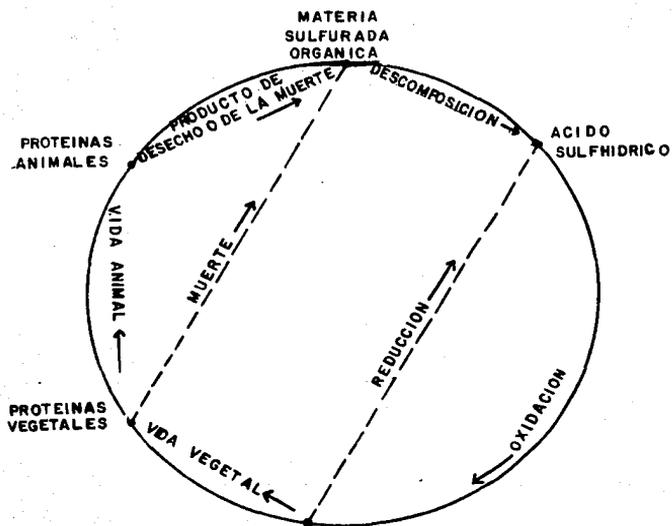
Durante la etapa de descomposición bioquímica, se forman productos intermedios en estos productos se encuentran ácidos orgánicos e inorgánicos; como el ácido sulfhídrico, el metano, el óxido de carbono, como los más comunes. Son estos subproductos de descomposición los que aparecen en las diferentes etapas de tratamiento de las aguas negras especialmente, en la digestión de los sólidos afectando el progreso de las reacciones de digestión.

Los productos intermedios de la descomposición bioquímica de los sólidos orgánicos, son un buen indicador de la actividad bioquímica así como el grado y tipo de tratamiento que se requiera.

En las siguientes figuras se muestran los diferentes procesos que debe de pasar la materia orgánica para que se produzcan productos aprovechables por la vida animal y vegetal, se ilustran las diferentes etapas que debe de pasar la materia, para que se vuelvan a aprovechar.



CICLO DEL CARBONO



CICLO DEL AZUFRE

Los tres ciclos ilustran la conservación de la materia orgánica en la naturaleza. Los productos de la muerte se transforman en el soporte de la vida vegetal y animal. El agua y el aire se transforman en enormes depósitos en los que se almacena el oxígeno, nitrógeno, bióxido de carbono y otros gases producidos en una parte del ciclo, hasta que sean requeridos.

En los cambios bioquímicos de las aguas negra, los gases disueltos tiene un papel muy importante. Esto es fácil de comprobar con el oxígeno disuelto el cual, cuando está presente en las aguas negras o cuando se agrega a ellas, asegura el desarrollo y las actividades de los microorganismos aerobios y con esto el progreso de la descomposición aerobia. Cuando se ha agotado el oxígeno disuelto, los organismos son reemplazados por una gran variedad de organismos anaerobios, dando origen a la descomposición anaerobia asociada a una rápida putrefacción y a la aparición del color negro en el agua junto con malos olores.

Los cambios bioquímicos de las aguas negras se miden por medio de los análisis químicos. De estos análisis se obtienen:

- a.- La identificación y medición de las reacciones bioquímicas.
- b.- La identificación y medición de los compuestos químicos formados en las reacciones bioquímicas.
- c.- El grado y la velocidad de descomposición de los sólidos orgánicos.
- d.- La eficiencia de los diversos métodos y dispositivos que se usen en el tratamiento de las aguas negras.

CAPITULO I I

CAPITULO II

VI. AGENTES CONTAMINANTES Y SUS EFECTOS

Un aumento en la contaminación del agua de superficie, ha sido acompañada por el aumento en la población urbana y por la industrialización; debido a estos aumentos, los desechos de las poblaciones y de las industrias, han llegado a tener una gran variedad de agentes causantes de la contaminación de los ríos, de los cuales los más importantes son los desalojados por las industrias.

La gran mayoría de los desperdicios industriales provocan graves efectos en el agua en que se vierte. Estos daños dependen del tipo de sustancias descargadas y de la cantidad, estos desperdicios se clasifican de la siguiente manera:

- 1.- **Materias coloidales.** Proceden del carbón, de los humos desalojados por las chimeneas y de los desperdicios del lavado de los minerales, que aumentan la turbiedad del agua y dificultan la coagulación y la filtración con la consecuencia del aumento en el costo del tratamiento.
- 2.- **Materias disueltas.** Proviene del drenaje de las minas o del agua salada de los pozos petrolíferos, materias que deterioran la calidad del agua aumentando los problemas de su purificación.
- 3.- **Materias orgánicas vegetales y animales.** Estas materias pueden provenir de las refineries de azúcar y de los desechos de las curtidurías, estos desechos en suspensión, aumentan el color, la turbiedad, el contenido de materiales en suspensión y de bacterias.
- 4.- **Sustancias orgánicas y minerales.** Los fenoles contenidos en los desperdicios de las fábricas de coque y de gas, las soluciones de sulfito, desechados de las fábricas de papel, que ocasionan olores y sabores desagradables, los compuestos orgánicos de azufre, contenidos en los desperdicios de las máquinas limpiadoras de lana.
- 5.- **Bacterias como el bacilo del ántrax.** Estos se pueden encontrar en los desperdicios de las curtidurías, que son nocivos para el ser humano.
- 6.- **Otros componentes.** Como los compuestos del plomo, arsénicos y los cianuros, producidos por la extracción del oro y el cromo resultante de las operaciones de chapeado y fabricación, todos ellos peligrosos para el hombre.

Además de estos desperdicios principales, existen otros que causan efectos nocivos específicos. Entre estos se encuentran los desperdicios de la descomposición de la madera que ocasiona sabores inconvenientes.

Los desperdicios de los productos del maíz que provoca un aumento de las bacterias, olores y sabores indeseables. Los de las tintorerías, que ocasionan sabores extraños. Los desperdicios de las fábricas de cartón o de cuero artificial que aumentan la cantidad de los sólidos en suspensión. Los provenientes de los procesos de limpieza de los metales con ácido y del galvanizado que retardan la coagulación. Y los desperdicios originados en las lecherías y las plantas de productos lácteos ya que los desperdicios sólidos están en estado coloidal o disueltos y su demanda de cloro puede ser excesiva.

Los desperdicios del petróleo y gas provocan en el agua olor y color desagradable, cuando el petróleo se derrama en el agua el aspecto de esta se altera, se perciben olores y se obstaculizan los procesos de coagulación, sedimentación y filtración. Así mismo, los desagües de agua salida de los pozos petrolíferos afectan el sabor del agua y limitan su utilidad para usos industriales.

El crecimiento de la industria del procesado del carbón, que origina una gran cantidad de desperdicios líquidos, tiene una remarcada repercusión en el agua que al ser tratada con cloro provoca sabores indeseables.

Las plantas industriales que provocan esta contaminación son las fábricas de gas, las refinерías de petróleo, las fábricas que procesan la madera.

La temperatura del agua es muy importante en la contaminación. En muchos procesos industriales, se requiere agua para su enfriamiento, esto ocasiona que la temperatura se eleve y al desechar el agua sin un enfriamiento provocará la muerte de los peces en los ríos.

II.1 PRINCIPALES ENFERMEDADES PROVOCADAS POR AGUA CONTAMINADA

Las principales enfermedades provocadas por el agua contaminada que no haya tenido tratamiento son la fiebre tifoidea, el cólera, la paratifoidea o salmonelosis, la disentería bacilar, la tularremia y la diarrea hemorrágica. De estas enfermedades las más peligrosas son: la fiebre tifoidea y el cólera.

La fiebre tifoidea y el cólera, surgieron con mayor frecuencia en las ciudades que se desarrollaron con la revolución industrial, provocando una gran mortandad entre los habitantes. La paratifoidea y la disentería bacilar, son menos mortales que las dos enfermedades anteriores, la tularremia y la diarrea hemorrágica son enfermedades que se presentan sin consecuencias mortales.

La forma de transmisión de la fiebre tifoidea y el cólera, se descubrió hasta mediados del siglo XIX. De estas enfermedades el cólera es más violenta en su inicio que es de uno a tres días, comparada con la fiebre tifoidea que es de dos a tres semanas y con frecuencia el cólera es más fulminante en su desarrollo.

A principios de este siglo el principal foco epidémico del cólera, estaba limitado sólo a la India y al Pakistán Oriental, donde se conserva su incidencia debido a que las condiciones climatológicas son favorables, la densidad de la población es muy elevada y porque el abastecimiento del agua se hace por medio de estanques superficiales situados en la periferia de la ciudad donde los pobladores satisfacen sus necesidades de higiene; por las condiciones salinas los valores constantes del pH, es favorable para la supervivencia del vibrio del cólera.

Debido a que se agregaron desinfectantes en el agua, se redujo la incidencia de la fiebre tifoidea hasta llegar a su desaparición en las comunidades europeas y en el mundo occidental.

De la fiebre paratifoidea y la disentería bacilar existen escasos registros, porque no se presentaron problemas mayores y los brotes leves de esta enfermedad rara vez se reportaron.

Por otro lado, el número y agresividad de los organismos evacuados son generalmente menores que los de la fiebre tifoidea. Sin embargo, el hombre comparte algunas especies paratíficas con los animales domésticos y puede haber contaminación provocada por los animales o por el hombre mismo. Estas enfermedades normalmente se encuentran en los alimentos.

La enfermedad de Weil o Ictericia hemorrágica se atribuye a personas que han nadado en canales o lagos contaminados, los medios portadores de esta enfermedad son las ratas y los perros.

Las infecciones por protozoarios se transmiten por los sistemas de distribución de aguas negras, aunque se estima que el 10% de la población es portadora de quistes amibianos. Los informes respecto a la incidencia de la amibiasis son de escasa magnitud, entre las probables razones está el número de quistes desechados por los portadores y por el peso y tamaño de éstos, que contribuyen a su eliminación de las aguas negras en forma natural por sedimentación y filtración. Por lo general los brotes se asocian con la invasión masiva de contaminantes.

Infecciones por helmintos, los huevos y las larvas de las lombrices intestinales pueden llegar a las corrientes acuáticas desde los portadores humanos. Estos huevos y larvas son relativamente pocos, son organismos bastante grandes; debido a esto las enfermedades producidas por los helmintos o lombrices son esporádicas, ocurren en condiciones muy insalubres o por las deficiencias en los sistemas de remoción de aguas negras. Estas infecciones ocurren cuando se ingieren verduras crudas que han sido irrigadas con agua contaminada, los pastizales también son irrigados con esta agua y pueden contaminar el ganado y este al ser humano.

Infecciones por virus, además de los virus de la hepatitis que aún no está aislado, se conocen media docena de virus que son excretados por personas infectadas. El aislamiento de estos virus es común durante los meses de verano, cuando las corrientes tienen un nivel bajo. Sin embargo se ha reducido el número de brotes provocados por ellos debido a su tamaño, se deslizan fácilmente en el agua, haciendo muy difícil su reproducción por los problemas que tiene que enfrentar antes de su desarrollo.

Infecciones por contacto directo con el agua, si se toma en consideración las enfermedades transmitidas por desechos humanos, aguas negras y lodos de aguas negras, aumenta las distintas formas de diseminación de las enfermedades entéricas y con ello aumenta la lista de infecciones.

Las formas comunes de transmisión de las infecciones pueden ser por:

- 1.- A través de vegetales y frutas contaminadas por heces, aguas negras o lodos de aguas negras.
- 2.- Mediante los berros o moluscos que se han cosechado o almacenado en agua contaminada con agua negra.
- 3.- Por exposición al suelo contaminado por excremento humano.
- 4.- Mediante toda clase de alimentos contaminados por las moscas, y otros organismos que se alimentan con las heces fecales.
- 5.- A través de la leche y productos lácteos contaminados por utensilios que se han lavado en agua contaminada.
- 6.- Por los pescados y cangrejos procedentes de agua contaminada, que se comen crudos y después de que se salan.
- 7.- Mediante baños y otra exposición de agua contaminada.

Otras formas de infección se enlazan por:

- a.- Tuberculosis. Con leche de vaca infectada, que bebió agua en corrientes contaminadas que cruzan por pastizales no controlados por salubridad.
- b.- Las Infecciones de ojos, oídos, nariz, garganta, en albercas muy frecuentadas, aún cuando sus aguas estén bien purificadas y que contengan cantidades apreciables de cloro libre.
- c.- Las enfermedades entéricas en general, con la falta de servicios para lavarse las manos y a métodos primitivos de remoción de excrementos.

II.2 DISPOSICION DE LAS AGUAS NEGRAS

Para poder establecer el tratamiento adecuado que se le deberá proporcionar a el agua negra es necesario establecer las condiciones en que se encuentra; para hacer de su disposición, la más segura posible. Todas las aguas negras tienen que ser evacuadas, algunas se sujetan a diferentes tipos de tratamiento antes de su disposición, mientras que otras, son dispuestas, sin ningún tratamiento.

El tratamiento de las aguas negras es un proceso por el cual, los sólidos que contiene el agua son separados parcialmente, haciendo que el resto de los sólidos orgánicos, compuestos muy putrescibles, queden convertidos en sólidos minerales u orgánicos relativamente estables; la magnitud de este cambio depende del proceso del tratamiento empleado. Una vez terminado todo proceso de tratamiento es necesario disponer de todos los líquidos y sólidos que se hayan separado.

Para la disposición final de las aguas negras, existen tres métodos, que pueden ser: por irrigación, disposición subsuperficial y disposición por dilución.

La disposición por irrigación, consiste en derramar las aguas negras sobre la superficie del terreno, la cual se hace por lo general, mediante zanjas de riego. Excluyendo la parte que se evapora, la mayor parte se infiltra suministrando humedad y pequeñas cantidades de fertilizantes para la vida vegetal. Este método sólo es aplicable a pequeños volúmenes de agua negra que desechan poblaciones chicas y donde se dispone de la superficie necesaria. En la ciudad de México, casi la totalidad de las aguas negras se disponen mediante el riego.

Su mejor aplicación es para zonas áridas y semiáridas en las que tiene un valor especial la humedad que se le pueda proporcionar al terreno.

La disposición subsuperficial, consiste en hacer llegar las aguas negras a la tierra por debajo de la superficie a través de excavaciones. Usualmente, con este método sólo se elimina las aguas negras sedimentadas, provenientes de las instituciones o residencias en las que su volumen es muy limitado.

La disposición por dilución consiste en descargar las aguas negras en los ríos. Esta descarga provoca la contaminación del agua receptora. El grado de contaminación depende de la dilución, o sea, el volumen de agua negra vertido y de su descomposición, entre el volumen de agua que se mezcla. Cuando su volumen es pequeño, de las aguas negras, en comparación con el agua receptora el oxígeno disuelto presente en el agua receptora, es suficiente para que se produzca la descomposición aeróbica de los sólidos orgánicos, sin embargo, aunque las aguas receptoras mantengan su condición aeróbica, la contaminación estará presente. Pueden invalidar el agua para ciertos usos.

En caso de que el oxígeno disuelto del agua receptora, no sea suficiente para mantener la descomposición aeróbica, se verificará el cambio de condición a la descomposición anaeróbica, y se pudrirá la materia flotante que resulta con condiciones indeseables. No es necesario que se considere el volumen de aguas negras como crítico, sino la cantidad de materia orgánica de fácil descomposición que contengan las aguas negras. Por esto, es que un determinado volumen de aguas negras, que han sido tratadas para disminuir o eliminar la materia orgánica pueden descargarse en una superficie de agua natural sin provocar condiciones indeseables, mientras que el mismo volumen de aguas negras sin tratar pueden producir molestias.

II.3 NECESIDAD DE TRATAR EL AGUA NEGRA

El problema de disponer de las aguas negras, fue imponiéndose debido a que en su recorrido, arrastra y recoge los productos de desecho de la vida humana. Antes los volúmenes de desecho de agua negra eran muy pequeños y su contaminación se basaba casi exclusivamente a los desechos del ser humano.

Con el incremento de la población se tuvieron que suministrar volúmenes mayores de agua, utilizándola también para arrastrar los desechos industriales. Incrementándose en proporción al aumento de la población, haciendo que los métodos de disposición de las aguas negras fueran insuficientes provocando que se desarrollarán métodos de tratamiento antes de la disposición final de las aguas negras, tomando en cuenta para su tratamiento la utilización que se le dará al agua tratada como son:

- a.- En los sistemas de enfriamiento de las industrias.
- b.- Regar parques y jardines
- c.- Limpieza de productos intermedios en la industria.
- d.- Utilización de fuentes en la vía pública.
- e.- Recreación en parques de diversión, sin contacto primario o directo.

La planta de tratamiento de aguas negras, se diseña para retirar de las mismas, la cantidad de sólidos orgánicos e inorgánicos, dejando el nivel de sólidos disueltos para la utilización que se dará al agua tratada.

El grado de contaminación necesario para realizar un tratamiento, varía de un lugar a otro que se determina por los siguientes factores:

- a.- La característica y cantidad de sólidos acarreados por las aguas negras.
- b.- Reutilización.
- c.- La capacidad que tenga el terreno o el agua receptora para su disposición, verificando la dilución necesaria de los sólidos de las aguas negras.

Después de evacuar el efluente de una planta de tratamiento, quedan en ella aún sólidos y el agua contenida en los lodos que han sido separados, los cuales se deben de disponer en forma segura y sin ocasionar molestias.

II.4 ASPECTOS LEGALES DE LA DISPOSICION DE LAS AGUAS NEGRAS

Los serios problemas involucrados en la disposición de las aguas negras y otros desperdicios por medios eficaces y adecuados que eliminen toda molestia sin violar los derechos y el bienestar de los individuos y de las comunidades, ha dado lugar a que se establezcan leyes y reglamentos que gobiernen esta disposición.

En México, existe una legislación desde 1971 (5) sobre la contaminación ambiental. El estado Mexicano ha dado muestras claras de su deseo de controlar la contaminación ambiental; estas leyes se han modificado en los años siguientes hasta 1977, cuando se expidió la reforma a la contaminación ambiental de México, que dictamina:

CAPITULO PRIMERO.-

Artículo 1o. Esta ley y sus reglamentos, regirán la prevención y el control de la contaminación y el mejoramiento, conservación y restauración del medio ambiente, actividades que se declaran del interés público.

Artículo 2o. Las disposiciones de esta Ley y sus reglamentos, como medida de salubridad general, regirán en toda la República.

Artículo 3o. Será motivo de prevención, regulación, control y prohibición por parte del Ejecutivo Federal, los contaminantes y sus causas, cualesquiera que sea su procedencia u origen, que en forma directa o indirecta, sean capaces de producir contaminación o degradación de sistemas ecológicos.

Tomando en cuenta que las actividades de prevención y desalojo de los contaminantes, se regirán por el Reglamento para la prevención y control de la contaminación, así como las plantas de tratamiento, e investigación para prevenir, controlar y abatir la contaminación.

En esta Ley se contemplan la prevención y el control de la contaminación del aire, del agua y del suelo.

En el capítulo tercero, se informa de las disposiciones y leyes que rigen la contaminación de las aguas.

Artículo 14o. Se prohíbe arrojar a las redes de los colectores, ríos, cauces, cuencas, vasos y demás depósitos de agua, así como la infiltración en los terrenos; aguas residuales que contengan contaminantes, materias radiactivas o cualesquiera otra sustancia dañina a la salud de las personas, a la flora, a la fauna o a los bienes.

El artículo 15o. dictamina: Que las aguas residuales, que descarguen en todos los sistemas deberán reunir las condiciones para la prevención de la contaminación de los cuerpos receptores, la interferencia en los procesos de depuración de las aguas y las modificaciones, trastornos alteraciones en los aprovechamientos y en el funcionamiento adecuado de los sistemas.

Para la descarga de las aguas residuales, deberán construirse las obras de purificación que en cada caso la S.A.R.H., en coordinación con la S.S.A. y la S.I.C., en su caso, consideren necesarias.

En los casos de la contaminación de aguas, la SEDUE dará la debida intervención a la S.S.A.

II.4.1 REGLAMENTO PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

En el capítulo primero, se dan las disposiciones generales que las industrias deben acatar, brindándoseles todas las facilidades posibles, para que se pueda establecer un control en los efluentes desechados por éstas, y de el establecimiento de medidas fiscales para la prevención de la contaminación del agua.

El Capítulo Segundo, trata de la prevención de la contaminación así como del control, fijando los límites máximos que pueden tener los efluentes para su descarga. Así como la calidad del agua para su utilización.

Los Límites máximos tolerados para la descarga de Aguas Negras, son:

I.- Sólidos sedimentables	1.0 ml/l.
II.- Grasas y Aceites	70 mg/l.
III.- Materia flotantes	Ninguna que pueda ser detenida por malla de 3 mm. de claro libre cuadrado
IV.- Temperatura	35° C.
V.- Potencial hidrógeno pH	4.5 - 10.0

Este artículo nos da la clasificación de las corrientes y de los cuerpos receptores en función de sus usos, ésta clasificación va de la clase D-I a la clase D-IV; además no en todas las clasificaciones influyen todos los parámetros.

CAPITULO III

CAPITULO III

CONTROL DE LA CONTAMINACION DE AGUAS

En el capítulo anterior se describieron los materiales de desecho, los efectos y enfermedades causadas y las normas que debe de cumplir el agua para su utilización. En este capítulo se definirán los mecanismos de control que se pueden llevar a cabo, así como los exámenes que se deben hacer para que el agua sea tratada y acondicionarla para su reutilización.

III.1 MECANISMOS DE CONTAMINACION

La contaminación del agua por las aguas residuales o por otra sustancia contaminadora, pone en movimiento un ciclo bien definido de acontecimientos. Aunque son difíciles de observar en el agua estancada por la rápida sucesión de cambios y porque no se logran ver cuando el movimiento de las olas las oculta, las distintas fases de este ciclo son evidentes en los ríos, donde cada aspecto del fenómeno, tiene lugar en una zona más o menos definida que se puede localizar en tiempo y espacio desde el punto de origen de la contaminación. Este ciclo muestra 4 fases que se definen como zona de degradación, zona de descomposición activa, zona de recuperación y zona de agua limpia. Aunque estas zonas están sujetas a grandes variaciones que dependen de las condiciones climatológicas e hidrológicas del momento, la relación entre ellas es constante.

ZONA DE DEGRADACION. En esta zona, las cualidades físicas y químicas del agua sucia están rebajadas y las formas superiores de vida son sustituidas por formas inferiores y más tolerantes a la degradación de las condiciones del agua. Esta zona, se localiza cerca de los puntos de descarga de los drenajes que conducen los desperdicios orgánicos. Según Sutter, el límite inferior de la zona puede definirse aproximadamente por la cantidad de oxígeno disuelto que debe ser 45%⁽⁷⁾ de saturación en las temperaturas de verano.

La zona de degradación, es más pronunciada en pequeñas corrientes que sufren una ligera dilución, que en las grandes corrientes donde la dilución es más notable.

ZONA DE DESCOMPOSICION ACTIVA. Esta zona se caracteriza por la ausencia de oxígeno disuelto y por las condiciones sépticas que se desarrollan se distinguen por su color gris negro, olores desagradables debido al sulfuro de hidrógeno, depósito de lodo negro y grisáceo, bastante pegajoso y burbujas de gas; estas condiciones de descomposición activa tiene como característica la descomposición anaerobia con aumento del bióxido de carbono y amoniaco.

ZONA DE RECUPERACION. Esta zona tiene una actividad inversa al de la zona de degradación, tiene una mayor extensión físicamente, se distingue por su gradual clarificación, el cambio de los depósitos de lodos y la ausencia de las burbujas de gas, aumenta el oxígeno disuelto hasta el punto de saturación, disminuye el contenido de bióxido de carbono, aumenta la cantidad de nitritos y nitratos, las bacterias disminuyen en número a medida que desaparece la provisión de alimentos y empiezan a desarrollarse los protozoarios.

ZONA DE AGUA LIMPIA. Las características de la zona de agua limpia son casi iguales a las de las aguas limpias naturales. Ya que recuperaron su aspecto atractivo, estas aguas soportan otra vez la vida animal y vegetal, que son normales en la corriente que soportan sólo la contaminación natural. En esta zona, las bacterias aeróbicas y otros organismos microscópicos vuelven a aparecer y las condiciones son apropiadas para la vida de peces comestibles.

III.2 MEDICION ANALITICA DE LA CONTAMINACION

Antiguamente, la forma de analizar el agua era por las formas que presenta el nitrógeno, derivado de las impurezas orgánicas y del grado de oxidación de estas impurezas, como el contenido de amoniaco es mas elevado en el punto de descarga y como las formas oxidadas de nitritos y nitratos, aumentan a partir de este punto con la distancia, las determinaciones de estos componentes proporcionan una medida de la contaminación directa y relativamente fácil de obtener.

Aunque este sistema es muy útil, ha sido desplazado por los nuevos y más refinados procesos de la química del agua, de la bacteriología y de la biología.

En la aplicación de estos nuevos métodos, se ha adoptado la costumbre de considerar a los componentes inorgánicos como de menor importancia que los componentes gaseosos y orgánicos, partiendo de la base fundamental de que los componentes inorgánicos no se ven alterados por la contaminación del agua, las determinaciones de la demanda bioquímica de oxígeno y del oxígeno disuelto, junto con la cuenta de bacterias y los estudios sobre el plancton, forman la técnica para la emisión de la contaminación; cada uno de los procedimientos aborda el problema de la medición desde un ángulo diferente aunque relacionado con las demás.

Como parte de esta técnica, la observación del equilibrio del oxígeno puede considerarse como la aportación relativamente reciente al desarrollo de la química del agua. La demanda de oxígeno no trata de medir directamente un componente orgánico específico, se ocupa solamente de la tendencia que tienen estos componentes a descomponerse y oxidarse en presencia del mismo.

La utilidad de la cuenta bacteriana, se basa en el hecho de que las bacterias se reproducen rápidamente y además se nutren de material orgánico, por esta razón, la presencia de estos organismos en gran número es un signo de contaminación orgánica originada normalmente por los desechos. Y aunque estos análisis no distinguen entre bacterias aerobias y anaerobias, las determinaciones del número total de bacterias que se desarrollan en gelatina a 20°C, del número total que crecen en el agar a 37°C y del número total de coliformes presentes, dan una información muy valiosa en cuanto a la contaminación de una fuente de suministro de agua. Una importancia especial como medida de la contaminación cualitativa y cuantitativa, es la determinación de los organismos coliformes que generalmente se consideran de origen fecal e indican la probable presencia de organismos patógenos de la fiebre tifoidea, de la disentería y de otras enfermedades transmisibles por el agua.

Los estudios biológicos son indicadores valiosos de contaminación porque los organismos que componen el plancton son sensibles a los cambios que ocurren en su ambiente. La existencia en el agua de protozoos ciliados y flagelados, organismos contaminadores y sépticos, que se nutren de bacterias y desperdicios orgánicos de los drenajes, la existencia de algunos crustáceos, que se alimentan de animales y plantas en descomposición, son indicadores de la calidad del agua.

La interrelación de estos aspectos en la medida de la contaminación, nos muestran la proliferación de microorganismos en el medio ambiente.

III.3 ANALISIS DE AGUAS NEGRAS

La razón básica para analizar el agua y aguas negras, es la determinación del tratamiento necesario a seguir. Las pruebas de laboratorio sólo proporcionan una parte de los datos necesarios, éstos deberán acompañarse de análisis de campo y observaciones. Los exámenes de laboratorio muestran la condiciones del agua cuando se tomó la muestra, para lo cual se deberán proporcionar los análisis de campo así como una serie de pruebas de laboratorio.

Las pruebas de laboratorio se realizan para obtener los siguientes datos:

- a) Determinación de las características del agua sin tratar, de modo que se puedan tomar las medidas necesarias para su tratamiento mediante los métodos más económicos y efectivos.
- b) Para medir la efectividad del tratamiento en forma de que se proporcione el agua para su fin específico.
- c) Proporcionar una base para la estimación del costo de tratamiento, de tal manera, que se puedan hacer comparaciones con otras plantas ya instaladas.

Generalmente las pruebas incluidas en el análisis de aguas negras, están dentro de las siguientes categorías que se superponen en mayor o menor grado.

1.- *Pruebas que miden o reflejan la concentración de las aguas negras.*

- a.- Material sólido en sus diferentes estados: sólidos totales en suspensión, disueltos y sedimentables grasas y en el caso de los efluentes de plantas, turbidez.
- b.- Pruebas para materia orgánica y para la ofensividad potencial de las aguas residuales; componentes volátiles de los sólidos en suspensión, disueltos y sedimentables, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sulfuros, nitrógeno orgánico, olor y grasas.

Estas pruebas miden la concentración de las aguas negras en relación con los sólidos y materia orgánica.

2.- *Pruebas que miden la composición de las aguas negras con respecto a las sustancias específicas.*

- a.- Para las diversas formas de nitrógeno amoniacal, orgánico (Kjeldahl), nitritos y nitratos.
- b.- Para fosfatos y otras sustancias fertilizantes.
- c.- Para oxígeno disuelto, cloruros, sulfuros, acidez y alcalinidad.
- d.- Para radiactividad y sustancias radiactivas.
- e.- Bioensayos para residuos tóxicos agudos.

3.- Pruebas que miden la condición del agua negra y que explican, el proceso de la descomposición de las sustancias orgánicas en las aguas residuales, efluentes y receptoras.

- a.- Físicas, químicas y bioquímicas, OD, DBO, DQO, sulfuros, olor, nitrógeno en sus diversas formas, valor de pH y temperatura.
- b.- Biológicas, crecimiento de indicadores microscópicos y macroscópicos de contaminación y bacterias.

4.- Pruebas referentes a los procesos de tratamiento.

- a.- Comúnmente para la remoción de sólidos en suspensión y sedimentables, para la DBO y DQO, y para el nitrógeno en sus diversas formas.
- b.- En conexión con la desinfección para la demanda de cloro, valor de pH, y cloro activo, así como análisis bacteriológicos.
- c.- Para los efluentes sólidos en suspensión, OD, DBO, DQO.

5.- Pruebas funcionales como:

- a.- Demanda de Cloro
- b.- Para DBO, que indica los requerimientos de oxígeno de los efluentes y la degradación de las sustancias específicas como los detergentes sintéticos.
- c.- Para la velocidad de la demanda de oxígeno de las aguas negras.
- d.- Para la coagulación óptima.
- e.- Para la desalinación por intercambio iónico en renovación de aguas.

El alcance de las pruebas empleadas en el examen de las aguas es muy amplio, los usos del agua son múltiples y la naturaleza de la materia residual descargada en ella es variable, muchas de estas pruebas están interrelacionadas y proporcionan información sobre las otras.

Sin embargo no existen reglas fijas para la interpretación de estas, la aptitud esencial que distingue a los ingenieros sanitarios de otros ingenieros civiles o hidráulicos, es la de un conocimiento amplio sobre:

- I.- La composición del agua en la naturaleza, el significado y tratamiento de sus componentes y,

II.- Las condiciones impuestas sobre el agua y sus múltiples constituyentes por la precipitación, el escurrimiento y la filtración; la purificación y contaminación natural; la captación, purificación, distribución y uso como agua; la captación, tratamiento y disposición como agua residual.

III.4 METODOS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS NEGRAS

La disposición satisfactoria de las aguas negras depende del tratamiento previo. Este tratamiento se hará de acuerdo con las pruebas de laboratorio y análisis de campo, en función de la utilización que se le va a dar.

El tratamiento de las aguas negras es el conjunto de recursos por medio de los cuales, se verifica la autopurificación de un río dentro de un área limitada.

Los tipos de tratamiento a seguir se pueden clasificar en los siguientes procesos:

1.- *Tratamiento preliminar*, sirve para proteger el equipó de bombeo y hacer más fáciles los procesos siguientes del tratamiento. Estos dispositivos están destinados a eliminar los sólidos mayores o flotantes, y para la eliminación de cantidades excesivas de grasa.

Para eliminar estas sustancias se utilizan los siguientes dispositivos:

- a) Rejas de barras o cribas finas
- b) Desmenzadores, ya sea de molinos, cortadoras o trituradoras.
- c) Desarenadores
- d) Tanques de preaeración.

2.- *Tratamiento primario*. En este se separan la mayoría de los sólidos suspendidos en las aguas negras mediante el proceso físico de asentamiento en tanque de sedimentación. Cuando se agregan ciertos productos químicos en los tanques primarios, se eliminan casi todos los sólidos coloidales así como los sedimentables.

El propósito fundamental del tratamiento primario consiste en disminuir la velocidad de las aguas negras para que puedan sedimentarse los sólidos. A estos dispositivos se les conoce como tanques de sedimentación y se dividen en:

- 1.- Tanques de sedimentación simple con eliminación mecánica de lodos.
- 2.- Tanques sépticos
- 3.- Tanques de doble acción, como los de Imhoff
- 4.- Clarificación de flujos ascendentes con eliminación mecánica de lodos.

Quando se emplean productos químicos se utilizan otras unidades auxiliares como:

- a).- Unidades alimentadoras de reactivos
- b).- Mezcladoras
- c).- Floculadores

- 3.- *Tratamiento secundario.* Este tratamiento debe hacerse cuando las aguas negras todavía contienen sólidos orgánicos en suspensión, los que se puedan asimilar por las aguas receptoras, sin oponerse a su uso normal adecuado; este tratamiento depende de los organismos aerobios, para la descomposición de los sólidos orgánicos hasta transformarlos en sólidos inorgánicos.

Los dispositivos que se utilizan para el tratamiento secundario son:

- a).- Filtros goteadores con tanques de sedimentación secundaria.
 - b).- Tanques de aeración.
 - 1.- Lodos activados con tanques de sedimentación simple y
 - 2.- Aeración por contacto.
 - c).- Filtros de arena intermitente.
 - d).- Tanques de estabilización
- 4.- *Cloración.* Este método se utiliza para muy diversos propósitos, generalmente se aplica el cloro con los siguientes fines:
 - a) Desinfección o destrucción de organismos patógenos
 - b).- Prevención de la descomposición de las aguas negras para:
 - 1.- Controlar el olor
 - 2.- Protección de las estructuras de las plantas
 - c).- Como auxiliar en la operación de la planta para:
 - 1.- La sedimentación
 - 2.- En los filtros goteadores
 - 3.- El abultamiento de los lodos activados
 - d).- Ajuste o abatimiento de la DBO

5.- *Tratamiento de lodos.* Están constituidos por los sólidos que se eliminan en las unidades de tratamiento primario y secundario, junto con el agua que se separa con ellos. Estos desechos se deben eliminar de alguna forma. Cuando se puede hacer una disposición adecuada de ellos, no es necesario tratarlos, pero generalmente, se les debe de tratar por no tener espacio para su disposición sin provocar condiciones inconvenientes. Este tratamiento tiene dos objetivos; el primero es, eliminar parcial o totalmente el agua que contienen los lodos; y el segundo, es que se descompongan todos los sólidos orgánicos putrescibles transformándose en sólidos minerales o sólidos orgánicos relativamente estables, esto se logra con dos o más de los siguientes métodos:

- a).- Espesamiento
- b).- Digestión aerobia o anaerobia, esta última con o sin aplicación de calor
- c).- Secado de lechos de arena cubiertos o descubiertos
- d).- Acondicionamiento con productos químicos
- e).- Elutriación
- f).- Filtración al vacío
- g) - Secado aplicando calor
- h).- Incineración
- i).- Oxidación húmeda
- j).- Flotación con productos químicos y aire
- k).- Centrifugación

III.4.1 TRATAMIENTO PRELIMINAR

REJAS O CRIBAS DE BARRAS. Están formadas por barras espaciadas desde 2 hasta 15 cm., generalmente tienen claros de 2.5 a 5 cm., se deben instalar con un ángulo 45 a 60° con la vertical, su limpieza es manual o por rastrillos automáticos.

Los sólidos separados se eliminarán enterrándolos o incinerándolos; o se trituran y reintegran a las aguas negras.

CRIBAS FINAS.- son cribas de 3mm. de abertura, las cribas pueden ser de bandas, discos o tambor. Se utilizan generalmente para los desechos industriales, pero no se consideran adecuadas para el tratamiento de las aguas negras.

DESMENUZADORES. Los molinos, cortadores y trituradoras, sirven para romper o cortar los sólidos, hasta un tamaño que permitan ser reintegrados a las aguas negras, sin peligro de obstruir las bombas o tuberías que puedan afectar los sistemas de tratamiento posteriores.

DESARENADORES.— Las aguas negras contienen relativamente grandes cantidades de sólidos inorgánicos, esta cantidad es muy variable y depende de muchos factores; pero principalmente si el colector es del tipo sanitario o combinado. Las arenas pueden dañar las bombas por medio de la abrasión y causar serias dificultades operativas en los tanques de sedimentación.

Los desarenadores, se diseñan generalmente en forma de grandes canales, en éstos se disminuye la velocidad para que se depositen los sólidos inorgánicos manteniéndose en suspensión el material orgánico.

Estos se diseñan para que su limpieza sea manual o mecánica. En la limpieza manual se provee de un espacio para el almacenamiento de las arenas depositadas, los desarenadores para plantas de tratamiento de agua negra que provienen de un alcantarillado combinado, debe de tener como mínimo 2 unidades para cuando su limpieza sea manual o una unidad de limpieza mecánica provista de una derivación auxiliar.

Se puede disponer de cierta variedad de unidades de limpieza mecánica que elimine las arenas por medio de cangilones estando en operación normal el desarenador. Estas unidades requieren de menor espacio para el almacenamiento de las arenas, que las unidades de operación manual.

Lavado de las Arenas. Las arenas contienen materia orgánica en pequeña proporción que se descompone y origina malos olores. Para que se facilite su eliminación, la materia orgánica es eliminada de las arenas por medio del lavado, regresando ésta a las aguas negras.

CANTIDAD DE ARENAS. Esta cantidad depende del tipo de sistema de alcantarillado, del estado de sus líneas y de otros factores. Las aguas negras estrictamente domésticas que se colectan en alcantarillados bien construidos, contendrán muy poca arena mientras que las aguas negras combinadas arrastrarán grandes volúmenes de arena en épocas de fuertes temporales.

OPERACION: Los desarenadores de limpieza manual que se usen con aguas negras combinadas, deben limpiarse después de cada temporal fuerte. En condiciones normales de trabajo deben asearse cuando las arenas llenen del 50 al 60% de su capacidad.

Cuando se usen unidades de limpieza mecánica, deben limpiarse a intervalos regulares para evitar una carga indebida sobre el mecanismo de limpieza.

ELIMINACION DE MATERIAL. El material retenido en las rejillas y el desarenador se descomponen rápidamente produciendo olores desagradables, este material se debe recolectar en botes cubiertos junto a las cribas retirándose diariamente para enterrarse o incinerarse.

Las arenas que contengan mucha materia orgánica pueden enterrarse para impedir las molestias que ocasiona su olor.

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

- 1.- Una mayor eliminación de los sólidos suspendidos en los tanques de sedimentación.
- 2.- Ayudar a la eliminación de grasas y aceites que arrastren las aguas negras.
- 3.- Refrescar las aguas negras sépticas, antes de darle un tratamiento.
- 4.- Disminuir la demanda bioquímica de oxígeno.

III.4.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

Los dispositivos que se utilizan en el tratamiento primario, están diseñados para retirar de las aguas negras los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables.

Los principales dispositivos para el tratamiento primario son los tanques de sedimentación algunos de los cuales, tienen la función de descomponer los sólidos orgánicos sedimentados.

TANQUES DE SEDIMENTACION SIMPLE. Su función principal es la de separar los sólidos sedimentables de las aguas negras mediante la sedimentación, teniendo que desalojarlos en intervalos cortos para evitar la descomposición de éstos o la formación de gases.

Los sólidos pueden acumularse en tolvas o en el punto más bajo del tanque donde se remueven por bombeo o presión hidrostática.

TANQUE SEPTICO. El tanque séptico, es uno de los más antiguos dispositivos de tratamiento que se han utilizado su diseño, mantiene a las aguas negras a una velocidad baja y en condiciones anaerobias en un período de 24 hrs. como máximo, durante el cual, se efectúa la eliminación de los sólidos sedimentados; estos se descomponen en el fondo del tanque, produciendo gases que arrastran a los sólidos obligándolos a salir a la superficie; permaneciendo en una capa llamada "nata" hasta que escapa el gas y vuelve a sedimentarse.

Debido a los grandes períodos de retención y a la mezcla con los sólidos, las aguas negras salen en un estado séptico que dificulta el tratamiento adecuado.

TANQUES DE DOBLE ACCION. Estos tanques se idearon para corregir los defectos del tanque séptico de la siguiente forma:

- 1.- Impedir que los sólidos que se han separado de las aguas negras se mezclen nuevamente con ellas, permitiendo la retención de estos sólidos para la descomposición en la misma unidad.
- 2.- Proporcionar un efluente aceptable para un tratamiento posterior.

El contacto entre las aguas negras y los lodos que se digieren anaeróticamente, queda prácticamente eliminado y disminuye el período de retención en el tanque.

Los tanques más utilizados son: El tanque Imhoff y el tanque de sedimentación simple.

III.4.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

En muchos casos resulta adecuado el tratamiento primario con la eliminación de un 40 a un 70% de sólidos suspendidos y la disminución del 70 al 90% de la DBO, así como la eliminación del material flotante de las aguas negras. Sin embargo si el tratamiento primario no es suficiente, existen varios métodos de tratamiento secundario que pueden aplicarse; entre ellos los más comunes son: los filtros goteadores y los lodos activados; estos dependen de los organismos aerobios para llevar a cabo la descomposición, existiendo en estos métodos una diferencia.

En los filtros goteadores, los organismos están adheridos al medio filtrante y hacia ellos va el material orgánico, en cambio, en los lodos activados, son los organismos los que llevan la materia orgánica a las aguas negras. En estos casos, el éxito se basa en mantener las condiciones aerobias ambientales favorables para el ciclo de vida del organismo y en controlar la materia orgánica que descomponga.

Como los filtros goteadores sólo alteran las características de los sólidos de las aguas negras, el efluente contiene sólidos suspendidos que se deben eliminar, antes de que se disponga de él por descarga en aguas receptoras. Para esto, se utilizan los tanques de sedimentación secundaria, semejante a los utilizados en el tratamiento primario.

El proceso de lodos activados, se emplea generalmente después de la sedimentación simple. Las aguas negras contienen sólidos suspendidos y coloidales de manera que, cuando se agitan en presencia del aire los sólidos suspendidos forman núcleos donde se desarrolla la vida biológica, pasando gradualmente a formar partículas más grandes de sólidos que se conocen como: lodos activados.

El proceso de lodos activados consiste en:

- 1.- Mezclado de lodos activados con las aguas negras a tratar (licor mezclado). Es importante que los lodos activados recirculados se mezclen bien con las aguas negras, esto se realiza generalmente agregando los lodos a las aguas negras en la alimentación del tanque de aeración donde la agitación produce un mezclado rápido y satisfactorio.
- 2.- Aeración y agitación del licor mezclado durante el tiempo necesario. Con la aeración se obtiene el mezclado de los lodos recirculados con las aguas negras, mantener los lodos en suspensión por la agitación de la mezcla, y el suministro de oxígeno que se requiere para la oxidación biológica. El aire se agrega generalmente por el sistema de aeración por difusión, por presión o mecánica.
- 3.- Separación de los lodos activados del licor mezclado. Antes de disponer de las aguas negras tratadas con lodos activados, es necesario separar el lodo activado. Esta separación se realiza en tanques de sedimentación secundaria o final, estos tanques son similares a los utilizados en la sedimentación primaria.
- 4.- Recirculación de la cantidad adecuada de los lodos activados para su mezcla. La cantidad de lodos utilizados en el tanque de aeración debe ser la suficiente para producir la purificación deseada en el tiempo disponible para su aeración, debido a las variaciones en las características y concentración de las aguas negras la cantidad de lodos recirculados varía entre 10 y 50% del volumen del agua negra a tratar.
- 5.- Disposición del exceso de lodos activados. El exceso de estos lodos se trata y dispone junto con los lodos de los tanques de sedimentación primaria.

LAGUNA DE OXIDACION

Son estructuras sencillas de tierra abiertas al sol y aire. Aparte de las lagunas de almacenamiento en industrias donde se colecta el agua residual para su disposición, existen otras lagunas que se definen como:

- 1.- Lagunas Aerobicas; son en las que las sustancias degradables, suspendidas y disueltas, se estabilizan por la acción microbiana aeróbica en la que se introduce oxígeno por fotosíntesis o por aeración mecánica.
- 2.- Laguna Anaeróbica; son en las que las sustancias degradables, se estabilizan por la acción microbiana anaeróbica.
- 3.- Laguna Hetero-Aeróbica; son las que, las sustancias degradables utilizan microorganismos mixtos debido a los cambios de condición de la laguna.

Las lagunas de estabilización se pueden utilizar para:

- a) Estabilización de las aguas residuales crudas y su tratamiento completo.
- b) Oxidación de aguas residuales sedimentadas sujeta a tratamiento secundario
- c) Evitar los malos olores que se desprenden de la oxidación; se colocan antes de las lagunas aeradas.
- d) La remoción de fósforo y nitrógeno para protección de las aguas receptoras.

III.4.4 CLORACION DE LAS AGUAS NEGRAS

La cloración de las aguas negras consiste en la aplicación del cloro para lograr determinados propósitos. El cloro se puede utilizar en forma de gas, solución acuosa o en forma de hipocloritos

Su utilización en las aguas negras es controlado por dispositivos llamados cloradores.

El cloro es una sustancia que reacciona con diversos compuestos, en función de la cantidad de cloro aplicada tendrá las siguientes reacciones:

- a) En una pequeña cantidad reacciona con el amoniaco produciendo cloraminas.
- b) En mayor proporción reacciona con el ácido sulfhídrico y el óxido ferroso.

- c) Añadiendo una mayor cantidad reacciona con la materia orgánica presente.

PROPOSITOS DE LA CLORACION

El cloro se agrega a las aguas negras para los siguientes propósitos:

- 1.- Ningún tratamiento primario o secundario de agua negra puede eliminar completamente las bacterias de ésta. Cuando las aguas negras o los efluentes de sus tratamientos se descargan en masas de agua que van a usarse, se requiere de un tratamiento para eliminar los organismos patógenos a fin de que sean mínimos los peligros para la salud de las personas, debido a la contaminación de las aguas receptoras. A este proceso se le llama desinfección.
- 2.- Para prevenir la descomposición del agua negra en lugares donde las alcantarillas son muy largas, provocando la descomposición de la materia orgánica, no es necesario agregar el cloro para satisfacer la demanda, sino el suficiente para retardar la descomposición de la materia orgánica.

La descomposición del agua negra puede llegar a la producción de ácido sulfhídrico pero en los sitios donde se localiza, los olores no constituyen problema; si esto ocurre en una estación de bombeo o en las alcantarillas interceptoras o en la planta de tratamiento puede ocasionar una seria corrosión, esto se evita con una suficiente cloración, para prevenir la formación del ácido o para su destrucción si ya se ha formado.

- 3.- Para el espesamiento de lodos, el exceso de lodos activados o de los propios de las aguas negras que entran en la planta de tratamiento, pueden ser concentrados en los tanques de retención o en espesadores antes de bombearse al digestor. Si se mantiene el cloro residual de 1.0 mg/l, en el líquido sobrenadante del concentrador se impide que los lodos se vuelvan sépticos en el proceso de retención.

- 4.- Para mejorar el proceso de operación de la planta, en la sedimentación la recloración del influente del tanque de sedimentación, rara vez se practica para obtener un mayor rendimiento generalmente, ese beneficio va ligado al uso de la percloración para lograr algún otro propósito; sin embargo cuando puede escogerse el punto de aplicación del cloro, conviene tener presente que, como regla general, se logra una mejor sedimentación obteniendo lodos más pesados cuando se practica la percloración del influente.

Los olores molestos que se desprenden durante la distribución del agua negra sobre un filtro goteador, se controla generalmente con una cloración del influente en el tanque primario. Cuando esto no se puede hacer los olores se controlan clorando el tanque dosificador; esta cloración es exclusivamente para destruir los olores.

Cuando el abultamiento de lodos activados es causado por una sobrecarga, se ha logrado con cierto éxito disminuirlo mediante una cloración en el proceso de aeración. Se acostumbra hacer la cloración del influente en el sedimentador primario a modo que se obtenga cloro residual de 0.1mg/l.

Para disminuir o demorar la demanda bioquímica de oxígeno, se clora el agua negra para que produzca cloro residual de 0.2 a 0.5 mg/l; después de 15 minutos de contacto puede hacer que disminuya la DBO de un 15 a 35% de las aguas negras, generalmente se logra una disminución de 2 mg/l de DBO en 5 días por cada mg/l de cloro que se necesita para producir cloro residual.

III.4.5 TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE LOS LODOS

Los lodos de las aguas negras, son una mezcla de aguas negras y sólidos sedimentados. Por su origen reciben el nombre de primarios y secundarios, el exceso de lodos activados por su estado o tratamiento recibido se les denomina crudos o frescos, digeridos, elutriados, húmedos o secos, estos son los nombres más comunes y pueden usarse combinados.

Como se hace con la parte líquida de las aguas negras, se debe disponer también de los sólidos contenidos en los lodos; estos lodos deben someterse a algún tratamiento que modifique sus características para que se pueda disponer de ellos sin poner en peligro al ser humano.

RAZONES PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS

Los lodos se tratan para facilitar su disposición los tratamientos tienen que:

- 1.- Disminuir el volumen del material que va a ser manejado por la eliminación de la porción líquida y
- 2.- Descomponer la materia orgánica putrescible, a compuestos orgánicos e inorgánicos relativamente estables que se puedan separar del agua con mayor facilidad. A este proceso se le llama digestión, con lo cual se disminuye el total de sólidos.

COMPOSICION DE LOS LODOS

La cantidad y disposición de los lodos depende de las características de las aguas de donde se retirarán y del tratamiento por medio del cual se hayan obtenido.

METODOS DE TRATAMIENTO DE LOS LODOS

El tratamiento de lodos son aquellos métodos o procesos que se emplean en una planta hasta la disposición final de los productos del proceso de tratamiento que pueden ser:

Espesamiento.- Consiste en concentrar los lodos diluidos para hacerlos más densos en tanques especialmente diseñados. Su uso se limita al exceso de lodos acuosos del proceso de lodos activados y a las plantas grandes de este tipo en las que los lodos se mandan directamente a los digestores en vez de ir a los tanques primarios; se utiliza también para concentrar lodos de los tanques primarios o una mezcla de éstos y el exceso de lodos activados anterior a la digestión en gran escala.

Digestión con o sin calentamiento.- La digestión es lograr la descomposición de la materia orgánica putrescible hasta formar compuestos orgánicos estables. Con excepción de los tanques sépticos y los de doble acción, la digestión se lleva a cabo en tanques separados que se usan únicamente para este fin.

Se ha comprobado que la digestión de los lodos tiene lugar casi a cualquier temperatura que normalmente se encuentre; pero el tiempo que se tarda en completar la digestión varía con la temperatura. Si las variaciones son muy bruscas puede ser perjudicial.

Secado sobre lecho de Arena.- Aún en el mejor de los casos los lodos más concentrados de un digestor contienen demasiada agua para que se pueda disponer de ellos. El lecho secador es un dispositivo que elimina una cantidad de agua para que se pueda manejar como material sólido con un contenido de humedad menor al 70%.

Acondicionamiento Químico.- El acondicionamiento de los lodos por medios químicos los prepara para un mejor tratamiento ulterior con filtros al vacío. Se han empleado diversos productos químicos como el ácido sulfúrico, el alumbre, el sulfato ferroso, el cloruro férrico con o sin cal y otros más. El factor determinante para su utilización es el costo de estos productos.

Elutriación por lavado.- Esta palabra tiene como significado la purificación por lavado. En el tratamiento de lodos significa extraer de los lodos por medio de agua los compuestos amoniacales que se encuentran en cantidades excesivas para disminuir la demanda de coagulantes. Esta se utiliza como un pretratamiento antes de la coagulación con productos químicos; se lleva a cabo mezclando los lodos con agua por un corto periodo de tiempo inferior a 20 seg.

Filtración al vacío.- Se emplea para eliminar el agua de lodos utilizando un tambor giratorio alimentado de los tanques de depósito de aguas negras, adhiriendo al tambor una capa de lodo, la que debe retirarse antes de que el tambor se vuelva a introducir al agua.

Secado por calentamiento.- Cuando los lodos se van a utilizar en la fabricación de fertilizantes, el contenido de humedad debe de disminuirse hasta el 10%, cifra inferior a la que normalmente se logra en los lechos filtrantes o en la filtración al vacío. Si los lodos van a ser incinerados deben secarse hasta el punto que puedan encenderse y quemarse. Para este fin se emplea el secado por calentamiento utilizando:

- 1.- El horno secador rotatorio, para lodos deshidratados procedentes de los filtros al vacío.
- 2.- El secador instantáneo. La torta (capa) de lodo obtenida de la filtración al vacío se mezcla con lodos previamente secados, este secado se hace por medio de un molino de martillos donde las partículas de lodos se secan casi instantáneamente a medida que se dispersan y mantiene en suspensión en una corriente de aire caliente, las partículas de lodos así obtenidas pasan a un separador de lodos donde es separado de los gases cargados de humedad estos lodos, se pueden quemar o utilizar como fertilizantes.

- 3.- El secador de pulverizadores, consiste en una torre caliente por la que pasa hacia abajo una corriente de gases calientes. El agua de las partículas se evapora y sale con los gases calientes cayendo al fondo de la torre los sólidos secos, el polvo arrastrado se aparta por medio de un separador de polvos que se quemán o utilizan como fertilizantes.
- 4.- El horno de hogar múltiple. Este es considerado como un secador por calor y como incinerador debido a que, parte de la unidad se usa para secar los lodos por medio de calor, lo cual es necesario antes de incinerarlos. Generalmente, los lodos parcialmente deshidratados como la torta de filtrado al vacío, alimentan el hogar superior. Secándolos superficialmente por los gases calientes que llegan de los hogares inferiores. Estos lodos se bajan al siguiente hogar mediante cepillo rotatorios hasta que entran en ignición y se consumen.

La incineración de los lodos, se considera como un método para la disposición de éstos, todos los tipos de lodos pueden ser secados e incinerados.

Oxidación Húmeda.- (O proceso de Zimmerman), en este proceso, los lodos de las aguas negras desmenuzados al ser forzados a pasar por una abertura de 6.3 mm; se precalientan en un tanque mezclador estos gases, se pasan por cambiadores de calor que aumentan la temperatura de los lodos, éstos entran en un reactor donde se combina con el aire la materia orgánica se oxida al entrar en contacto con el oxígeno existente en el aire, hasta hacerse cenizas liberando calor. El efluente del reactor cede su calor a los lodos alimentadores.

DISPOSICION DE LOS LODOS

Debe de darse una disposición final a todos los lodos de las aguas negras que se produzcan en una planta de tratamiento. Los procesos de tratamiento ya descritos disminuyen su volumen o cambian sus características, facilitando su disposición pero queda un residuo que debe de ser eliminado de la planta de tratamiento.

Su eliminación puede hacerse en agua o en tierra esto es válido, independientemente de que hayan sido tratados o no para facilitar el método de disposición elegido.

La eliminación en agua depende de la disponibilidad de agua que los reciba.

En la disposición de los lodos en tierra se emplean los siguientes métodos:

- a) Enterrado
- b) Relleno
- c) Como fertilizante o acondicionador de suelos

a) Enterrado. Este método se emplea principalmente para lodos crudos, donde no causen molestias por el olor. Cuando se disponga de grandes superficies de terreno el enterrado de los lodos crudos es quizá el más económico para disponer de éstos, ya que eliminan el proceso de tratamiento, sin embargo, rara vez se emplea, tomándose como recurso provisional, debido a la superficie de terreno que se requiere.

b) El empleo de los lodos como material de relleno, se limita exclusivamente a los lodos digeridos los cuales, pueden quedar a la intemperie sin producir molestias por el olor. Los lodos deben estar bien digeridos y sin cantidades apreciables de lodos crudos o no digeridos mezclados con ellos.

c) El lodo de las aguas negras contiene muchos elementos esenciales para la vida vegetal como el nitrógeno, el fósforo, el potasio, además contienen nutrientes menores que se consideran indispensables en el crecimiento de las plantas como el boro, calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso y el cinc. De hecho algunas veces se encuentran en concentraciones tales que pueden afectar a la vida vegetal, lo que puede ser debido a los desechos industriales.

El humus de lodo, además de proporcionar alimento a los vegetales, beneficia al suelo, aumentando su capacidad de retención de agua y mejorando su calidad para el cultivo, haciendo posibles labores agrícolas en suelos pesados que se transforman en buenas sementeras, disminuyendo la erosión del suelo.

CAPITULO IV

CAPITULO IV

DISTRITOS REGIONALES DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

La eliminación de los desechos de la población e industrias, ha provocado que los ríos se enfrenten con problemas muy graves en su flora y en su fauna. Este problema viene de hace mucho tiempo ya que los desechos se han vertido directamente a los ríos, sin que inicialmente se ocasionara ningún problema; estos desechos eran pocos y se podían recuperar los ríos en un tiempo determinado, pudiéndose utilizar nuevamente el agua de ellos.

En esta Epoca, la disposición anárquica y el aumento de volumen de los desechos, ha provocado que los ríos no puedan recuperarse y no poder utilizar el agua; debiendo de tomar otras medidas para evitar este problema.

Una de las soluciones, sería el de proponer a cada industria y/o persona que le dé un tratamiento al agua residual, colocando una planta de tratamiento para cada industria lo que provocaría que:

a) Las condiciones económicas de algunos sectores, así como de los municipios, podrían presentar un grave problema para construir, mantener, administrar y operar en forma independiente, un sistema de tratamiento.

b) La construcción de un gran número de plantas de tratamiento en toda la república, cuyo efluente debe de ser controlado por el organismo oficial encargado ocasionando un aumento en los gastos de administración, operación y mantenimiento.

Consciente del problema anterior, la S.A.R.H. ha realizado estudios para crear un sistema integrado por unidades llamadas: Distritos de Control de Calidad del Agua, que tienen como finalidad controlar la calidad del agua en la zona.

Los distritos se formarán como organismos federales o estatales y contarán en su consejo de administración con representantes de los usuarios municipales e industriales.

Estos distritos tienen autoridad para planear, construir, operar y mantener los sistemas de control de la contaminación del agua; estos sistemas recibirán el agua residual para su tratamiento; generada por los núcleos urbanos e industriales, teniendo que buscar una forma de financiamiento.

De esta manera se realizan los estudios necesarios para clasificar las regiones en función de sus características municipales y económicas.

El control de la contaminación del agua requiere de medidas para los diferentes aspectos en que se puede presentar este problema. Un punto importante en el que se deben basar todos los problemas es: el de aprovechar lo mejor posible los recursos de que se dispone, ya sean públicos o privados, para lograr un mejor control de éstos. En México, los programas de control están determinados por el Reglamento para la Prevención y control de la Contaminación de Aguas (Marzo de 1973).

El programa contenido en el Reglamento, comprende tres etapas de aplicación:

1a. Un inventario de las descargas de aguas residuales a excepción de las provenientes de las casas habitación.

2a. El tratamiento primario de las descargas que sobrepasen los límites de pH, temperatura, grasas y aceites, materia flotante y sólidos sedimentables.

3a. La clasificación de los cuerpos receptores en función de sus usos y el establecimiento de normas o condiciones especiales de calidad, a las aguas residuales que se descarguen en los cuerpos ya clasificados.

Con el propósito de fijar las prioridades de acción para el control de la contaminación del agua en México, en 1973 se realizaron estudios de las condiciones de contaminación de las cuencas del país.

Por el gran número de cuencas con que cuenta el país, se determinó que su ejecución se llevara a cabo en tres etapas que facilitarían los trabajos a desarrollar con el fin de aprovechar mejor el agua. Estos estudios nos proporcionan una ordenación de las cuencas de acuerdo a sus prioridades de atención.

De estos estudios se clasificaron las cuencas como: cuencas de tercer orden: las cuencas que no presentan problemas de contaminación en un periodo mayor de 10 años. Las cuencas de segundo orden son aquellas cuencas que pueden presentar problema en un periodo menor a 10 años y las cuencas de primer orden son aquellas que actualmente tienen problemas de contaminación de sus aguas, debiéndose de tomar medidas urgentes para su control.

IV.1 REGIONALIZACION DEL PAIS

Como esta clasificación se realizó a nivel nacional y se basa en una serie de indicadores, los trabajos se realizaron tomando en cuenta una regionalización del país, con el fin de facilitar la localización de las cuencas, ríos, industrias y todos los datos relacionados con la contaminación del agua.

La regionalización del país, quedó establecida en ocho regiones que encierran a una o varias regiones hidrológicas, denominándose regiones de contaminación las cuales son:

REGION NORTE PENINSULAR. Formada por la península de Baja California, con dos núcleos de alta densidad poblacional, uno en el norte que comprende a las siguientes ciudades: Tijuana, Mexicali, Tecate y Ensenada, y otro en el sur, en la ciudad de la Paz.

REGION NOROESTE. Formado por los estados de Sonora, Sinaloa y el norte de Nayarit; esta región cuenta con una economía basada en la agricultura de riego. En algunos distritos se cuenta con una mayor tecnología, cuyas aguas de retorno de riego, que contienen plaguicidas, descargan directamente al mar.

REGION NORTE CENTRO. Comprende a la altiplanicie septentrional en Chihuahua, Coahuila y el Bolsón de Mapimí, en el centro el Salado de san Luis y las regiones llanas y altas de Zacatecas, Durango y la sierra Tarahumara. Las descargas debidas a los procesos de lavado de minerales es su principal característica en la contaminación del aguas.

REGION NORESTE. Está formado por las regiones de Nuevo Laredo, Anáhuac, Cerralvo-Sabinas, Hidalgo-Chica, Valle Matamoros, Montemorelos, Linares, Tamaulipas, Ciudad Victoria, El Monte, Valle, Piedras Negras, Nueva Rosita, Monclova y Monterrey. Esta región cuenta con una siderúrgica, predominando la agricultura de riego con tecnología avanzada e industria petroquímica.

REGION CENTRO. Cuenta con los centros urbanos del distrito Federal, Puebla, Guadalajara, Toluca, Querétaro, Cuernavaca, además cuenta con un gran porcentaje de producción industrial, está región es de alta potencialidad contaminante.

REGION GOLFO SUR. Abarca casi todas las tierras tropicales desde las Huastecas hasta Tabasco y suroeste de Campeche; cerca del 90% de la producción petrolera del país, se obtiene de esta región. Los centros industriales y la industria azucarera son de gran importancia en la contaminación de las aguas.

REGION PACIFICO SUR. Cuenta con dos regiones importantes como son: Los Valles de Oaxaca y Tabasco y la de Tehuantepec.

REGION SUR PENINSULAR. Esta formada por la costa de Campeche, Mérida, Valladolid, Tizimin y Chetumal. cuenta con plantaciones de henequén, así como con la industria derivada de esta materia además de industrias alimenticias y cerveceras.

IV.2 ESTUDIOS BASICOS

Los estudios de apoyo para las diferentes etapas que se realizaron fueron los siguientes:

1.- Recopilación de información: estudios sobre la hidrología de la región de la población de cartografía industrial, agrícola y ganadera de comercio y de los servicios a la población como el abastecimiento de agua, volúmenes de desecho de agua residual y los datos relacionados con aspectos de contaminación de agua, todos los estudios se ordenaron y procesaron para su utilización.

2.- Elaboración de planos. Se elaboraron 34 planos de la República que contiene la siguiente información: localización de cuencas hidrográficas, regiones hidrológicas, división municipal, localidades mayores de 10,000 habitantes, división estatal, principales ríos, estaciones hidrométricas, localización de distritos de riego y zonas ganaderas, así como la localización de las principales industrias, cerveceras, harinas de pescado, petroquímicas, etc.

IV.3 DESARROLLO DE LAS ETAPAS

En la primera etapa se seleccionaron el mayor número de cuencas posibles, que son en total 218, estas cuencas representan el 92% de los ríos existentes en el así, el 81% del volumen escurrido, el 95% de la producción nacional, el 98% de la población existente, y el 84% del territorio nacional⁽⁸⁾.

El estudio de estas cuencas se desarrolló en base de los siguientes factores: físicos, económicos y sociales de cada una de las cuencas, obteniendo como resultado la región hidrológica a la cual pertenecen municipios o parte de municipios que encierra el área total; número de localidades con más de 10,000 habitantes, calculando la población de cada cuenca rural o urbana, así como la densidad de población correspondiente.

Además, de los datos obtenidos se calculó el volumen medio anual de escurrimiento, por medio de los boletines hidrológicos y de las estaciones hidrométricas existentes en cada cuenca en un período de 5 años, señalando las estaciones hidrométricas de donde se basaron los estudios y el municipio donde se localizan. En el caso de las cuencas donde no se cuenta con la estación hidrométrica, se determina el volumen de escurrimiento en función de su precipitación, afectado por su coeficiente respectivo, para cada región hidrológica.

Señalándose en cada cuenca a nivel municipal el valor de la producción agrícola, pecuaria e industrial, con el fin de determinar el valor de la producción bruta de la cuenca, además se localiza los municipios con servicio de alcantarillado y la población que tiene este servicio.

INDICADORES

FISICO.- Se considera cuenca de tercer orden la que tenga una disponibilidad de agua de más de $2,000\text{m}^3$ por habitante por año, que equivale a una dotación de $5.43\text{ m}^3/\text{hab}/\text{día}$ ⁽⁸⁾, observando que este volumen proporciona una buena dilución de los desechos líquidos de persona y mantiene en el agua receptora un valor de oxígeno disuelto cercano al de saturación.

SOCIAL.- Se considera cuenca de tercer orden aquellas que tengan una población menor a $150,000$ ⁽⁸⁾ habitantes, también las poblaciones que tengan una densidad menor de 5 habitantes por km^2 .

ECONOMICO.- Son cuencas de tercer orden las que tengan una producción industrial menor de 220 millones de pesos (corrientes a 1980), que representan menos del 8% del Producto Nacional Bruto y menos del 14% de la producción industrial del país. Otro indicador es la producción agrícola en base al número de hectáreas de riego, considerando las cuencas que tengan menos de 1,000 Ha.

De acuerdo a los estudios anteriores, se clasificaron 164 cuencas como de tercer orden ya que presentaban una o más características que a continuación se enuncian:

- a) Disponibilidad de agua mayor de $2,000\text{ m}^3/\text{hab}/\text{año}$
- b) Producción Bruta Industrial menor de 220 millones de pesos que es menor de 8% P.N.B. y menos del 15% P.I.
- c) Población total menor de 150,000 habitantes.
- d) Superficie bajo riego menor de 1,000 Ha.

Estas cuencas representan el 70% de las cuencas existentes en el país, el 6% de la población, el 7% de la producción nacional, el 14% del volumen escurrido en los ríos y el 19% del Territorio Nacional.

Las cuencas se clasificaron de acuerdo a sus necesidad de atención que se puede presentar en aspectos de contaminación de aguas, logrando colocarlas de acuerdo a la siguiente expresión:

$$C = \frac{P + Pe}{V} \left(\frac{PI}{A} \right)$$

Donde:

- C = Es el valor que nos da la prioridad de la cuenca.
- P = Población total de la cuenca.
- Pe = Población equivalente debida a la industria localizada en la cuenca, número de personas que trabajan en la localidad.
- PI = Valor de la producción industrial en miles de pesos
- V = Volumen de escurrimiento en millones de m³ anuales.
- A = Area de la cuenca en Km².

Ya que la contaminación de las aguas es directamente proporcional al número de habitantes de la cuenca, a la población equivalente y al valor de la producción industrial e inversamente proporcional al volumen escurrido y al área de la cuenca.

El valor mayor obtenido es la prioridad que se debe de tener para prevenir la contaminación de las aguas.

IV.3.1 DESARROLLO DE LA SEGUNDA ETAPA

En esta etapa se estudian las 54 cuencas restantes, que por sus características particulares es necesario considerarlas con mayor profundidad, observando varios indicadores que muestran las condiciones reales de contaminación del agua. Estas cuencas representan el 22% de las existentes en el país, el 92% de la población, el 88% de la producción Nacional, el 67% del escurrimiento de los ríos y el 65% del área de la República Mexicana (9).

En esta etapa se realizaron estudios de la carga orgánica diaria debida a la población y a la industria, los volúmenes de escurrimiento de la corriente receptora y el valor de la producción bruta de la cuenca, estos indicadores nos muestran la carga orgánica por unidad de volumen de escurrimiento, este valor, así obtenido se multiplica por el valor de la producción de la cuenca en miles de pesos, lo cual nos representará la carga orgánica existente, su concentración en el agua y la importancia relativa a la producción de cada cuenca.

La carga orgánica producida por la población, se calcula en base de 534 gr/hab./día⁽¹⁰⁾, la carga orgánica producida por la industria se obtuvo mediante la producción en miles de pesos de descarga por cada mil pesos producidos, este coeficiente es proporcionado por el Plan Nacional Hidráulico. Con el volumen de descarga de cada industria se realizaron estudios de la calidad del agua, por la dirección General de Protección y Ordenación Ecológica de la S.A.R.H., para obtener el valor promedio de la DBO en mg/lt., para cada una de las industrias, con lo cual se obtiene la carga orgánica total por industria.

El volumen de escurrimiento considerado es el de la estación hidrométrica más cercana, tomando el gasto medio mínimo mensual en los últimos cinco años. Este gasto se utiliza para encontrar las condiciones críticas, cuando se presenta un gasto con un factor menor de dilución.

El valor bruto de la producción se obtuvo sumando la producción de cada municipio que integra la cuenca.

De esta forma se analizaron las cuencas que pasan los límites establecidos para las cuencas de tercer orden.

Para definir las cuencas de primer orden, el principal aspecto que se consideró fue el de la carga orgánica. Estableciendo las cuencas que tuvieran una cantidad mayor al 75% de la carga orgánica total de las cuencas analizadas. Dando como resultado, que esta carga la cubrían 11 cuencas, a las cuales se les considera como de primer orden y las restantes de segundo orden.

La prioridad que se obtiene para cada cuenca, se analizó por medio de los factores físicos que presenta, los factores económicos y los factores sociales con respecto a su contaminación de aguas, considerando el factor principal, la concentración de la carga orgánica en el río multiplicado por el valor de la cuenca.

IV.3.2 DESARROLLO DE LA TERCERA ETAPA

En esta etapa se analizaron las cuencas que provocaban el 75% de la carga orgánica total, considerándolas como de primer orden; de estas cuencas se determinó la prioridad con que se debían de tomar las medidas para el control de la calidad del agua; de esta manera se clasificaron en función de su carga orgánica producida por las descargas municipales así como de las industrias.

Las cuencas seleccionadas como de primer orden y por prioridad son las siguientes:

- 1.- Pánuco
- 2.- Lerma
- 3.- Balsas
- 4.- Blanco
- 5.- Guayalejo
- 6.- San Juan
- 7.- Culiacán
- 8.- Fuerte
- 9.- Coahuayana
- 10.- Nazas
- 11.- Conchos.

En éstas, se analizaron las localidades que cuentan con una población mayor a 30,000⁽¹⁰⁾ habitantes, con servicio de alcantarillado y que tiene una producción industrial mayor a 50⁽¹⁰⁾ millones de pesos anuales, (Corrientes a 1973).

Con estas características se analizaron 98 localidades, de donde seis corresponden a las cuencas de primer orden. En estas localidades, se cuenta con las industrias más contaminantes como son las refinerías de petróleo, donde se deben de valorar las descargas de aguas residuales y su comportamiento con las grasas y aceites con el agua receptora, ordenándose de acuerdo a la cantidad de contaminantes y el volumen de dilución, determinando las siguientes refinerías que necesitan tomarse medidas que ayuden a sus cuenca, esta son:

- 1.- Salamanca
- 2.- Minatitlán
- 3.- Poza Rica
- 4.- Madero
- 5.- Reynosa
- 6.- Atzacapotzalco
- 7.- Tula

IV.4 ASPECTOS GENERALES PARA LA CONSTITUCION DEL DISTRITO

Una vez determinadas las cuencas prioritarias, es necesario el estudio de las zonas con problemas en su vertido de desechos, estas zonas a las que se llamará distritos, deben de tener las siguientes características; que sean zonas de poca extensión y deberá abarcar el mayor número de usuarios posibles.

Se solicita a la dependencia oficial encargada, que fije las condiciones particulares de descarga (C.P.D.) a cada usuario del sistema. Estas C.P.D fijadas, servirán como base a un estudio de gran visión.

En el estudio a gran visión, se propondrán un gran número de alternativas de solución para el distrito. Estas alternativas deberán tener un estudio de tratabilidad de descargas en laboratorio, que se realizará de acuerdo a la experiencia obtenida en otras plantas y literatura especializada, seleccionado las mejores alternativas para la realización del anteproyecto.

En caso de que las alternativas fuesen pocas, se podrían evitar el estudio a gran visión y realizar el anteproyecto de estas.

El anteproyecto de las alternativas seleccionadas, es la disposición de las estructuras del sistema en forma subjetiva y a que será la base para un estudio definitivo posterior.

Se obtendrá el anteproyecto de los diferentes aspectos del distrito como son: Obra Civil, obra electromecánica, y obra hidráulica en construcción de sus diferentes etapas.

Operación, se proponen los diferentes esquemas operacionales así como los gastos de energía y reactivos para la operación del sistema y mantenimiento.

Con los anteproyectos obtenidos, se propone el establecimiento del Distrito de control, como organismo legal y organizativo, éste será en forma esquemática y preliminar, el personal encargado podrá ser permanente; si ocurre estos se obtendrá también su costo en anteproyecto.

Se determinará la plantilla administrativa del distrito, para el control de los usuarios y sus descargas; ésta encargada en forma permanente del funcionamiento del distrito calculando su antepresupuesto.

Se investigará en forma documental las fuentes de financiamiento posibles, así como sus condiciones de crédito, estas fuentes de crédito podrán ser instituciones bancarias nacionales o internacionales.

Procediendo a evaluar las alternativas con las posibles fuentes de financiamiento; (así como la obtención de tarifas preliminares para la selección de la mejor alternativa). Esta evaluación podrá ser una sola fuente o combinación de ellas.

Con este aspecto, se terminan los estudios de factibilidad para el establecimiento del Distrito de Control de la Calidad del Agua y hasta aquí será parte esencial de esta tesis, los demás aspectos, que a continuación se describen, serán parte ya de la ejecución del distrito como son:

IV.4.1 MANIFESTACION DE LA VOLUNTAD DE LOS USUARIOS PARA CONSTITUIRSE EN DISTRITO

Definición de la alternativa técnica.

Proyecto ejecutivo, en el cual debe incluir un estudio afinado de tratabilidad y un estudio piloto si es necesario.

Presupuestos definitivos a precios corrientes de obra civil, obra electromecánica y obra hidráulica, operación, mantenimiento, administración.

Con el presupuesto, se solicitarán a las instituciones bancarias los préstamos y condiciones de crédito para la ejecución del proyecto.

Evaluación de las fuentes de crédito así como las tarifas que se deberán pagar a cada fuente o fuentes de crédito, seleccionando la mejor opción y la aceptación de su tarifa.

Ejecución del proyecto que es la construcción del distrito en su primera etapa.

Operación, es el inicio de actividades en el distrito como son: captación de descargas, tratamiento, vertido de agua tratada, disposición de desechos y cobro de tarifas a usuarios del distrito.

C A P I T U L O V

CAPITULO V

CRITERIOS TARIFARIOS EN LOS DISTRITOS DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

V.1 OBTENCION DE LAS TARIFAS PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Determinados los distritos de control de la calidad del agua, es necesario obtener criterios para el cobro de tarifas a los usuarios del distrito.

Estas tarifas se calcularán de acuerdo a los antepresupuestos obtenidos de las alternativas técnicas seleccionadas.

En el capítulo anterior, se establecieron las cuencas de prioridad en México, cómo localizar Distritos de control y se establecieron los anteproyectos de las alternativas proponiendo la forma de buscar fuentes de financiamiento posible.

En este capítulo, se propondrán criterios para el cálculo de tarifas, de acuerdo con las alternativas técnicas y factibilidad de financiamiento. Se deberá tomar en cuenta las condiciones de los usuarios ya que éstos son los que deberán cubrir los costos del sistema, que deberá ser autofinanciable; los municipios que se encuentren en el distrito deberán cubrir su cuota por medio de los usuarios que utilicen sus redes de alcantarillado para desecho de sus descargas. Para cubrir esta cuota deberá realizar un estudio de estas descargas para el cobro de la misma y así cumplir con el Distrito al que pertenece ya que éstos no podrán contar con subsidios por parte del Gobierno Federal.

En esta tesis, se propondrán algunos métodos para la distribución de costos y calcular las tarifas que pagarán lo usuarios del sistema.

V.2 ANALISIS ECONOMICO

El aspecto fundamental que debe tomarse en cuenta para realizar el proyecto de distrito de control, es el financiamiento del mismo, ya que los costos de obra son mayores y deben de erogarse en un corto tiempo.

Hay dos formas de obtener financiamiento: por medio de recursos que aporten los usuarios del distrito y por instituciones de Crédito Nacionales o Internacionales.

La primera no es recomendable, ya que la productividad de una empresa siempre es mayor que el interés cobrado por los bancos en el préstamo de capitales; además, los municipios no cuentan con recursos propios.

La segunda es más conveniente, ya que la deuda que se contraiga para este fin se podrá pagar de acuerdo con las condiciones que se ofrezcan como son: tasa de interés, tiempo de amortización y plazo de gracia.

Estos recursos se pueden encontrar, más usualmente, en el Banco Nacional de Obras y Servicios (BANOBRAS), Nacional Financiera (NAFINSA), como recurso nacional y como internacional el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

V.3 CALCULO DE EGRESOS

Una vez obtenidas las fuentes de financiamiento, es necesario establecer los métodos que conduzcan a la obtención de ingresos suficientes para amortizar la inversión para la construcción del distrito, así como los costos de operación, mantenimiento y administración.

Los distritos tendrán, como única fuente de ingresos, las cuotas que aporten los usuarios del sistema por lo que es necesario calcular cuotas diferenciales equitativas para cada usuario.

Para calcular estas cuotas, es necesario amortizar el crédito otorgado, determinando, el monto de los pagos que se deberán hacer a la institución de crédito, además de las cuotas que se tendrán que pagar para cubrir los costos de operación, mantenimiento y administración del distrito.

La obtención de un antepresupuesto de construcción, se realiza por medio de: proporción de estructuras, conducciones y sistemas de tratamiento, a estas proposiciones se les asignará un costo por metro cuadrado, metro lineal, o metro cúbico, sumando estas proposiciones se llega al antepresupuesto de construcción. Procediendo de la misma forma se obtienen los antepresupuestos de operación, mantenimiento y administración.

Para cubrir el préstamo, se calcularán las anualidades que nos provoca el mismo, que pueden capitalizarse una vez al año, dos, seis y doce veces, utilizando la siguiente fórmula para el cálculo:

$$A = \frac{r \cdot p (1 + r/m)^{(mn)}}{(1 + r/m)^{(mn)}}$$

Donde:

A es la anualidad (cantidad que deberá pagarse al año)
r es la tasa de interés anual
p es el valor presente del capital
m es el número de veces por año que se capitalizan.
n es el número de años durante los cuales se amortizará la deuda

V.4 ANALISIS TARIFARIO

Desde que surge la idea de los distritos de control, se realizaron estudios para la integración de cuotas, que siendo justas deberán ser atractivas para los usuarios, con el fin de conjuntar el mayor número de ellos posibles. Estas tarifas podrán ser en base a sus estructuras y elementos que intervengan, a sus descargas e influentes, costos de operación, mantenimiento y administración; se pueden utilizar los parámetros más significativos o todos o una combinación de parámetros con estructuras, etc., además estas tarifas deberán evitar los déficit en caja.

V.5 PROPOSICION DE METODOS PARA LA OBTENCION DE TARIFAS

En este capítulo se describen algunos métodos para la aplicación de cuotas que podrán permitir el establecimiento de otros métodos más justos o la afinación de los mismos métodos propuestos aquí.

V.5.1 METODOS

Para el establecimiento de estos métodos, es necesario haber obtenido todos los costos, como son: los debidos a préstamos, calculados por medio de la anualidad y por cada fuente de financiamiento, estos costos sumados cada uno a los costos de operación, nos proporcionan la base para el cálculo de tarifas, así establecemos los siguientes:

V.5.1.1 PROPORCION POR INFLUENCIA EN ESTRUCTURAS Y OPERACION

Los costos de cada estructura se repartirán en proporción a cada influente, si una estructura u operación, en su funcionamiento, intervienen uno o más influentes, su costo se repartirá entre cada uno de los influentes, así se tiene que: si en el sedimentador primario influyen Volumen y SST, su costo se repartirá entre estos dos parámetros, junto con su operación

V.5.1.2. DISTRIBUCION EQUITATIVA PARA CADA INFLUENTE

Esta es la más sencilla de todas, ya que los costos obtenidos de cada estructura se distribuirán en forma equitativa a cada influente, para así obtener el total de cada rubro.

Estos son algunos de los métodos que pueden utilizarse para la estructuración de las cuotas; se propondrán otros métodos o se modificarán los antes descritos, si esto no satisficiera a los representantes del distrito.

V.6 CUOTAS POR SISTEMA

El pago de cuotas que se realizará por los usuarios, será determinado por medio de la relación entre la tarifa por unidad de parámetro y la cantidad descargada por cada empresa, obteniendo una cantidad por cada parámetro, determinando la suma total de los parámetros lo cual nos dará la cuota anual que deberá pagar cada empresa.

V.6.1 CALCULO DEL DERECHO DE INSCRIPCION PARA NUEVOS USUARIOS

A través de la vida útil del sistema en el distrito, habrá solicitudes de inscripción de nuevos usuarios del servicio que proporciona el distrito a sus usuarios. Para estos, es necesario encontrar una fórmula que nos determine las cuotas que deberán de cobrarse a los nuevos usuarios, este ingreso estará supeditado a que haya capacidad disponible en el sistema.

En el caso de que la planta lo permita se podrá calcular la cuota de acuerdo al siguiente método:

Sea: N_i el número de usuarios existentes en el año i , y
 X_i el número de nuevos usuarios en el año i .

El costo de la capacidad remanente, que antes de distribuirla proporcionalmente entre los usuarios existentes, ahora se distribuirá también entre los nuevos suscriptores, esta situación tendrá como consecuencia qu bajen las cuotas para todos los suscriptores, las cuales se equilibrarán cuando se sature la capacidad del sistema.

De esta forma la cuota del nuevo usuario estará determinada por el valor remanente de la obra civil y los equipos de la siguiente forma:

$$C_{Nuj} = (P_c \cdot I_{pi} \cdot F.A.) + (p_o \cdot O_{jmj})$$

Donde:

CN_{uj} = es la cuota del nuevo usuario en el año j
P_c = es el por ciento de uso del sistema para capital
I_{pi} = es el valor remanente del sistema en el año i
F.A. = es el factor de anualidad
p_o = es el por ciento de uso del sistema para operación
y mantenimiento
O_{jMj} = es el costo de operación y mantenimiento del año j.

Es conveniente agregar a la cuota un cargo proporcional para crear un fondo para imprevistos, así como revisar anualmente las cuotas de los usuarios por el alza del costo de operación, mantenimiento y administración. Este porcentaje deberá ser determinado por los usuarios en conjunto, a través del consejo de administración.

SEGUNDA PARTE
CAPITULO VI

2 A. PARTE

CAPITULO VI

DESCRIPCION GENERAL DEL PROBLEMA

NOTA: En esta segunda parte es donde se aplicarán los métodos de obtención de tarifas para el tratamiento del agua negra; la localización de la zona y los nombres de las empresas estudiadas en ella, se omitirán dada la confidencialidad de los datos.

VI.1 ANTECEDENTES

La región estudiada agrupa a una serie de industrias y núcleos urbanos que utilizan un río para verter sus desechos.

La Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica (DGPOE) de la S.R.H. Ordenó un estudio, en el cual se hizo necesario instalar una red de estaciones de muestreo de calidad de agua, realizándose en dos etapas durante los años de 1971 y 1972. Estos estudios dieron como resultado buscar resolver el problema que se presenta en la parte alta del río, donde la concentración de descargas de agua negra es mayor.

Posteriormente esta dependencia, incrementó la información sobre los factores que inciden en este problema a través del Programa Nacional de Monitoreo, de los registros de descargas y de los informes preliminares de Ingeniería.

Debido a estas circunstancias, la DGPOE ha decidido que la mejor solución al problema es el establecimiento de un Distrito de Control de Contaminación. Estos trabajos se desarrollarán en dos etapas, en la primera etapa se definirá la mejor solución, y en la segunda etapa se hará el diseño de la solución.

En este trabajo sólo se desarrollará la primera etapa del estudio.

VI.2 INTRODUCCION

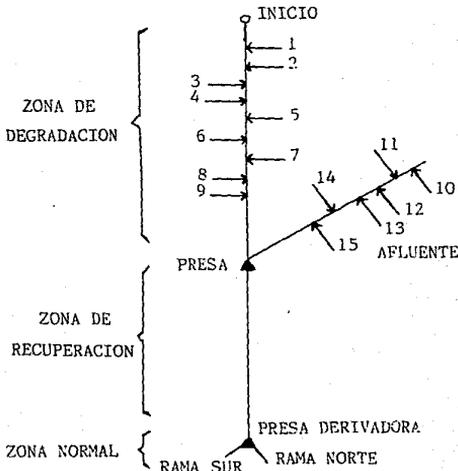
OBJETIVO: Diseñar la estructura física legal, administrativa y financiera del Distrito, así como los sistemas de conducción, tratamiento y disposición que sean necesarios para el control de las aguas residuales municipales e industriales que se generan en la cuenca, con el fin de cumplir con las normas que fija el Reglamento para la Prevención y el Control de la Contaminación del Agua. El Distrito preverá que no quede en la zona descarga alguna que no satisfaga los requerimientos que fija el reglamento.

Para encontrar la mejor alternativa se parte de datos conocidos y actualizados referentes a calidad y control de residuos en el agua, así como de los trabajos internos de los responsables de cada descarga. Con estos datos y la clasificación del río, se proponen alternativas de solución para seleccionar la más conveniente, al obtener esta, se realiza el anteproyecto, donde se estiman los costos de construcción, operación y mantenimiento, que sirven de base para analizar las alternativas desde el punto de vista financiero y tarifario. De estas alternativas se seleccionarán las más atractivas para pasar a nivel anteproyecto, donde se estiman sus antepresupuestos de construcción, operación y mantenimiento.

VI.3 LOCALIZACION DE DESCARGAS

En la zona se localizaron los siguientes usuarios del distrito: dos textileras, dos cervecerías tres industrias químicas, una fábrica de papel, una procesadora de grano de café y seis municipios. Estas utilizan el río para descargar sus desechos en el siguiente orden:

- 1.- TEXTIL 1
- 2.- MUNICIPIO I
- 3.- CERVECERIA 1
- 4.- MUNICIPIO II
- 5.- TEXTIL 2
- 6.- MUNICIPIO III
- 7.- MUNICIPIO IV
- 8.- CERVECERIA 2
- 9.- MUNICIPIO V
- 10.- QUIMICA A
- 11.- QUIMICA B
- 12.- QUIMICA C
- 13.- INDUSTRIA PAPELERA
- 14.- CAFETALERA
- 15.- MUNICIPIO VI



VI.3.1 ANTECEDENTES

Para el establecimiento del distrito de control, es necesario recopilar todos los datos que se hicieron sobre la cantidad y calidad de las descargas en el cuerpo receptor. Estos datos nos permiten comparar las condiciones actuales con las pasadas, para así poder prever las condiciones futuras.

Estos estudios dieron como resultado el establecimiento de una red de estaciones de muestreo de calidad de agua. Esta red encontró que la mayor concentración de contaminantes se encuentra en la parte de aguas arriba del río, hasta encontrar una presa, que elimina gran parte de la contaminación perjudicando el funcionamiento de la misma, ya que genera energía eléctrica.

De estos estudios se concluyó que:

- . El problema de contaminación se encuentra en la parte alta del río.
- . La contaminación es fundamentalmente orgánica.
- . La mayoría de las descargas deberán ajustarse para cumplir con el reglamento.
- . Es posible mejorar la ecología aguas abajo si se mejora la calidad aguas arriba.

VI.4 DATOS DE ESTUDIO

Al integrarse el plan nacional de monitoreo se obtuvieron los datos de los años 1972 y 1973 de las estaciones cercanas a la zona de contaminación.

En la primera estación, localizada en la parte alta del río, se tienen 50 muestras que indican, cómo en los estudios anteriores, estar libre de contaminación en esa zona.

En la segunda, localizada en la confluencia con otro río, se tienen 20 muestras, que indican estar altamente contaminado en la zona; estos resultados no se pueden comparar con estudios anteriores ya que en la ubicación de la estación no existe alguna otra para hacerlo; pero nos indicará en forma general el grado de contaminación de la zona. De la tercera estación, localizada en la presa, no se tiene su ubicación exacta ni la forma de muestreo; sin embargo sus últimos estudios han demostrado estar altamente contaminado.

Concluyendo:

- . Todos los datos existentes de la región se recopilaron.
- . La mayor parte de los datos, principalmente analíticos, corresponden a lo años 1972 y 1973.
- . Algunos registros de descarga fueron realizados por sus responsables, los cuales no arrojan ninguna variación ocurrida en el periodo estudiado.
- . Los resultados del plan nacional de monitoreo coinciden con los estudios anteriores al señalar los tramos con problemas.

VI.5 ACTUALIZACION DE DATOS

Los datos requeridos de las descargas industriales se obtuvieron por muestreo instantáneo y aforo directo así como análisis posterior en laboratorios. Los datos de las descargas municipales se obtuvieron en la misma forma, pero sus caudales totales de descarga se infieren a través de indicadores.

Al hacer la comparación se tomaron en cuenta todos los factores que se observaron, así como información recabada en forma oral o escrita.

En las descargas de las industrias se constató la ineficiencia de éstas, desde el punto de vista de integración al distrito, pues se da el caso que mezclan grandes cantidades de agua limpia, procedente de enfriamiento, con agua contaminada, resultando un agua no lo suficientemente limpia para descargarse, ni lo suficientemente contaminada para que su tratamiento resulte económico. De esto se desprende la necesidad de trabajos internos en muchas industrias previos a su integración.

Las descargas municipales presentan problemas en sus sistemas de alcantarillado para integrarse al distrito, por carecer de un emisor único y sus descargas son incontables.

A esto se añade que los sistemas son combinados y tienen fuertes infiltraciones aún en época de estiaje, además de que en las descargas se tiene una anarquía completa; por esto no es posible valuar directamente el gasto total en la zona.

Una vez recopilados los datos existentes y comparada la evolución de la calidad del agua en descargas, desde los últimos datos hasta la nueva campaña de muestreo y análisis, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Prácticamente todas las descargas fueron muestreadas en forma instantánea.
- De otras descargas no consideradas en estudios anteriores, pertenecientes a responsables ya considerados, se verifico su poca importancia en términos generales.
- Como norma general, se considerará que todas las descargas incrementan sus desechos, la precisión del pronóstico deberá ser congruente con el grado de finura requerido en el proyecto.
- En general no se preve un aumento en la concentración de materia biodegradable.
- Para otros parámetros de contaminación, la importancia relativa dentro de cada etapa determinará la conveniencia de un análisis posterior.

VI.6 ESTUDIO SOCIOECONOMICO

Con objeto de obtener las características físicas, demográficas y económicas de la zona y en virtud de que los datos estadísticos se agrupan a nivel municipal, el área de influencia se definió tomando en cuenta la extensión territorial completa de los municipios.

En el aspecto demográfico, la zona que comprende el distrito de contaminación estudiado conjuntaba en 1970 un total de 189,152 hab. de los cuales 92,564 eran hombres y los restantes mujeres; todos ellos ubicados en una extensión de 345.47 km²; utilizando la proyección de tasa media de crecimiento, se obtuvo que para 1980 serían 240,000 hab; sin embargo, la investigación directa arrojó una cifra de 256,000 teniendo una densidad media de 741 hab/km².

Además, dadas las condiciones socioeconómicas, es muy probable que este ritmo se sostenga, lo que tendría que para 1990 sean 349,300 hab. y de 479,600 para el año-2,000.

Estos resultados nos ayudan para obtener los volúmenes de aguas residuales y ubicaciones de descargas que utilizan el río como receptor de estas.

VI.7 VOLUMENES DE AGUAS RESIDUALES DE LAS INDUSTRIAS

La investigación directa realizada en la zona, permitió obtener los volúmenes de cada una de las descargas y su composición químico-biológica. Además, de acuerdo a los informes proporcionados por los responsables de las descargas se definieron sus posibles planes de expansión.

Por otra parte, se analizaron las posibilidades de establecimiento de nuevas empresas de acuerdo a la disponibilidad de terrenos aptos para la industria y los planes a corto plazo.

En base a esta información, se determinaron los gastos de aguas residuales industriales actuales y tomando en cuenta los planes de expansión detectados, se estimaron las aportaciones correspondientes al año 2,000.

VI.8 USOS ACTUALES Y FUTUROS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales que se generan e integran al río, se utilizan en gran parte para la generación de energía eléctrica en 7 plantas aguas abajo.

Una pequeña parte se utiliza para riego agrícola, aun cuando éste sea muy restringido por la oposición de los agricultores, que consideran un alto grado de contaminación en las aguas.

Se estima que al proporcionar un tratamiento adecuado a las aguas residuales podrá incrementar su utilización para fines agrícolas y en algunos casos podría considerarse su reutilización en las industrias de acuerdo a las necesidades de éstas.

Las dos siguientes tablas muestran las proyecciones de población a los años 1990 a 2000, así como la población económicamente activa en la zona.

TABLA 6.1

PROYECCION DE LA POBLACION A LOS AÑOS 1990 Y 2000

MUNI- CIPIO	HABITANTES			HIPOTESIS "A"		HIPOTESIS "B"	
	1960	1970	1980*	1990	2000	1990	2000
I	17,385	20,656	25,000	30,600	36,600	30,000	36,000
II	14,792	14,469	30,000	46,200	71,600	42,7000	60,800
III	21,974	27,245	32,000	37,600	44,000	38,600	46,600
IV	3,497	3,453	4,000	4,600	5,300	4,300	4,600
V	69,706	92,517	130,000	182,700	255,800	177,400	242,400
VI	19,179	25,812	35,000	47,900	59,000	46,500	59,100
TOTAL	146,533	189,152	256,000	349,300	479,600	340,500	455,300

HIPOTESIS "A" La proyección se realizó por la tasa media de crecimiento correspondiente a los años 1970 y 1960.

HIPOTESIS "B" La proyección se realizó por la tasa media de crecimiento correspondiente a los años 1970 y 1980.

* Población obtenida por investigación directa en cada municipio.

En las industrias la población económicamente activa es para el año de 1980 de:

TABLA 6.2

EDAD	P.E.A.	%
Menor - 19	1112	12.34
20 - 29	4462	49.50
30 - 39	2298	25.49
40 - 49	617	6.84
50 - Más	525	5.83
T o t a l	9,014	100.00

TABLA 6.3

PROYECCION DE VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL M³/DIA

AÑO MUNICIPIO	1980	1990	2000
I	10,000	12,120	14,640
II	12,000	15,680	20,320
III	12,800	15,040	17,600
IV	1,600	1,840	2,120
V	52,000	73,080	102,320
VI	14,000	19,160	26,520
TOTAL	102,400	129,720	191,840

Para obtener este gasto, se realizó por medio de una aportación a cada habitante de los municipios, multiplicado por el crecimiento de la población en esos años.

TABLA 6.4
PROYECCION DB0₅ PARA EL AÑO 2,000 (mg/l)

USUARIO	GASTO 1/s	1980 DB0 ₅	GASTO 1/s	2000 DB0 ₅
TEXTIL 1	61	125	91	125
MUNICIPIO I	58	325	85	325
CERVECERIA 1	293	450	529	450
MUNICIPIO II	69	325	166	325
TEXTIL 2	59	85	88	85
MUNICIPIO III	74	325	102	325
MUNICIPIO IV	1	154	2	154
CERVECERIA 2	526	809	950	809
MUNICIPIO V	300	325	592	325
QUIMICA "A"	25	72	37	72
QUIMICA "B"	259	120	385	120
QUIMICA "C"	638	661	948	661
IND. PAPELERA	1,364	823	2,035	823
CAFETALERA	14	3,554	29	5,554
MUNICIPIO VI	69	325	118	325

CAPITULO VII

CAPITULO VII CALIDAD DEL AGUA

VII.1 CLASIFICACION DEL RIO

El reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas en su artículo 23, especifica que la S.A.R.H. y la S.S.A., realizarán estudios en los cuerpos receptores de aguas residuales a fin de clasificar las aguas en función de sus usos, conocer su capacidad de asimilación y dilución, así como señalar condiciones particulares de descarga.

Consciente de lo anterior la SARH y la DGPOE, ordenaron un estudio del río, el cual se llevo en dos etapas, este estudio, dió la información requerida para poder clasificar la corriente del río.

VII.2 USOS DEL AGUA EN LA CORRIENTE DEL RIO

La clasificación de aguas de cualquier cuerpo receptor de aguas residuales, se hace en función de los usos a que se destina el mencionado cuerpo y a las normas de calidad exigidas para tal uso.

En la cuenca del río los usos del agua que se tiene son: doméstico, público, pecuario, agrícola, industrial y generación de energía eléctrica. De estos usos, el riego agrícola y la generación de energía eléctrica, se lleva en el cauce del río y los demás usos se realizan en los afluentes del río.

Los volúmenes medios anuales que se usan de la corriente del río son:

En el uso agrícola con un volumen de 46.5 millones de m³, que se utilizan para regar 9,100 ha.

El uso industrial es el de mayor importancia ya que representa el 93% del volumen total aprovechado de 6,937 millones de m³ anuales.

VII.3 CLASIFICACION DE LA CORRIENTE

De acuerdo a los usos mencionados la S.A.R.H. a través de la D.G.P.O.E. clasificó a la corriente como clase DIII.

De las características de calidad que especifica el reglamento para la clase D III, y que no se cumplen actualmente están, el oxígeno disuelto, las grasas y aceites y la turbiedad.

Esta clasificación es la más conveniente de acuerdo al uso actual de la corriente y no se preve la necesidad de hacerla más estricta en un futuro inmediato. Sirviendo para fijar condiciones particulares de descarga a las plantas de tratamiento que se proyectarán ya dentro del marco del Distrito de Control de Calidad del río.

VII.4 ESTUDIO PRELIMINAR DE ALTERNATIVAS

Una vez establecidas las condiciones particulares de descarga, es necesario plantear una serie de alternativas para la organización técnica del distrito, analizarlas sistemáticamente y seleccionar un subconjunto de ellas para estudios posteriores.

Para definir los datos básicos, se tuvo que adoptar una filosofía general para industrias y municipios que resolviera el problema de aguas diluidas.

Quando se enfoca un distrito de control de contaminación de agua desde el punto de vista técnico, surge un conjunto de variantes cuyo número puede hacerse tan grande como se desee. Las descargas se pueden agrupar de diferentes maneras en función de su cercanía, tratabilidad, su tratamiento, etc., por esto es necesario hacer una primera selección considerando las de mayor factibilidad.

En la región estudiada se aumenta un factor adicional debido a la anarquía que reina en las descargas, dando como resultado que se viertan fuertes volúmenes de agua, que es peligroso, encareciendo los dispositivos de tratamiento.

Para plantear la solución es necesario realizar trabajos internos de separación de efluentes y puede preverse que serán realizados si, estando la industria interesada en integrarse al distrito, se le hace saber que, de no realizar estos trabajos su aportación económica subiría sustancialmente. Por ello, puede establecerse que el gasto a manejar por el distrito no será de aguas diluidas.

Los municipios enfrentan un problema semejante, sus alcantarillados son combinados, por lo que emiten grandes caudales de agua diluida durante la época de lluvias, aún en época de estiaje, las descargas del alcantarillado son muy diluidas debido quizá a un fuerte volumen de infiltración, propiciado por la antigüedad del sistema. Además, los municipios aprovechan los afluentes del río que los atraviesan para descargar sobre ellos en forma múltiple.

La solución es la misma que para las industrias, realizar alcantarillados para separar los efluentes, pero en este caso, lo factible de su realización es muy difícil, por la serie de trabajos que se deberán hacer para su separación, tratar los caudales de las corrientes receptoras con lo cual, los costos del tratamiento para los municipios aumentarían considerablemente.

Debido a lo anterior, es necesario considerar las siguientes alternativas:

- a). Ni los municipios modifican sus alcantarillados ni se conectan al distrito (alternativa nula). Esto implicaría que el distrito sólo cumpliría con la mitad de su objetivo y que el río no mejoraría apreciablemente; sin contar con que los ríos y arroyos que atraviesan las poblaciones seguirían completamente degradados. Por otra parte, el exonerar a los municipios de su obligación de preservar la calidad de las aguas nacionales sería pésimo precedente para cualquier negociación con los industriales, con lo que se podría llegar a una alternativa nula total.
- b). Los municipios no modifican sus alcantarillados, pero sí se conectan al distrito, ya sea a través de colectores marginales a la corriente o en las propias corrientes. Esta alternativa sería contraproducente para la economía de los municipios, obligando a tratar las aguas residuales muy diluidas, así como se incrementarían los costos por agrandamiento de las estructuras como por su operación y mantenimiento que tendrían que ser cubiertos por los municipios. Esta alternativa se desecha, ya que aún suponiendo que se pudiera subsidiar a estas entidades, sería mejor aprovechar el subsidio para realizar trabajos internos.
- c). Los municipios separan las aguas negras de las aguas pluviales y/o de infiltración; esto implica minimizar los costos de tratamiento para los municipios; pero se debe realizar una erogación para adecuar sus alcantarillados.

En esta región, es típico el techo de teja que por medio de canales de lámina envían a la calle el agua que cae sobre éstas. Además, los albañales de las casas, en la mayoría de los casos, conducen agua negra, suponiendo que las casas modernas tuviesen albañales combinados y que la mayor parte del agua pluvial la reciben los colectores municipales; se pueden

separar las aguas pluviales de las aguas negras, separando las coladeras pluviales del alcantarillado sanitario y conectando los albañales al mismo.

Los municipios para conectarse al sistema, deberán realizar los siguientes trabajos:

Rehabilitar y ampliar los alcantarillados en forma que trabajen eficientemente; desconectando las coladeras pluviales para que el agua pluvial escurra por las calles, evitando eventuales encharcamientos mediante alcantarillas y/o tubos de escasa longitud.

Otro punto fundamental a establecer en el distrito es definir a los usuarios del sistema. De los estudios realizados se establecieron 15 usuarios, enumerados en el capítulo anterior, entre industrias y municipios, que utilizarán el distrito con la opción de aumentarlos según el desarrollo de las industrias.

Ya definidos los usuarios y localizados en aproximados 20 Km. del río, éstos pueden agruparse en diferente manera.

En los estudios realizados se encontró que los usuarios desechan materia orgánica; el tratamiento indicado es el biológico, de donde se obtienen tres posibilidades: lodos activados, filtros rociadores (con sus variantes de usar plástico en lugar de piedra o disco biológico) y lagunas de oxidación.

Se obtuvieron fotos de la zona, aunadas a un recorrido a lo largo del río que dió como resultado que los terrenos a la orilla del río no permiten colocar lagunas de oxidación en los tratamientos de esta zona. Los filtros rociadores requieren también amplias áreas, en su caso, los costos de los filtros es similar al de las plantas de lodos activados, por lo que se obviará la definición entre estos dos tipos de tratamiento; supondremos, para efectos del costo, el de lodos activados.

Aguas abajo de la presa, se localizó un terreno en el cual se pueden instalar lagunas de oxidación; pero éstas se tomarán sólo cuando sea necesario tenerlas como un agrupamiento general.

Los discos biológicos tiene como ventaja un ahorro en área y posiblemente en energía y como desventaja, la falta actual de experiencia del país en este tipo de tratamiento y su elevado costo inicial.

El ahorro en área, se refiere sólo al área ocupada por el reactor biológico, por lo que no es un ahorro sustancial en el área total de la planta; en consecuencia, no se descarta en definitiva este tipo de tratamiento.

Por lo tanto, las alternativas se reducen a las diferentes formas de tratamiento.

Para agrupar descargas se definen diferentes tipos de filosofía, contemplando la alternativa nula, que en este caso equivaldría a la inexistencia del distrito como tal dejando el control de las aguas residuales, en manos de cada responsable o en manos de cada municipio.

Considerando el distrito se puede pensar en agrupamientos por similitud cualitativa, que permitiría variantes sobre la agrupación de industrias.

Otra alternativa de agrupamiento será la localización geográfica, que permite tener a las descargas de acuerdo a su ubicación.

Otra alternativa, es por similitud cuantitativa, que permite tener plantas similares en gastos, concentración, etc.

VII.5 ALTERNATIVAS

Para proponer alternativas se tomaron los datos de los estudios realizados obteniendo 15 alternativas, que se estudiarán lo más profundo posible para la selección de las mejores alternativas.

En la selección de las alternativas, se presentaron los costos de construcción, operación, mantenimiento, administración, en forma tal que para construcción se obtuvo un costo por m³ de agua tratada, similar a otras plantas en operación; de la misma manera se obtuvieron los costos de operación, mantenimiento y administración.

Las alternativas presentadas son:

- 1) Cada responsable atiende su descarga; implica 15 tratamientos independientes.
- 2) Cada municipio responde por sus residuos y por los industriales en su territorio, resultando 6 plantas de tratamiento.
- 3) Se agrupan cerveceros, textiles y productos químicos - medicinales, respectivamente, los residuos municipales, así como las industrias sin similar, quedan a cargo de los propios responsables. Resultando 12 plantas de tratamiento.
- 4) Es la misma alternativa 3), pero con dos municipios agrupados lo que resulta 8 plantas de tratamiento.
- 5) La misma alternativa 3), pero en ésta se agrupan todos los municipios en una sola; 6 plantas
- 6) Similar a la alternativa 5), pero el municipio III trata sus aguas por separado; 7 plantas
- 7) Similar a la alternativa 6), pero el municipio III y IV se agrupan en una sola; 7 plantas
- 8) Agrupar los residuos industriales en una planta y los municipales en otra; 2 plantas

- 9) Se forman 3 descargas que reúnen descargas industriales y municipales indistintamente; 3 plantas
- 10) Similar a la alternativa 9) con la variante de que el grupo del municipio IV se junta con el grupo del municipio II; 2 plantas
- 11) Se agrupan todas las descargas; 1 planta
- 12) Igual que la alternativa 11), pero la planta se localizaría aguas abajo de la presa y sería laguna de oxidación.
- 13) Se procura tener plantas con gasto similar; 5 plantas
- 14) Se procura tener plantas con cantidad de DBO₅ similar; 4 plantas.
- 15) Se procura tener una concentración igual de DBO₅; 3 plantas.

Con estas alternativas, se procede a obtener una evaluación preliminar de ellas. Para esta evaluación se tienen las siguientes consideraciones:

Construcción.— Los costos de construcción son aquéllos que implican una erogación inmediata; dentro de éstos se distinguen tres rubros; adquisición de terrenos, construcción y equipamiento y conducciones.

La adquisición del terreno es un rubro que se establece por medio de valor catastral que proporciona la S.P.P.

En construcción y equipamiento, lamentablemente no se tiene mucha experiencia en este tipo de plantas. Pero considerando la experiencia en plantas de tratamiento de municipios y los índices de inflación del Banco de México, se llega a la siguiente expresión para calcular el costo de construcción y equipamiento:

$$C = 191,56Q^{0.805} \text{ millones de pesos (1980) si; } Q = m^3/s$$

En la conducción, su costo se calculará por medio de longitudes medidas en fotos de estudios aéreos y diámetros supuestos con pendientes hidráulica de 6 0/00; ya que en algunos casos no va a ser posible conservar ésta pendiente, habrá que salvar contrapendientes y contar con bombeo, por esto, los costos unitarios de tubería considerada son más altos que los tubos de alcantarillado, tratando de considerar los tramos a presión y los bombeos.

Operación y Mantenimiento. Las erogaciones serán periódicas y para poder sumarlas con la construcción es necesario conformar las unidades de la primera con la segunda; para esto se deberá actualizar el costo de acuerdo con la tasa recomendada por la S.P.P. que es del 14% anual, evaluado con la fórmula:

$$C.A.O.M. = \frac{1,14 (n-1)}{0,14 (1,14)^n} \text{ Coeficiente de Actualización de Operación y Mantenimiento}$$

Esta erogación se hará en:

Personal-necesario para operar la planta; costos indirectos que consideraran al personal administrativo, edificios para alojar a este personal, luz, teléfono, etc; energía eléctrica para equipos, dirección técnica y reparaciones y reactivos.

TABLA 7.1

COSTOS TOTALES POR ALTERNATIVA
(MILLONES DE PESOS PRECIOS CORRIENTES 1980)

ALTERNATIVA	CONSTRUCCION	OP y MTT0.	TOTAL
1	1,261	855	2,116
2	1,101	489	1,590
3	1,247	715	1,962
4	1,232	673	1,905
5	1,208	642	1,850
6	1,251	658	1,909
7	1,223	663	1,886
8	1,024	462	1,486
9	1,063	484	1,547
10	1,016	50	1,516
11	907	441	1,348
12	534	1,561	2,095
13	1,158	653	1,811
14	1,135	669	1,804
15	1,081	484	1,565

Para seleccionar las alternativas, el criterio utilizado fue: el tener una alternativa de cada agrupamiento y en algunos casos, obviar dificultades en su tratamiento. Así se tiene que las alternativas seleccionadas para desarrollar su anteproyecto son: la # 2, 8, 9 y 11 (que se llamarán 1, 2, 3 y 4 respectivamente en el desarrollo de los siguientes capítulos).

CAPITULO VIII

CAPITULO VIII

VIII. 1 ANTEPROYECTOS

Las alternativas elegidas de las 15 presentadas fueron seleccionadas por las características físicas del agrupamiento en sus descargas, que en términos generales son:

Alternativa 1. Cinco plantas de lodos activados, que se encargarán de tratar los desechos líquidos de los municipios I, II, IV, V y VI con sus respectivas industrias y para el municipio III una laguna aerada.

Alternativa 2.- Una planta de lodos activados; para tratar todos los residuos industriales combinados y otra planta que se encargaría de tratar todos los desechos municipales.

Alternativa 3.- Tres plantas de lodos activados; la primera tratará los desechos combinados de los municipios I, II, III y IV, con sus respectivas industrias; la segunda, el municipio V combinado con sus industrias; y la tercera, el municipio VI con sus industrias.

Alternativa 4.- Una sola planta de lodos activados, para todas las descargas.

TABLA 8 - 1

Planta según alternativa Descargas	A L T E R N A T I V A S											
	1						2		3			4
	1A	1B	1C	1D	1E	1F	2A	2B	3A	3B	3C	4A
Textilera 1	■						■		■			■
Municipio I	■							■				■
Cervecería 1		■					■		■			■
Municipio II		■						■				■
Textilera 2			■				■		■			■
Municipio III				■				■	■			■
Municipio IV			■					■	■			■
Cervecería 2					■		■			■		■
Municipio V					■			■		■		■
Química A						■	■				■	■
Química B						■	■				■	■
Química C						■	■				■	■
Ind. Papelera						■	■				■	■
Cafetalera						■	■				■	■
Municipio VI						■		■			■	■

Agrupamiento de las descargas según las alternativa a considerar (Las columnas indican la nominación de la planta en cada alternativa)

El objetivo de este capítulo es obtener los antepresupuestos de construcción, operación y mantenimiento de cada una de las alternativas seleccionadas, dimensionando las unidades que conforman cada una de las plantas.

Dadas las C.P.D. (Tabla 8.2) correspondientes a cada planta, es necesario hacer un tratamiento mediante estructuras y equipo, dimensionándolas de acuerdo a las características de cada descarga, comparando éstas con estructuras similares para así obtener el antepresupuesto de construcción de la planta.

TABLA 8 - 2
CONDICIONES PARTICULARES DE DESCARGA (C.P.D.)

AL- TER-PLAN TIVA	DB05 TA	20* PROM	S. S. T.		GRASA-ACEITE		CONDUC- TIVIDAD	COLOR pt-Co	TEMPE- RATURA °C	WATER.		SOLIDOS SEDIMEN			RAS	COLIS TOTALES		
			PROM	MAX	PROM.	MAX.				mg/l	NH3	TABLES	SAAM	FENOL			PH	unidad
		mg/l	kg/día	mg/l	kg/día	mg/l	kg/día			mg/l		mg/l	mg/l	mg/l				
1	1A	121	25,805	132	25,805	10	1,945	2,000	100	35	3	1	1	5	1	6-9	6	10,000
	1B	97	9,378	97	9,378	10	967	2,000	100	35	3	1	1	5	-	6-9	6	10,000
	1C	50	562	50	562	10	112	2,000	100	35	3	1	1	5	1	6-9	6	10,000
	1D	50	52	50	52	15	16	-	-	35	3	1	1	5	-	6-9	6	10,000
	1E	173	4,265	173	4,215	10	244	2,000	100	35	3	1	1	5	-	6-9	6	10,000
	1F	50	419	50	419	13	113	2,000	100	35	3	1	1	5	-	6-9	6	10,000
2	2A	50	3,776	50	3,776	10	755	-	-	35	3	1	1	5	-	6-9	6	10,000
	2B	156	41,284	156	41,284	15	3,970	2,000	100	35	3	1	1	5	1	6-9	6	10,000
	3A	224	43,476	224	43,576	15	2,916	2,000	100	35	3	1	1	5	-	6-9	6	10,000
3	3B	138	13,376	138	13,376	10	967	2,000	100	35	3	1	1	5	-	6-9	6	10,000
	3C	112	5,080	112	5,080	10	494	2,000	100	35	3	1	1	5	-	6-9	6	10,000
4	4A	133	44,702	133	49,702	15	5,045	2,000	100	35	3	1	1	5	1	6-9	6	10,000

Conociendo la magnitud de la inversión en cada etapa, es posible evaluar al personal para su operación, el consumo de energía, los reactivos necesarios, estimar el mantenimiento y el costo de la disposición de lodos digeridos de la planta.

Obtenidos estos costos, se conocerá la magnitud de la inversión por efectuar cada año; así como el costo de operación correspondiente a cada alternativa y a cada planta.

VIII.2 CONSIDERACIONES GENERALES

Las C.P.D fueron establecidas por la D.G.P.O.E., en base de que el río es clase DIII en la zona de estudio, D-II en la zona intermedia y D-I en la planicie costera. Estas C.P.D. deben ser alcanzadas por residuos que varían cuantitativamente según cada combinación; pero que cualitativamente pueden considerarse semejantes. Se puede realizar una rápida revisión acerca de las C.P.D. contra características influentes:

DB05.- Todos los influentes sobrepasan las CPD; se requiere entonces un tratamiento biológico; pero la poca disponibilidad de área nos obliga a pensar en lodos activados. La clarificación secundaria se implica.

S.S.T.- Todos los influentes sobrepasan las CPD; se requiere entonces un Sedimentador Primario (S.P.) que a parte de reducir éstos, reduzca la D.B.O. total y ayude en general al funcionamiento del reactor biológico.

Grasas y Aceites

(G y A)- Todos los influentes sobrepasan las CPD; pero no en cantidades que nos obliguen a la colocación de dispositivos especiales de desgrase; entre el barrido de natas en el S.P. y la oxidación del tratamiento biológico se podrán alcanzar las CPD.

Conducti

vidad.- Ningún influente sobrepasa las CPD.

Color.- Ningún influente sobrepasa las CPD.

pH.- Ningún influente sobrepasa las CPD de ordinario; sin embargo la textil 1, emite eventualmente descargas de pH-11; esto no afectará a las plantas 2, 3 y 4 ya que su ingreso será muy diluido y en el otro caso, donde no se diluirá, la empresa deberá operar por sí misma el acidulador correspondiente.

Tempera-

tura.- Ningún influente sobrepasa las CPD.

Materia

Flotante. Todos los influentes sobrepasan las CPD; se impone el cribado; por otra parte convendrá ampliar las instalaciones de ingreso para eliminar arenas, que no deben llegar al digestor.

NH₃.- La mayoría de los influentes sobrepasan CPD; debe ser eliminado en el proceso biológico aerobio; se recomienda sobrepasar el tiempo de retención necesario para que se ejerza la demanda carbonosa.

Sólidos

Sedimen-

tables.- Todos los influentes sobrepasan las CPD, una buena clarificación secundaria colocará el efluente dentro de la norma.

S.A.A.M.-Sólo las descargas pequeñas, textiles y municipales sobrepasan las CPD, pero lo hacen por mucho y con frecuencia. Por otra parte, se sabe que en el reactor biológico se elimina el 60% de estas sustancias. Pero no se considera oportuno proyectar filtros de carbón activado para asegurar el efluente, que tendría problemas sólo en las plantas 1-A, 1-C, 1-D alternativa 1 y 3.A alternativa 3, hasta no saber como se comporta este parámetro en el tratamiento convencional.

Fenoles.-Ningún influente sobrepasa las CPD.

RAS.- Ningún influente sobrepasa las CPD.

Colifor-

mes tota

les.- Los influentes sobrepasan las CPD; gran parte de estos microorganismos se remueven durante el tratamiento convencional. Vale la pena asegurar el efluente en este aspecto tan delicado, mediante una cloración.

Aquí debe hacerse una observación: las CPD mencionadas son, más bien, poco rígidas en este aspecto, lo que se entiende, si los efluentes se piensan disponer en el río y que éste no tiene usos delicados hasta después de un cierto recorrido, puede pensarse en suprimir la cloración; sin embargo, esta decisión se puede tomar hasta ver el proyecto definitivo, cuando se tenga conocimiento acerca de los efectos bactericidas del tratamiento, que sucederá hasta la operación de la planta; por lo pronto se considerará la cloración como una seguridad.

En los estudios realizados se encontró que esta seguridad importa aproximadamente el 5% en construcción y 15% en operación. En caso de que sea necesaria la desinfección, ésta deberá hacerse con cloro, por ser este reactivo el más económico y el que provoca menos problemas a la corriente, debido a sus condiciones hidrográficas y de uso.

VIII.3 DEFINICION DE PLANTAS POR DIMENSIONAR

Las cuatro alternativas en estudio, comprenden en total 11 plantas, como puede verse en la tabla VIII.1, de ellas la 1.E y la 3.B, así como la 1.F y la 3.C tienen el mismo influente, pero diferentes CPD; calculando las plantas de la siguiente forma:

Se dimensionarán las plantas 1.A, 1.B, 1.C, 1.D., 1.E, 1.F.,; 2.A, 2.B; 3.A Y 4.A

Las plantas 3.B y 3.C, se consideran iguales a las plantas 1.E y 1.F en dimensionamiento, por lo que se corregirán los costos del reactor biológico y su equipo de acuerdo a sus CPD.

VIII.4 DATOS DEL PROYECTO

Para diseñar las plantas de tratamiento, es necesario que se puedan obtener las proyecciones de desarrollo de las industrias establecidas en la zona, para diseñar las plantas de acuerdo a los niveles de contaminación que se llegarán a tener en los siguientes años.

Industria Textil.- Su materia prima consiste en fibras naturales y/o productos ya texturizados de las mismas fibras para estampar o colorear.

De un tiempo a esta parte, se ha hecho evidente una tendencia a perder competitividad, por parte de las telas confeccionadas con fibras naturales, contra las elaboradas con fibras sintéticas extraídas del petróleo; en los casos particulares cabe, además, señalar el escaso crecimiento en lo que va del siglo.

De acuerdo a las consideraciones anteriores, se estima que las descargas provenientes de estas industrias no crecerán ni en cantidad ni en concentración de contaminantes.

Industria Cervecera.- El crecimiento de la industria cervecera es del 5.7% anual. (11)

Ahora bien, es necesario hacer una distinción entre las empresas de la región. Una está radicada de hace muchos años, en tanto que la otra está ahí para ganar el mercado regional dominado por la primera, lo que significa que hay un interés por establecer y/o ampliar plantas en otros lugares de la república; la segunda en cambio, si puede tener interés en incrementar su producción en el territorio que está ganando.

Este crecimiento hace suponer un incremento del gasto de 5.7% anual para la cervecera I y de 4.5% anual para la cervecera II.

En cuanto a la tendencia para subir la concentración de contaminantes, la cervecera II si presenta, no así la cervecera I; de aquí que a la segunda se le considere un incremento de contaminantes a corto plazo y a la primera hasta 1995.

Industrias Químicas.- La industria química es tan extensa en su denominación, que caben las más variadas industrias que producen los más disímiles productos.

De las tres industrias citadas, es imposible encontrar una relación entre el mercado de drogas medicinales y el aminoácido complemento alimenticio para ganado.

Por lo tanto, en este caso no se recurrió a los ritmos de crecimiento como industria, sino a lo expresado por los directivos de las empresas. Así, considerando la aceptabilidad de los productos medicinales elaborados para el control de la natalidad, se preve un aumento en sus descargas hasta 1990.

Por lo que hace a la productora de alimentos para ganado, sus directivos manifestaron la voluntad de incrementarse en un 100% en breve lapso. Lo que equivale a tener el 300% de aumento en la descarga que se reparte en un 5.7%

Industria de Papel.- La Industria papelerera en México crece a un ritmo de 5.4% anual, la fábrica en el Distrito, comienza a tener problemas de espacio y busca instalar plantas en otros lugares del país. Por ello se le consideró un aumento de 3.5% anual, considerándosele un incremento en los contaminantes de acuerdo a la tendencia considerada.

Municipios.- La evolución de sus aportaciones es de acuerdo al ritmo de crecimiento de la población.

Investigando el ritmo de crecimiento de las empresas y municipios, se calcula su proyección de agentes contaminantes hasta el año 2,000, como se muestran en la tabla 8.7, 8.8, 8.9 y 8.10

DATOS BASICOS

Para obtener los datos básicos de proyecto se realizaron pruebas de tratabilidad en laboratorio, haciendo mezclas semejantes a las que deben de entrar a la planta.

Existen dos razones que hacen desaconsejable considerar las características de las mezclas como representativas de los influentes a tratar: la primera, es que los muestreos se hicieron instantáneos, lo que provocó que algunos de ellos se dispararán de las condiciones promedio. La segunda es que las proporciones que se utilizaron corresponden a las condiciones actuales, mismas que van a cambiar con el tiempo (Tabla 8.3)

De estas pruebas de tratabilidad se obtuvieron las curvas de remoción de sólidos suspendidos-tiempo, remoción sólidos suspendidos-carga superficial, y las constantes de reacción, tasa de consumo O_2 , tasa de respiración endógena y constante.

ALTER NATI- VA	PLANTA	INFLU ENTE	UNI- DAD	1980	1985	1990	1995	2000
1	1A	Q	lps	126	131	138	145	153
		DBO	mg/l	224	227	232	237	241
		DQO	mg/l	956	958	960	962	964
		SST	mg/l	229	233	239	244	250
	1B	Q	lps	362	474	629	813	1066
		DBO	mg/l	336	336	336	387	431
		DQO	mg/l	1098	1099	1100	1428	1591
		SST	mg/l	295	295	295	329	329
	1C	Q	lps	133	139	146	153	161
		DBO	mg/l	223	226	232	235	240
		DQO	mg/l	681	694	709	723	737
		SST	mg/l	259	262	267	271	275
1E	Q	lps	806	1010	1234	1507	1842	
	DBO	mg/l	633	697	703	776	783	
	DQO	mg/l	2520	2293	2314	2671	2696	
	SST	mg/l	523	770	777	784	859	
1F	Q	lps	2290	2799	3462	4243	5198	
	DBO	mg/l	523	638	638	792	838	
	DQO	mg/l	2795	3405	3465	4069	4562	
	SST	mg/l	742	963	963	1206	1290	
2	2A	Q	lps	3167	3887	4822	4954	7357
		DBO	mg/l	541	691	635	777	813
		DQO	mg/l	2598	3066	3108	3658	4020
		SST	mg/l	664	887	887	1062	1062
	2B	Q	lps	582	681	789	934	1097
		DBO	mg/l	325	325	325	325	325
		DQO	mg/l	1000	1000	1000	1000	1000
		SST	mg/l	350	350	350	350	350
3	3A	Q	lps	633	754	924	1137	1414
		DBO	mg/l	289	294	304	347	386
		DQO	mg/l	980	998	1015	1257	1412
		SST	mg/l	276	280	283	311	315
4	4A	Q	lps	3749	4568	5620	6687	8454
		DBO	mg/l	507	594	595	715	750
		DQO	mg/l	2349	2758	2809	3298	3628
		SST	mg/l	615	807	807	966	971

TABLA 8.3 RESUMEN DE DATOS BASICOS DE PROYECTO

NOTA: LOS INFLUENTES DE LAS PLANTAS 2.B Y 3.C ALTERNATIVA 3, TIENE LAS MISMAS CARACTERISTICAS DE LAS PLANTAS 1.E Y 1.F ALTERNATIVA 1, RESPECTIVAMENTE.

PROYECCIONES DE GASTO DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL O MUNICIPAL (Q) M3/AÑO

INDUSTRIA O MUNICIPIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. TEXTILERA I	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144
2. MUNICIPIO I	1,829	1,861	1,892	1,924	1,944	1,987	2,031	2,075	2,120	2,164
3. CERVECERIA I	9,240	9,839	10,438	11,038	11,637	12,236	13,024	13,813	14,601	15,390
4. MUNICIPIO II	2,176	2,283	2,390	2,397	2,604	2,711	2,843	2,976	3,108	3,240
5. TEXTILERA II	1,861	1,861	1,861	1,861	1,861	1,861	1,861	1,861	1,861	1,861
6. MUNICIPIO III	378	397	416	435	454	473	505	536	568	599
7. MUNICIPIO IV	2,394	2,372	2,410	2,447	2,485	2,523	2,567	2,611	2,656	2,700
8. CERVECERA II	16,588	17,389	18,190	18,991	19,792	20,593	21,590	22,586	23,583	24,579
9. MUNICIPIO V	9,461	9,820	10,180	10,539	10,899	11,258	11,674	12,091	12,507	12,924
10. QUIMICA A	788	788	788	788	788	788	807	826	845	864
11. QUIMICA B	6,559	6,559	6,559	6,559	6,559	6,559	7,013	7,467	7,922	9,376
12. QUIMICA C	20,246	21,489	22,731	23,974	25,216	26,459	28,137	29,814	31,492	33,169
13. IND. PAPELERA	41,848	43,747	45,645	47,544	47,442	51,241	53,384	55,226	57,169	59,111
14. CAFETALERA	200	200	200	200	200	200	206	212	219	225
15. MUNICIPIO VI	2,176	2,245	2,315	2,384	2,454	2,523	2,592	2,662	2,731	2,801
TOTAL	117,828	122,994	128,159	133,325	138,490	143,656	150,278	156,900	163,526	170,147

INDUSTRIA O MUNICIPIO	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. TEXTILERA I	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144
2. MUNICIPIO I	2,208	2,252	2,296	2,341	2,385	2,429	2,479	2,530	2,580	2,631
3. CERVECERIA I	16,178	17,231	18,284	19,338	20,391	21,444	22,832	24,219	25,607	26,994
4. MUNICIPIO II	3,373	3,537	3,701	3,865	4,029	4,193	4,401	4,609	4,817	5,025
5. TEXTILERA II	1,861	1,861	1,861	1,861	1,861	1,861	1,861	1,861	1,861	1,861
6. MUNICIPIO III	631	669	707	782	744	820	870	921	971	1,022
7. MUNICIPIO IV	2,744	2,788	2,832	2,876	2,920	2,964	3,015	3,065	3,116	3,166
8. CERVECERA II	25,576	26,812	28,048	28,285	30,521	31,757	33,290	31,822	36,355	37,887
9. MUNICIPIO V	13,340	13,826	14,311	14,797	15,768	15,348	16,348	16,928	17,509	18,089
10. QUIMICA A	883	908	933	959	984	1,009	1,041	1,072	1,104	1,135
11. QUIMICA B	8,830	9,114	9,398	9,681	8,965	19,249	19,407	10,565	10,722	10,880
12. QUIMICA C	34,847	37,048	38,247	41,451	43,652	45,853	48,830	51,807	54,784	47,761
13. IND. PAPELERA	61,054	63,369	65,583	57,998	70,312	72,627	75,371	78,115	80,558	83,602
14. CAFETALERA	231	237	244	250	257	263	271	280	288	297
15. MUNICIPIO VI	2,870	2,952	3,034	3,116	3,198	3,280	3,368	3,456	3,545	3,633
TOTAL	176,770	184,748	192,725	200,706	208,683	216,661	226,528	236,394	246,261	256,127

PROYECCIONES DE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO INDUSTRIAL O MUNICIPAL (DBOS) TON/AÑO										
INDUSTRIA O MUNICIPIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. TEXTILERA I	295	295	295	295	295	295	295	295	295	295
2. MUNICIPIO I	594	604	615	625	646	660	675	689	704	704
3. CERVECERIA I	3,119	3,321	3,524	3,726	3,929	4,131	4,397	4,663	4,930	5,196
4. MUNICIPIO II	707	742	777	811	846	881	924	967	1,011	1,054
5. TEXTILERA II	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
6. MUNICIPIO III	123	129	135	142	148	154	164	174	185	195
7. MUNICIPIO IV	759	771	783	796	808	820	834	849	863	878
8. CERVECERA II	13,420	14,443	15,466	16,488	17,511	18,534	19,431	20,328	21,224	22,121
9. MUNICIPIO V	3,075	3,192	3,309	3,425	3,542	3,659	3,794	3,930	4,065	4,201
10. QUIMICA A	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11. QUIMICA B	872	872	872	872	872	872	932	993	1,053	1,114
12. QUIMICA C	12,087	13,374	14,661	15,947	17,234	18,521	19,625	20,870	22,044	23,219
13. IND. PAPELERA	21,322	23,732	26,142	28,552	30,962	33,372	34,635	35,897	37,159	38,422
14. CAFETALERA	899	899	899	899	899	899	928	956	985	1,013
15. MUNICIPIO VI	707	730	752	775	797	830	854	866	888	910
TOTAL	58,159	63,284	58,410	73,533	78,659	83,7884	87,712	91,642	95,571	99,502

INDUSTRIA O MUNICIPIO	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. TEXTILERA I	295	295	295	295	295	295	295	295	295	295
2. MUNICIPIO I	718	732	746	761	775	789	805	822	838	855
3. CERVECERIA I	5,462	6,085	6,708	7,332	7,995	8,678	9,417	10,256	11,094	11,933
4. MUNICIPIO II	1,097	1,150	1,203	1,257	1,310	1,363	1,431	1,498	1,566	1,633
5. TEXTILERA II	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
6. MUNICIPIO III	205	217	229	242	254	266	282	299	315	332
7. MUNICIPIO IV	892	906	920	935	949	963	980	996	1,013	1,029
8. CERVECERA II	23,018	24,766	26,514	28,261	30,009	31,757	33,290	34,822	36,355	37,887
9. MUNICIPIO V	4,336	4,494	4,652	4,809	4,967	5,125	5,313	5,502	5,609	5,879
10. QUIMICA A	5	5	5	6	6	6	5	6	7	7
11. QUIMICA B	1,174	1,247	1,319	1,392	1,464	1,537	1,561	1,585	1,608	1,632
12. QUIMICA C	24,393	27,768	31,143	23,518	37,893	41,268	45,162	49,056	52,950	56,844
13. IND. PAPELERA	39,685	43,368	47,052	50,735	54,419	58,102	60,297	62,492	64,687	66,882
14. CAFETALERA	1,042	1,096	1,150	1,205	1,259	1,313	1,355	1,398	1,440	1,483
15. MUNICIPIO VI	933	960	986	1,013	1,039	1,066	1,095	1,123	1,152	1,180
TOTAL	103,430	113,264	123,097	132,936	142,769	152,603	161,464	170,325	179,325	188,046

PROYECCIONES DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO INDUSTRIAL O MUNICIPAL (DQ05) TON/AÑO

INDUSTRIA O MUNICIPIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. TEXTILERA I	269	269	265	269	269	269	269	269	269	269
2. MUNICIPIO I	640	651	662	673	684	695	711	726	742	757
3. CERVECERIA I	2,617	2,787	2,956	3,126	3,295	3,465	3,688	3,912	4,135	4,359
4. MUNICIPIO II	762	799	837	874	912	949	995	1,042	1,088	1,135
5. TEXTILERA II	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
6. MUNICIPIO III	132	139	146	152	159	166	177	188	199	210
7. MUNICIPIO IV	817	830	843	857	870	883	898	914	929	929
8. CERVECERIA II	10,301	12,359	14,418	16,476	18,535	20,593	21,590	22,586	23,583	24,579
9. MUNICIPIO V	3,311	3,437	3,563	3,688	3,814	3,940	4,086	4,232	4,377	4,523
10. QUIMICA A	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7
11. QUIMICA B	223	223	223	223	223	223	238	254	269	285
12. QUIMICA C	3,867	4,417	4,966	5,516	6,065	6,615	7,034	7,454	7,873	8,293
13. IND. PAPELERA	48,464	54,174	59,883	65,593	71,302	77,012	79,926	82,840	85,753	88,667
14. CAFETALERA	93	94	06	07	99	100	117	134	151	168
15. MUNICIPIO VI	762	786	810	835	859	883	907	931	956	980
TOTAL	72,534	81,241	89,948	98,655	107,362	116,069	120,912	125,758	130,601	135,447
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. TEXTILERA I	269	269	269	269	269	269	269	269	269	269
2. MUNICIPIO I	773	788	804	819	835	850	868	885	903	920
3. CERVECERIA I	4,582	5,059	5,537	6,014	6,492	6,969	-7,420	7,871	118,322	8,773
4. MUNICIPIO II	1,181	1,238	1,296	1,353	1,411	1,468	1,541	1,614	1,686	1,759
5. TEXTILERA II	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
6. MUNICIPIO III	221	234	247	261	274	287	305	322	340	357
7. MUNICIPIO IV	960	975	991	1,006	1,022	1,037	1,055	1,073	1,090	1,108
8. CERVECERIA II	25,576	26,812	28,048	29,285	30,521	31,757	33,290	34,822	36,355	37,887
9. MUNICIPIO V	4,669	4,839	5,009	5,179	5,349	5,519	5,722	5,925	6,128	6,331
10. QUIMICA A	7	7	7	8	8	8	8	8	9	9
11. QUIMICA B	300	342	385	427	470	512	520	528	536	544
12. QUIMICA C	9,812	9,721	10,730	11,738	12,747	13,756	14,953	16,150	17,346	18,543
13. IND. PAPELERA	91,581	102,316	113,050	123,785	134,519	145,254	150,742	156,229	161,717	167,204
14. CAFETALERA	185	190	195	200	205	210	217	224	230	237
15. MUNICIPIO VI	1,004	1,033	1,062	1,090	1,119	1,148	1,179	1,210	1,240	1,271
TOTAL	140,290	154,093	167,900	181,704	195,511	209,314	218,359	227,400	236,441	245,482

PROYECCIONES DE SOLIDOS, SUSPENDIDOS TOTALES, INDUSTRIAL O MUNICIPAL (SST) TON/AÑO

INDUSTRIA O
MUNICIPIO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. TEXTILERA I	1,970	1,970	1,970	1,970	1,970	1,970	1,970	1,970	1,970	1,970
2. MUNICIPIO I	1,829	1,861	1,892	1,924	1,944	1,987	2,031	2,075	2,120	2,164
3. CERVECERIA I	10,355	11,027	11,698	12,370	13,041	13,713	14,597	15,840	16,364	17,247
4. MUNICIPIO II	2,176	2,283	2,390	2,498	2,605	2,712	2,844	2,977	3,109	3,242
5. TEXTILERA II	523	523	523	523	523	523	523	523	523	523
6. MUNICIPIO III	378	397	416	435	454	473	505	536	568	599
7. MUNICIPIO IV	2,334	2,372	2,410	2,447	2,485	2,523	2,567	2,611	2,656	2,700
8. CERVECERIA II	47,027	49,977	52,928	55,878	58,829	61,779	64,769	67,759	70,748	73,738
9. MUNICIPIO V	9,461	9,820	10,180	10,539	10,899	11,258	11,674	12,091	12,507	12,924
10. QUIMICA A	31	31	31	31	31	31	32	32	33	33
11. QUIMICA B	1,272	1,272	1,272	1,272	1,272	1,272	1,360	1,448	1,537	1,625
12. QUIMICA C	107,830	119,073	130,316	141,560	152,803	164,046	174,447	184,848	195,249	205,650
13. IND. PAPELERA	86,190	94,623	103,055	111,488	119,920	128,353	133,209	138,066	142,922	147,779
14. CAFETALERA	1,399	1,399	1,399	1,399	1,399	1,399	1,443	1,487	1,532	1,576
15. MUNICIPIO VI	2,176	2,245	2,315	2,384	2,454	2,523	2,592	2,662	2,731	2,801
TOTAL	274,951	298,873	322,795	346,718	370,640	394,562	414,563	434,565	454,569	474,571
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. TEXTILERA I	1,970	1,970	1,970	1,970	1,970	1,970	1,970	1,970	1,970	1,970
2. MUNICIPIO I	2,208	2,252	2,296	2,341	2,385	2,429	2,479	2,530	2,580	2,630
3. CERVECERIA I	18,131	20,938	23,745	26,552	29,359	32,166	35,383	38,599	41,816	45,032
4. MUNICIPIO II	3,374	3,536	3,702	3,866	4,030	4,194	4,402	4,610	4,819	5,027
5. TEXTILERA II	523	523	523	523	523	523	523	523	523	523
6. MUNICIPIO III	631	669	707	782	744	820	870	921	971	1,022
7. MUNICIPIO IV	2,744	2,788	2,832	2,876	2,920	2,964	3,015	3,065	3,116	3,166
8. CERVECERIA II	76,728	83,612	90,497	97,381	104,266	111,150	116,514	121,878	127,242	132,606
9. MUNICIPIO V	13,340	13,826	14,311	14,797	15,768	15,348	16,348	16,928	17,509	18,089
10. QUIMICA A	34	35	36	37	38	39	40	42	43	45
11. QUIMICA B	1,713	1,985	2,258	2,530	3,075	3,122	3,169	3,217	3,264	10,880
12. QUIMICA C	216,051	232,450	248,848	165,247	281,645	298,044	329,542	361,040	392,539	424,037
13. IND. PAPELERA	152,635	168,589	184,543	200,498	216,452	232,406	241,186	249,966	258,747	267,527
14. CAFETALERA	1,620	1,795	1,970	2,145	2,320	2,495	2,576	2,656	2,737	2,817
15. MUNICIPIO VI	2,870	2,952	3,034	3,116	3,198	3,280	3,368	3,456	3,545	3,633
TOTAL	494,472	537,922	581,272	624,622	667,972	711,322	761,338	811,352	861,374	911,388

VIII.5 LINEAMIENTOS DE CALCULO

El dimensionamiento de estructuras y equipo responde a la necesidad de efectuar antepresupuestos con base en los mismos; por lo tanto, los cálculos que se efectuarán evitarán entrar al detalle.

Por otra parte, hay que considerar que en este nivel de proyecto, conviene asegurar la factibilidad más que el óptimo funcionamiento; de ahí que, dadas dos posibilidades de efectuar una operación unitaria, no se entrará en análisis de cual resulte más eficiente o más económico, dado que las diferencias entre una y otra no afectan seriamente al presupuesto.

Los terrenos para las plantas no es necesario asignarlos; pero sí es necesario, saber el área que ocupará la planta, para esto, se dibujaron croquis de distribución de estructuras.

Los parámetros de tratabilidad que no pudieron ser determinados, se tomaron de la literatura especializada.

VIII.5.1 MEDICION, DESARENACION Y CERNIDO

Los desarenadores se diseñarán con una carga superficial de 20lps/m², velocidad de 0.3 mts/seg., y tiempos de retención de 1 min; en las plantas. 1.A y 1.C la limpieza será manual; en las demás será mecánica.

En estas mismas plantas, el cernido se hará antes de la desarenación con un juego de rejillas y cedazos de limpieza manual. La medición será después de la desarenación, con vertedor proporcional. En las demás plantas, habrá cribas de limpieza automática. La medición será después de la desarenación, con un medidor Parshall.

VIII.5.1.2 SEDIMENTACION PRIMARIA

Se procurará entrar al aerador con no más de 125 ppm de SST, entonces se busca la remoción necesaria. Si "Z" es el contenido de SST en el agua cruda según la mezcla específica y "r" es la remoción deseada:

$$r = \frac{Z - 125}{Z} \times 100\%$$

Normalmente se busca remover en un sedimentador primario (SP) un 66% de SST, entonces caben 2 posibilidades:

- a) Si $r > 66$, requiere una remoción muy grande para llegar al límite especificado. En este caso se diseñarán para remover la cantidad necesaria para estar en su límite.
- b) Si $r \leq 66$ hay poco SST en la muestra cruda y se puede intentar una remoción, de 66% para mejorar las condiciones del aerador.

Seleccionado el valor de remoción, se entra a la gráfica de cargas superficiales-remoción, obteniendo una carga superficial de laboratorio (CSL); el coeficiente de seguridad recomendado es de 1.5, por lo que la relación con la carga superficial de proyecto (CSP)

$$CSP = \frac{C S L}{1.5}$$

Se considerará que un S.P. con carga superficial inferior a 0.2 lps/m^2 resultaría demasiado grande y de eficiencia dudosa, lo cual nos presenta 2 casos:

- 1.- Si $CSP \geq 0.2$, el agua tiene buena sedimentabilidad y puede removerse la proporción deseada. Así, si "A" es el área del S.P. y "Q" es el gasto modular seleccionado.

$$A = \frac{Q}{CSP}$$

En este nivel de anteproyecto se considerará el S.P. rectangular con rastras de sifón, debido a que este diseño asegurará la factibilidad más que lo óptimo y esto no presenta complicación alguna.

$$\frac{\text{Largo}}{\text{Ancho}} = 6 \quad ; \quad \text{Largo} = \sqrt{6A} \quad ; \quad \text{Ancho} = \frac{\text{Largo}}{6}$$

Con el valor de la remoción se entra a la gráfica tiempo-remoción, obteniendo el tiempo "T" de retención. Si el coeficiente de seguridad es de 1.75, el volumen "V" es:

$$V = 1.75 Q t; \text{ profundidad} = \frac{V}{A}$$

Quedando definido el S.P.

- 2.- Si $CSP < 0.2$ el agua es poco sedimentable y no es posible remover la proporción deseada de SST, debiendo aceptar la remoción que produzca el S.P. de 0.2 lbs/m^2 de CSP. Esta remoción se calcula en la gráfica de cargas superficiales - remoción con un valor de $CSL = 0.2 \times 1.5 = 0.30$; si se llama "Ri", al valor obtenido y "Xi" al contenido de SST en el influente del aerador:

$$X_i = Z (1 - R_i)$$

De estas resultan dos variantes:

- I.- $X_i \leq 125$ no existe problema y:

$$s = \frac{0}{0.2} \text{ y se procede igual que 1}$$

II.- $X_i > 125$ el aerador no trabaja en condición óptima, sobre todo en lo que se refiere a compacidad del lodo. Si el lodo está en óptimas condiciones puede esperarse que por el efluente del sedimentador secundario (S.S.) se escapen hasta 20 ppm. de SST; al revisar las C.P.D se observa que en ningún caso la condición de SST es menor de 50 ppm. Pero por las condiciones del anteproyecto se puede aceptar que se escape un poco más de SST por el efluente final, utilizando parte de la tolerancia de 250% que se tiene, procediendo como I.

VIII.5.1.3 AERADOR

Se considerará: $X_a = SSVLM * < 3500 \text{ mg/l}$

* SSVLM = Sólidos suspendidos Volátiles del Licor Mezclado

La constante de reacción "K" se considerará en el rango de las obtenidas, pero si puede agruparse con respecto al sustrato soluble se permitirá su extrapolación.

Esta constante se refiere a la remoción de DQO soluble, pero ésta se debe fundamentalmente a la remoción de materia biodegradable, por otra parte, la D.B.O. en el efluente que mencionan las C.P.D. esta compuesta principalmente de materia soluble, con una pequeña corrección por los sólidos que escapan del S.S. entonces la eficiencia " η " puede establecerse como:

$$\eta = 1 - \frac{Y_e - 16}{Y_i}$$

Donde Y_e = D.B.O. pedida en C.P.D.

Y_i = D.B.O. influente al aerador = 70% D.B.O. del agua cruda

16 = Corrección por SST en el efluente del S.S.

Así el tiempo "t" en el aerador es:

$$t = \frac{R}{K (X_a(1 - \eta))}$$

y el volumen:

$$V = 3,600tQ$$

y la relación:

$$\frac{F}{M} = \frac{\text{KgDBO}_5 \text{ TOTAL/DIA}}{\text{KgSSV}} = \frac{86.4 \text{ y } Q}{X_a V / 1,000}$$

Con lo que se puede hacer una prospección del índice volumétrico de lodos (I.V.L.) conforme la gráfica 8.1

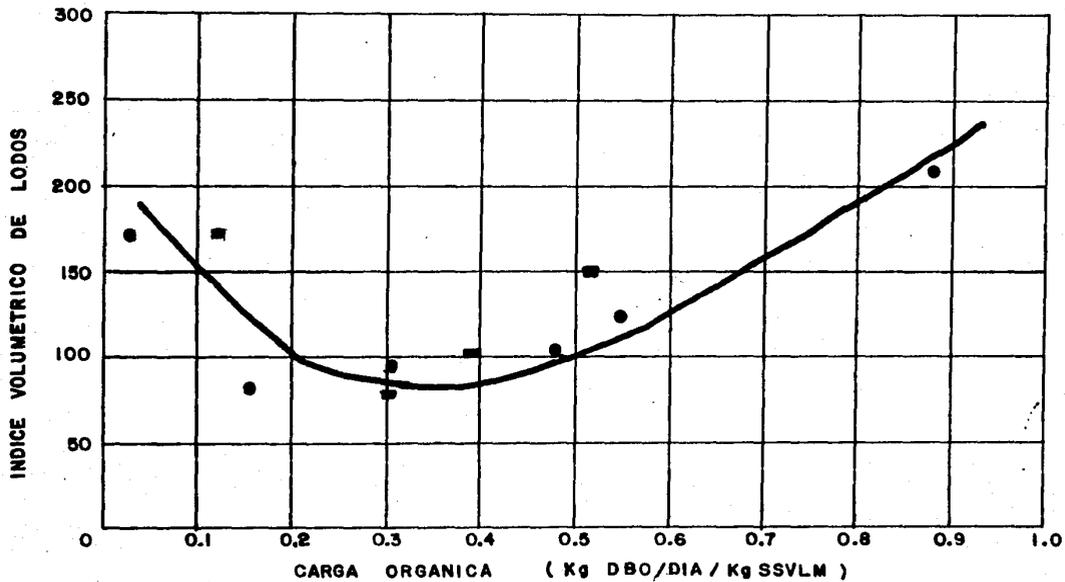
$$\text{SST en lodo} = \frac{100}{\text{IVL}}$$

Y de las pruebas de tratabilidad se obtiene la siguiente relación:

$$p = \frac{\text{SSTLM}}{\text{SSVLM}}$$

Si se llama " X_r " a los S.S.V. en el lodo de recirculación:

$$X_r = \frac{\text{SST en lodo}}{p}$$



● FORD Y ECKENFELDER

■ LOGAN Y BUDD

Además se conoce la relación

$$p' = \frac{\text{SST en agua cruda}}{\text{SSV en agua cruda}}$$

Así como la remoción del sedimentador primario (RSP) que finalmente se logrará.

Entonces, si "Xi" es el contenido de S.S.V. en el influente al aerador.

$$Xi = \frac{(1-RSP) Z}{p'}$$

Donde Z = SST en el agua cruda influente en el S.P.

Así es posible calcular "r", la fracción de recirculación requerida para mantener el contenido de sólidos en el aerador.

$$r = \frac{Xa - Xi - aSr + b X at}{Xr - Xa}$$

Los valores "a" y "b" no se tienen; pero las pruebas indican una mala producción de sólidos, por lo que se seleccionan los valores más desfavorables a = 0.31 y b = 0.18

Por otra parte, "Sr" es la reducción de DQO soluble; como la eficiencia está referida a la DBO, se propone al siguiente procedimiento:

Wm = DQO Total en la nuestra tomada para la prueba.
W'm = DQO Filtrada en la misma muestra.

Entonces se define la relación:

$$f = \frac{WM}{W'M}$$

En la cual se pueden calcular la DQO soluble que entra al aerador así como la que se remueve en éste:

$$Sr = \eta fwi$$

Donde Wi = DQO total influente

Y de acuerdo a la recirculación esperada, se calcula el sustrato inicial (So) en el licor mezclado.

$$S_o = \frac{1 - r (1 - \eta)}{1 + r} W_i$$

Este valor debe ser el valor seleccionado de "K" al inicio del tanteo, si no es así se pondera la situación.

Una vez obtenidos los valores correctos, se dimensiona el aerador; ya que se ha supuesto mezclado completo, se le considerará cuadrado, fijando la profundidad del aerador de 4.5 m. aproximadamente, por especificación del equipo de agitación, entonces:

$$A = \frac{V}{4.5} \quad \text{LADO} = \sqrt{A}$$

La agitación se calcula de la siguiente forma: primero la necesidad de oxígeno:

$$RrV = a'SrQ + b'XaV$$

Donde a' y b' son, respectivamente, la tasa de consumo de O₂ y constante de respiración endógena, obtenida de las pruebas de tratabilidad.

Para incorporar al agua esa cantidad de oxígeno se requiere una energía de 1.41 HP-Hr/Kg-O₂

$$N = \frac{No \text{ CSN} - ODA}{CSA} \quad T^{-20} = 0.71 \text{ KgO}_2/\text{HP-HR}$$

Donde No = 0.32 # O₂/HP - Hr = 1,476 Kg O₂ /HP - Hr

CSN = Saturación O.D. en el agua residual = 7.5 ppm

ODA = O.D. DESEADO EN EL AERADOR = 2 ppm

CSA = Saturación de O.D. en agua destilada a 20°, 760 mmHg₂

Hg = 9.17 ppm

α = Coeficiente de Transferencia = 0.8° C

T = 20°C

Entonces la potencia a instalar es:

$$\frac{RrV}{N} = 1.41 RrV$$

VIII.5.1.4 SEDIMENTADOR SECUNDARIO

Su carga superficial se considera 25% menor que la utilizada en el S.P.

$$A = 1.33 \text{ A.S.P.}$$

Donde; ASP es el área proyectada en el sedimentador primario.

El tiempo de retención se considerará de 2 hrs. por lo que:

$$V = 7,200 Q \text{ y } h = \frac{V}{A} \geq 2m$$

Para dimensionarlo se utilizan las mismas hipótesis del S.P.

$$\text{Largo} = \sqrt{A} \quad \text{y ancho} = \frac{\text{Largo}}{6}$$

RECIRCULACION

A fin de tener flexibilidad para dar la recirculación que mejor se adapte a unas condiciones determinadas, que pueden ser las correspondientes al arranque de un módulo, se proponen 6 bombas (más de 2 de reserva) para recirculación y el cárcamo necesario para alojarlas.

El gasto de las bombas será 1/6 del gasto total de recirculación que resulte, con una carga dinámica de 5 m.

VIII.5.1.5. CLORACION

Los aparatos se diseñaron para proporcionar 10 ppm de cloro libre gaseoso al agua tratada; en caso de que la instalación de agua potable lo requiriese, se hará la consideración correspondiente.

Dada la cercanía de las plantas a la Cd. de México, se considerará un almacenamiento de 1/2 semana como satisfactorio.

El tanque de contacto de cloro tendrá un tiempo de 15 min. y profundidad de 2 m.

VIII.5.1.6 TRATAMIENTO DE LODOS

Se considerará una digestión anaerobia con una retención de 30 días, sin calentamiento, a menos que se especifique lo contrario.

Para valuar el volumen de lodos influentes se considerará tanto el que proviene del S.P. (Gasto de lodos de desecho LSP) como el que proviene del SS (LSS) Así, si RSP es la remoción proyecto del S.P. (en %).

$$LSP = \frac{(RSP) Z Q}{0.05 \times 1000} \quad (\text{En LSP si } Q \text{ m}^3/\text{s}, \text{ suponiendo una concentración de sólidos en el lodo de } 5\%)$$

Por su parte para el lodo secundario, se hará el siguiente balance:

$$(Q + q) X_a = q X_r + (Q - LSS) X_e + (LSS) X_r$$

Donde Q = Gasto de la planta
 q = Gasto de recirculación
 X_a = SSVLM
 X_r = SSV en licor de recirculación
 X_e = SST que escapan del S.S. = 20 mg/l
 LSS = Gasto de lodos de desecho en S.S.

Si además:

$$r = \frac{q}{Q} ; \quad l = \frac{LSS}{Q} \quad L = \frac{X_a - X_e - r (X_r - X_a)}{X_r - X_e}$$

Según el gasto total de lodos que resulte ($LT = LSS + LSP$) se considerará la conveniencia de un espesador antes del digestor, en cuyo caso será diseñado para una carga superficial de 0.35 lbs/m^2 con una profundidad de 4.5m. Se considerará una reducción de 30% en el gasto de lodos o bien una concentración a la salida del 2% de sólidos.

En todo caso, al salir del digestor se considerará una concentración del 90% y una reducción en SSV de 50%

Con el mismo criterio de asegurar la factibilidad, se considera en seguida del digestor, un acondicionamiento con sulfato de aluminio para pasar después a un filtrado al vacío.

Todos los sobrenadantes se recircularán al aerador; para la disposición final de la "torta", se suponen acarrees de 1 Km, ya que las fotos aéreas muestran lugares adecuados para su disposición en ese radio.

En la siguiente etapa, se deberán contemplar y evaluar económicamente otras alternativas de disposición de lodos, de acuerdo a las necesidades de cada planta, entre estas alternativas están; las de incineración, uso en agricultura o digestión con calentamiento.

PLANTA 1.F

Esta planta será diseñada para coagular previo a la sedimentación primaria. No se efectuaron pruebas para esta planta, por lo que las cantidades a usar de coagulantes, así como sus efectos en la sedimentación y el tratamiento biológico, se tomaron de la literatura, buscando similitud con empacadoras de carne, cuyo desechos son ricos en nitrógeno.

ANTEPROYECTOS

Se desarrollará la alternativa 4 a nivel anteproyecto como ejemplo ilustrativo del tema, con el fin de evitar colocar todos los cálculos desarrollados en las distintas alternativas y ahorrarnos espacio.

Anteproyecto de diseño de la planta de tratamiento, alternativa 4, como ejemplo para los lineamientos de cálculo.

TABLA 8.3

Datos de Proyecto:	1980	1985	1990	1995	2000
Q(lsp)	3,749	4,568	5,620	6,887	8,454
DBO (MG/L)	507	594	595	715	750
DQO (MG/L)	2,349	2,758	2,809	3,298	3,628
SST (MG/L)	615	807	794	966	971

Modulación

Cada Módulo, deberá tener una capacidad de 850 (lps); por lo tanto, se necesitarán 10 módulos, para construirse de la siguiente forma:

Construcción inmediata	5 módulos	4,250
para 1,985	2 módulos	1,700
para 1,990	1 módulo	850
para 1,995	2 módulos	1,700

Cribado, Desarenación y Medición:

Condiciones de Gasto:

1980:

En Parshall y canal de aproximación = 1,500 y 750 lps
En desarenador = 750 lps

1985:

En Parshall y canal de aproximación = 1,827 y 914 lps
En desarenador = 914 lps

1990:

En Parshall y canal de aproximación = 1,606 y 803 lps
En desarenador = 803 lps

1995:

En Parshall y canal de aproximación = 1,722 y 861 lps
En desarenador = 861 lps

2000:

En Parshall y canal de aproximación = 1,700 y 850 lps
En desarenador = 850 lps

Si Q en Parshall = 1,700 lps

$$q = 170 \text{ lps/ dm}$$

$$hc = \sqrt[3]{\frac{1702}{98.1}} = 6.65 \text{ dm.}$$

$$h = 14.98 \text{ dm.} \left(\frac{850}{14.98b} \right) = 3 \Rightarrow b = \frac{850}{14.98 \times 3} = 18.91 \text{ dm.} \quad b = 2.20 \text{ m.}$$

$$\frac{1700.}{14.98a} = 9 \Rightarrow a = \frac{1700}{14.98 \times 9} = 12.61 \text{ dm.} \quad a = 1.30 \text{ m.}$$

$$A = \frac{850}{20} = 42.5 \text{ m}^2 \quad L = \frac{A}{b} = \frac{42.5}{2.20} = 19.32 \text{ m.}$$

$$V = L \times b \times h = 19.32 \times 2.20 \times 1.498 = 63.67 \text{ m}^3$$

$$Tr = \frac{V}{\eta} = \frac{63.67}{0.85} = 74.9 \text{ m}^3/\text{s} = 749 \text{ lps}$$

$$\text{Largo} = 19.5 \text{ m.}$$

$$\text{Si } Q \text{ en Parshall} = 1,500 \text{ lps}$$

$$q = 150 \text{ lps/dm} \quad hc = \sqrt[3]{\frac{1502}{98.1}} = 6.12 \text{ dm.}$$

$$Ec = 6.12 \times 1.5 = 9.81 \text{ dm.}$$

$$h \doteq 14.18 \text{ dm} \Rightarrow v = \text{en desarenador} = \frac{750}{14.18 \times 22} = 2.40 \text{ dm/s}$$

$$v = \text{en canal de aprox.} = \frac{1500}{14.18 \times 13} = 8.14 \text{ dm/s}$$

$$\text{Si } Q \text{ en Parshall} = 750 \text{ lps}$$

$$q = 75 \text{ lps/dm} \quad hc = \sqrt[3]{\frac{752}{98.1}} = 3.86 \text{ dm.}$$

$$Ec = 3.86 \times 1.5 = 5.79 \text{ dm.}$$

$$h \doteq 10.78 \text{ dm} \Rightarrow v = \text{en desarenador} = \frac{750}{10.78 \times 22} = 3.16 \text{ dm/s}$$

$$v = \text{en canal de aprox.} = \frac{750}{10.78 \times 13} = 5.35 \text{ dm/s}$$

$$\text{Si } Q \text{ en Parshall} = 1,827 \text{ lps}$$

$$q = 182.7 \text{ lps/dm} \quad hc = \sqrt[3]{\frac{182.72}{98.1}} = 6.98 \text{ dm.}$$

$$Ec = 6.98 \times 1.5 = 10.47 \text{ dm.}$$

$$h \doteq 15.47 \text{ dm} \Rightarrow v = \text{en desarenador} = \frac{1,827}{15.47 \times 22} = 5.37 \text{ dm/s}$$

$$v = \text{en canal de aprox.} = \frac{1,827}{15.47 \times 13} = 9.08 \text{ dm/s}$$

Si Q en Parshall = 914 lps

$$q = 91.4 \text{ lps/dm} \quad hc = \sqrt[3]{\frac{91.42}{98.1}} = 4.40 \text{ dm.}$$

$$Ec = 4.40 \times 1.5 = 6.60 \text{ dm.}$$

$$h = 11.60 \text{ dm} \quad v = \text{en desarenador} = \frac{914}{11.60 \times 22} = 3.58 \text{ dm/s}$$

$$v = \text{en canal de aprox.} = \frac{914}{11.60 \times 13} = 6.06 \text{ dm/s}$$

Sedimentación Primaria

$$\text{SST} = 914 \text{ MG/L}$$

Eficiencia requerida para que no entren al aerador más de 125 mg/l

$$\eta = \frac{971 - 125}{971} \times 100 = 87.1\%$$

Para realizar esta remoción, se tendría un S.P. fuera de proporción

$$\text{Con } Cs = 0.3 \text{ lps/m}^2 \text{ (lab)} \quad r = 54\% \Rightarrow Cs = \frac{0.3}{1.5} = 0.2 \text{ lps/m}^2 \text{ (proy.)}$$

$$As = \frac{850}{0.2} = 4250 \text{ m}^2 \quad \text{Largo} = \sqrt{6 \times 4250} = 159.7 \text{ m}$$

$$\text{Ancho} = \frac{159.7}{6} = 26.6 \text{ m}$$

Para remoción de 54%; $t = 95 \text{ min. (lab)}$ $Tr = 95 \times 1.75 = 166 \text{ min.}$

$$\text{Vol} = 0.85 \times 166 \times 60 = 8466 \text{ m}^3 \text{ prof} = \frac{8466}{4250} = 1.99 \text{ m.}$$

$$\text{Area S.P.} = 160 \times 27 \times 2 \text{ m.}$$

Tratamiento Biológico

DBO inf al aerador = 70% de la DBO inf. total = $0.7 \times 750 = 525 \text{ mg/l}$
DQO inf total = 3628 mg/l de los cuales el 73.2% es soluble - 2656 = SST inf al aerador = $0.46 \times 0.971 = 447 \text{ mg/l}$, de los cuales el 70% son volátiles ($p' = 1.4$)

SSV inf al aerador = $X_1 = 313 \text{ mg/l}$
DBO efluente de la planta = 133 mg/l (CPD)

$$\text{Eficiencia requerida} = \eta = 1 - \frac{133 - 16}{525} = 77.7\%$$

$$k = 2 \times 10^{-4} \quad X_a = 2300 \text{ mg/l}$$

$$t = \frac{\eta}{k \cdot X_a} = \frac{0.777}{2 \times 10^{-4} (0.23 \times 10^4) \times 0.223} = 7.6 \text{ hs.}$$

$$\text{Vol} = \eta \cdot t \cdot \text{conv} = 0.85 \times 7.6 \times 3600 = 23.256 \text{ m}^3$$

$$\frac{f}{m} = \frac{\text{DBO} \cdot \% \cdot \text{conv.}}{X_a \cdot \text{Vol.}} = \frac{0.525 \times 0.85 \times 86400}{2.3 \times 23256} = 0.72$$

IVL = 165 Indeseable; se aumentará el tiempo de retención a 10 hs y $X_a = 2500$

$$\text{Vol} = 0.85 \times 10 \times 3600 = 30600$$

$$\frac{f}{m} = \frac{0.525 \times 0.85 \times 86400}{2.5 \times 30600} = 0.504$$

$$\text{IVL} = 100$$

SST En Licor de recirculación = 1000 = 10 gr/l de estos el 77% son volátiles ($p = 1.3$) 100

SSV En licor de recirculación = 7692 mg/l = Xr

Eficiencia Lograda:

$$10 = \frac{\eta}{2.0 \times 10^{-4} (0.25 \times 10^4) (1 - \eta)} \Rightarrow h = \frac{5}{5 + 1} = 83\%$$

$$\text{Sr} = 0.83 \times 2656 = 2204 \text{ mg/l}$$

$$r = \frac{2500 - 319 - (0.31 \times 2204) + 0.18 (2500)}{7692 \times 2500} 10/24 = 32.4\%$$

$$\text{Sustrato Inicial } S_0 = \frac{1 + 0.324 (0.17)}{1.324} (2204) = 1756 \text{ mg/l } V_3$$

V867 mg/l de los recipientes C y D para los cuales $k = 2 \times 10^{-4}$

Como los otros recipientes decrecen la "k" con la S_0 , se acepta.

$$\text{Necesidades de Aire } a' = 0.285 \quad b' = 0.109$$

$$\text{RrV} = 0.285 \times 2.204 \times 0.85 \times 86400 + 0.109 \times 76,500 = 54,469 \text{ Kg/día} \\ = 2269 \text{ Kg/hr.}$$

$$\text{Potencia requerida} = \frac{2264}{0,71} = 3196 \text{ Hp}$$

Si se utilizan 20 unidades de 150 hp

$$N = \frac{2269}{3000} = 0.756 = (1,476) \frac{7.5 - \text{ODa } 0.8}{9.17}$$

$$\text{ODA} = \left(\frac{0.756 \times 9.17}{1.476 \times 0.8} \right) + 7.5 = 1.62 \text{ mg/l ACEPTABLE}$$

$$\text{prof} = 4.5 \quad \text{Vol} = 0.85 \times 36000 = 30600 \text{ M3}$$

$$\text{As} = \frac{30600}{4.5} = 6800 \text{ m}^2; \text{Lado} = \sqrt{6800} = 82.5 \text{ m.}$$

Sección 82.5x 82.4 x 4.5 m.

Sedimentación Secundaria

$$\text{AS} = 1.33 \quad \text{As.p} = 1.33 \times 4250 = 5652 \text{ m}^2; \text{Largo} = \sqrt{6 \times 5652} = 184$$
$$\text{Ancho} = \frac{184}{6} = 31 \text{ m}$$

$$\text{prof} = 2 \text{ m.}$$

$$A = 30 \times 114 \times 2 \text{ m.}$$

Cloración

$$\text{Cantidad requerida de Cl}_2 = 4.250 \times 86400 \times 0.01 = 3672 \text{ Kg/día}$$

Se instalarán 8 aparatos de 1 ton /d

4 de instalación inmediata

1 en 1985

1 en 1990

2 en 1995

$$\text{Contacto Vol} = 0.85 \times 900 = 765 \text{ m}^3 \quad \text{prof} = 2 \text{ m.} \quad \text{As} = 383 \text{ m}^2$$

$$30 \times 13 \times 2 \text{ m.}$$

Recirculación

$$\text{Gasto de recirculación} = 0.324 \times 8.5 = 2.754 \text{ m}^3/\text{g}$$

$$\text{pot} = \frac{2754 \times 5}{0.7 \times 76} = 259 \text{ Hp}$$

Se instalarán 8 bombas de 50 Hp C/u

4 de instalación inmediata

1 en 1985

1 en 1990

2 en 1995

Tratamiento de Lodos

$$\text{Del S.P.} \quad \text{L.S.P.} = \frac{0.54 \times 971 \times 8.500}{50} = 89 \text{ LPS}$$

$$\text{Del S.S.} \quad \text{L} = \frac{1.324 \times 2500 - 0.324 \times 7692}{7672} - 20 = 0.104$$

$$\text{L.S.S.} = 0.104 \times 8500 = 884 \text{ lps}$$

$$\text{LT} = 89 + 884 = 973 \text{ lps}$$

$$\text{Espesador} \quad \text{Cs} = 0.35 \text{ lps/m}^2$$

$$\text{As} = \frac{973}{0.35} = 2780 \text{ m}^2$$

$$\text{Unidades de 20 m de } \varnothing; \text{As} = 314 \text{ m}^2; n = \frac{2780}{314} = 9 \text{ u.}$$

9 unidades de 20 m. de \varnothing x 4.5m. de prof.

4 de construcción inmediata

2 1,985

1 1,990

2 1,995

Cantidad de Sólidos

$$\text{Del S.P.} = 0.54 \times 0.971 \times 8.5 = 4.46 \text{ Kg}$$

$$\text{S.S.} = 10 \times 0.884 = 8.84$$

$$\text{Total} = 13.30 \text{ Kg}$$

Del espesador sale licor concentrado al 3%

$$\text{Entrada a digestión} = \frac{13.30}{0.03} = 443 \text{ lps}$$

Volumen de digestores:

$$0.443 \times 20 \times 129,976.00 = 1.15 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$\text{Pobl. equivalente} = \frac{8500 \times 86400}{200} = 3.67 \times 10^6$$

$$\text{Vol. per cápita} = \frac{1.15 \times 10^6}{3.67 \times 10^6} = 0.313 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se acepta por ser aguas predominantemente industriales; pero se considera digestión termofílica, con lo que el volumen de digestión se reduce a la mitad; 575,000 m³.

Sean 60 unid. de 28m de ø

$$\text{Vol por unidad} = \frac{575000}{60} = 9583 \text{ m}^3$$

$$\text{As por unidad} = \frac{28^2 \pi}{4} = 615.7 \text{ m}^2 \text{ prof} = \frac{9583}{615.7} = 15.56 \text{ m}$$

Se instalarán 60 unids. de 28.m ø x 15.5m de prof.

30 de inmediato

12 1,985

6 1,990

12 1,995

Capacidad de Calderas

Se requiere elevar la temperatura de 443 lps. de un promedio de 20°C a 37°C

$$443 \times 17 = 7531 \text{ Kcal/s}$$

En adición se requiere compensar las pérdidas de 574000 m³ durante 15 días y considerar todas las demás pérdidas y eficiencias, se supone:

$$\text{Potencia calorífica a instalar} = 7531 \times 1.5 = 11,297 \text{ kcal/s} \\ = 12,000 \text{ Kcal/s}$$

Se instalarán calderas con capacidad de 6,000 Kcal/s para iniciar.

Se instalarán calderas con capacidad de 2,500 Kcal/s para 1985.

Se instalarán calderas con capacidad de 1,000 Kcal/s para 1990.

Se instalarán calderas con capacidad de 1,500 Kcal/s para 1995.

Acondicionamiento para el secado:

$$\text{SSV del S.P.} = 4.46 \times 0.7 = 3.12 \text{ Kg/s}$$

$$\text{SSV del S.S.} = 8.84 \times 0.77 = \frac{6.81}{9.93}$$

En el digestor se destruye la mitad 4.97

$$\text{Restan } 13.29 - 4.97 = 8.32 \text{ Kg/s} = 29952 \text{ Kg/hr} = 719 \text{ ton/día}$$

$$\text{Requerimiento de } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 29952 \times 0.04 = 1198.1 \text{ Kg/hr} \\ = 10495 \text{ ton/año}$$

Instalar 4 dosificadores de 150 Kg/h c/u de inmediato

Instalar 2 dosificadores de 150 Kg/h c/u para 1985

Instalar 2 dosificadores de 150 Kg/h c/u para 1995

Filtros de vacío

$$\eta = 20 \text{ Kg/m}^2/\text{hr efectiva} \\ \frac{29952}{20} = 1497.6 \text{ m}^2$$

$$\text{Suponiendo 20 unidades, área/unid.} = \frac{1497.6}{20} = 74.88 \text{ m}^2$$

$$\text{Si el diámetro es de 3.5 m.: perímetro} = 3.5 \pi = 11 \text{ m. long} = \\ \frac{74.88}{11} = 6.80 \text{ m.}$$

Se instalarán 25 unidades de 3.5 m de ϕ por 7m. de long.

13 de instalación inmediata

5 en 1,985

2 en 1,990

5 en 1,995

Capacidad de acarreo

$$\text{Peso de la "galleta"} = \frac{719}{0.3} = 2397 \text{ ton/día}$$

Consumo de cloro

$$\begin{aligned} Q (31.55 \times 10^6) & 10 \times 10^{-6} = 315 \text{ Q} \\ \text{En 1980} & = 315 \times 3.749 = 1,181 \text{ ton/año} \\ \text{En 1985} & = 315 \times 4.568 = 1,439 \text{ ton/año} \\ \text{En 1990} & = 315 \times 5.620 = 1,770 \text{ ton/año} \\ \text{En 1995} & = 315 \times 6.887 = 2,169 \text{ ton/año} \\ \text{En 2000} & = 315 \times 8.500 = 2,678 \text{ ton/año} \end{aligned}$$

Consumo de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

$$\begin{aligned} \frac{10495}{8.5} & = 1235 \text{ ton/año/m}^3/\text{S tratado} \\ \text{En 1980} & = 1235 \times 3.749 = 4,630 \text{ ton/año} \\ \text{En 1985} & = 1235 \times 4.568 = 5,641 \text{ ton/año} \\ \text{En 1990} & = 1235 \times 5.620 = 6,941 \text{ ton/año} \\ \text{En 1995} & = 1235 \times 6.887 = 8,505 \text{ ton/año} \\ \text{En 2000} & = 1235 \times 8.500 = 10,497 \text{ ton/año} \end{aligned}$$

Acarreos de "galleta"

$$\begin{aligned} \frac{2397}{8.5} & = 282 \text{ ton/año/m}^3/\text{S tratada} \\ \text{En 1980} & = 282 \times 3.749 = 1,057 \text{ ton/año} \\ \text{En 1985} & = 282 \times 4.568 = 1,288 \text{ ton/año} \\ \text{En 1990} & = 282 \times 5.620 = 1,585 \text{ ton/año} \\ \text{En 1995} & = 282 \times 6.887 = 1,942 \text{ ton/año} \\ \text{En 2000} & = 282 \times 8.500 = 2,397 \text{ ton/año} \end{aligned}$$

Producción de metano:

$$\begin{aligned} 8\text{ft}^3/\text{lb de ssv} & = 0.05\text{M}^3(\text{TPN}) \text{ Kg SSV} \\ \text{Si tienen } 9.88 \text{ Kg/s de SSV} & \Rightarrow 9.88 \times 0.5 = 4.94 \text{ m}^3 \text{ de CH}_4/\text{s} \\ \frac{1,545 \times 10^8}{8.5} & = 1,818 \times 10^7 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{año/m}^3/\text{s tratada} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{En 1980} & = 1,810 \times 10^7 \times 3.749 = 68.14 \text{ millones de m}^3 \\ \text{En 1985} & = 1,810 \times 10^7 \times 4.568 = 83.03 \text{ millones de m}^3 \\ \text{En 1990} & = 1,810 \times 10^7 \times 5.620 = 102.15 \text{ millones de m}^3 \\ \text{En 1995} & = 1,810 \times 10^7 \times 6.887 = 125.18 \text{ millones de m}^3 \\ \text{En 2000} & = 1,810 \times 10^7 \times 8.500 = 154.50 \text{ millones de m}^3 \end{aligned}$$

Nota: el 30% del metano producido se utilizará para calentar los digestores.

VIII.5.2.1 PLANTA 1.A

Esta planta trataría los desechos combinados de la textil 1 y municipio I, los factores para esta planta obtenidos de la prueba de tratabilidad en laboratorio son:

$$p = \frac{S S T}{S S V} \text{ (Licor mezclado) } = 1.400$$

$$p' = \frac{S S T}{S S V} \text{ (Agua Cruda) } = 1.270$$

$$f = \frac{D Q O \text{ SOLUBLE}}{D Q O \text{ Total}} \text{ (agua cruda) } = 0.357$$

Se considerará conveniente proyectar dos módulos de 75 lps ya que uno sería insuficiente para las condiciones actuales, los módulos se construirán desde el inicio.

Por ser de limpieza manual, se consideran 3 desarenadores, a fin de que uno pueda ser limpiado mientras que trabajan los otros. Estos se instalarán en los canales, de dimensión 18 X 0.6 X 0.4 m. la medición se hará con un vertedor proporcional.

De la ecuación del contorno:

$$X = 0.0435 h^{-1/2}$$

El S.P. con capacidad para remover el 80% SST, trabajará con una carga superficial de 33.1 m³/d/m² y tiempo de retención de 1 hr. 20 min. con dimensión de 35 X 6 X 1.90 m.

Después de este tratamiento cabe esperar una remoción de 30% de DBO total; esto hace que entre al aerador una carga de 169 mg/l, que al compararse con los 132 mg/l que piden las CPD, encomiendan al reactor una eficiencia muy baja; conviene mejor pasar de lado una parte del agua sedimentada (90 lps) para que la mezcla resultante tenga las CPD requerida, los 60 lps se tratan a una eficiencia del 70%.

Así el aerador tendrá un tiempo de retención de 11.7 hr con 2,000 mg/l de SSV, lo que nos proporciona una dimensión de 17 x 17 x 4.5m; además se requiere instalar un agitador de alta velocidad de 15 H.P. en cada módulo.

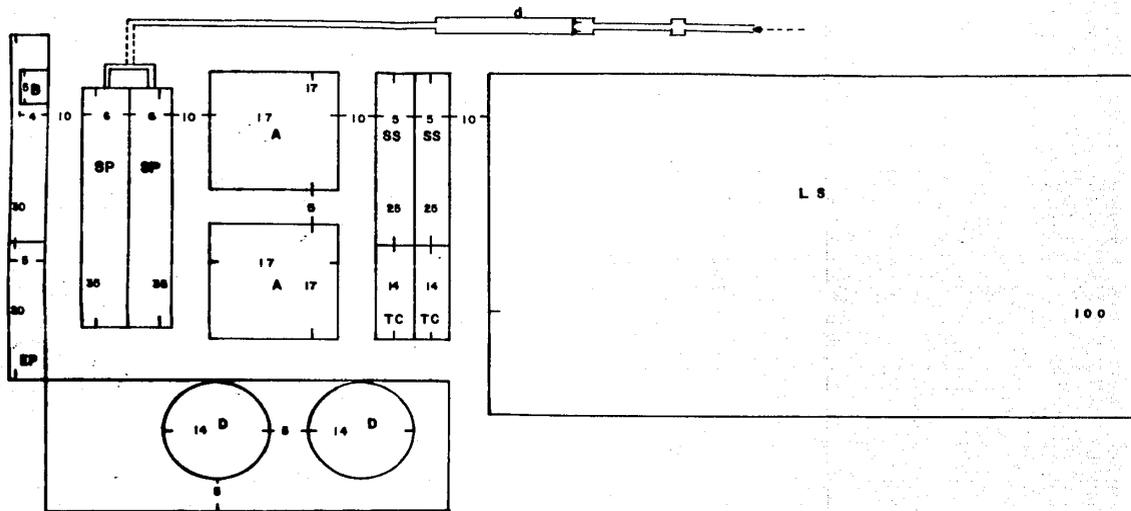
La recirculación requerida es de 44%; es aconsejable utilizar 5 bombas (mas una de reserva) con potencia de 1/2 H.P.

Al sedimentador secundario entrará sólo el caudal saliente del aerador con una carga de 24.6 m³/d/m² y un tiempo de retención de 2 hrs. de dimensión 25 x 5 x 1.75 m.

Para asegurar bacteriológicamente el efluente se requieren 2 cloradores de 70 Kg/día de capacidad así como un tanque de 15 min. de contacto de 14 x 5 x 2 m en cada módulo.

La digestión será anaerobia sin calentamiento, considerando un período de 30 días para ello, por lo que se requieren dos unidades de 14 m. de diámetro por 5 m. de profundidad.

Los lodos digeridos se desecarán en lechos de arena con superficie de 5,000 m². El clima imperante hace necesario cubrir los lechos en la forma más económica posible, se desecarán un promedio de 5.7 ton/día de "torta".



DATOS DE PROYECTO

GASTO:

PRIMERA ETAPA = 180 lps.
 POR MODULO = 75 lps.

SP:

CARGA SUPERFICIAL = $0.30 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$ / REMOCION = 80% SST

SS:

CARGA SUPERFICIAL = $0.20 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$

TC:

TIEMPO DE CONTACTO = 10 min. $Q_2 = 10 \text{ ppm}$.

A:

RETENCION = 17 hr. EFICIENCIA = 70% BOD₅
 SVLM = 2 000 mg/l. RECIRCULACION = 44%

D:

RETENCION = 30 días. CONCENTRACION FINAL = 10% SST
 REMOCION = 80%

AS:

RETIENIMIENTO = 30 m²/lps INFLUENTE A LA PLANTA

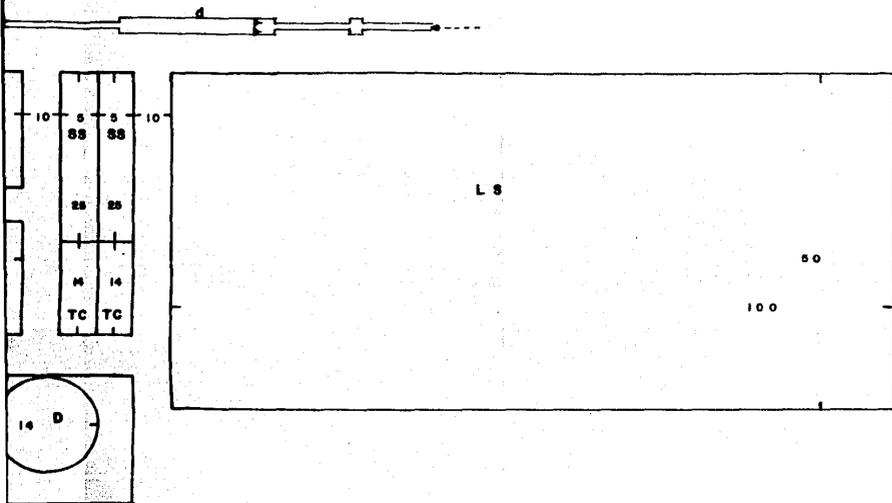
SIMBOLOGIA

- B = Cárcamo de bombas.
 EP = Edificio Principal.
 SP = Sedimentador Primario.
 A = Aerator.
 SS = Sedimentador Secundario.
 TC = Tanque de Contacto de Cloro.
 D = Digestor.
 L.S. = Lecho de Secado.
 d = desarenador.

NOTAS:

- El terreno es virtual; el arreglo, por consiguiente, es tentativo.
- Los datos de proyecto son resultado de pruebas de tratibilidad en laboratorio.
- El sistema de limpieza en los sedimentadores primarios, se está considerando rasera de alifán.
- Los agitadores que producirán la coagulación serán de alta velocidad.
- Asesiones en metros.
- ESC: 1:500

† SOLO TRATARA 60 lps.



SIMBOLOGIA

- B = Cámara de bombas.
- EP = Edificio Principal.
- SP = Sedimentador Primario.
- A = Aerator.
- SS = Sedimentador Secundario.
- TC = Tanque de Contacto de Cloro.
- D = Distribuidor.
- LS = Lago de Sedado.
- d = diámetro.

NOTAS:

- El terreno es virtual; el arreglo, por consiguiente, es tentativo.
- Los datos de proyecto son resultado de pruebas de turbiedad en laboratorio.
- El sistema de limpieza en los sedimentadores primarios, se está considerando rostran de sílfen.
- Los agitadores que producirán la aereación serán de alta velocidad.
- Asestaciones en metros.
- ESC: 1:500

DISTRITO DE CONTROL DE
CALIDAD DEL AGUA
ALTERNATIVA I
PLANTA A

♦ SOLO TRATARA 60 lps.

VIII.5.2.2. PLANTA 1.B.

Esta planta tratará los desechos combinados de las cervecería I y municipio II, sus parámetros son:

$$p = \frac{S S T}{S S V} \text{ (Licor mezclado) } = 1.480$$

$$p' = \frac{S S T}{S S V} \text{ (Agua Cruda) } = 1.100$$

$$f = \frac{D Q O \text{ SOLUBLE}}{D Q O \text{ Total}} \text{ (agua cruda) } = 0.588$$

Se necesitan 4 módulos de 275 lps cada uno, dos serían de construcción inmediata, en tanto que los otros se construirán después.

Las rejillas son de limpieza automática y se instalarán en el canal que tendrá una velocidad variable de 50 a 90 cm/seg. con ancho de 60 cm.

Cada canal de aproximación sirve a dos desarenadores de 22 X 1 X 1.4 m y tirante variable de 69 a 105 cm., su limpieza será mecánica, por medio de rastras llevando la arena a una fosa de donde será recogida por medio de cangilones para su disposición.

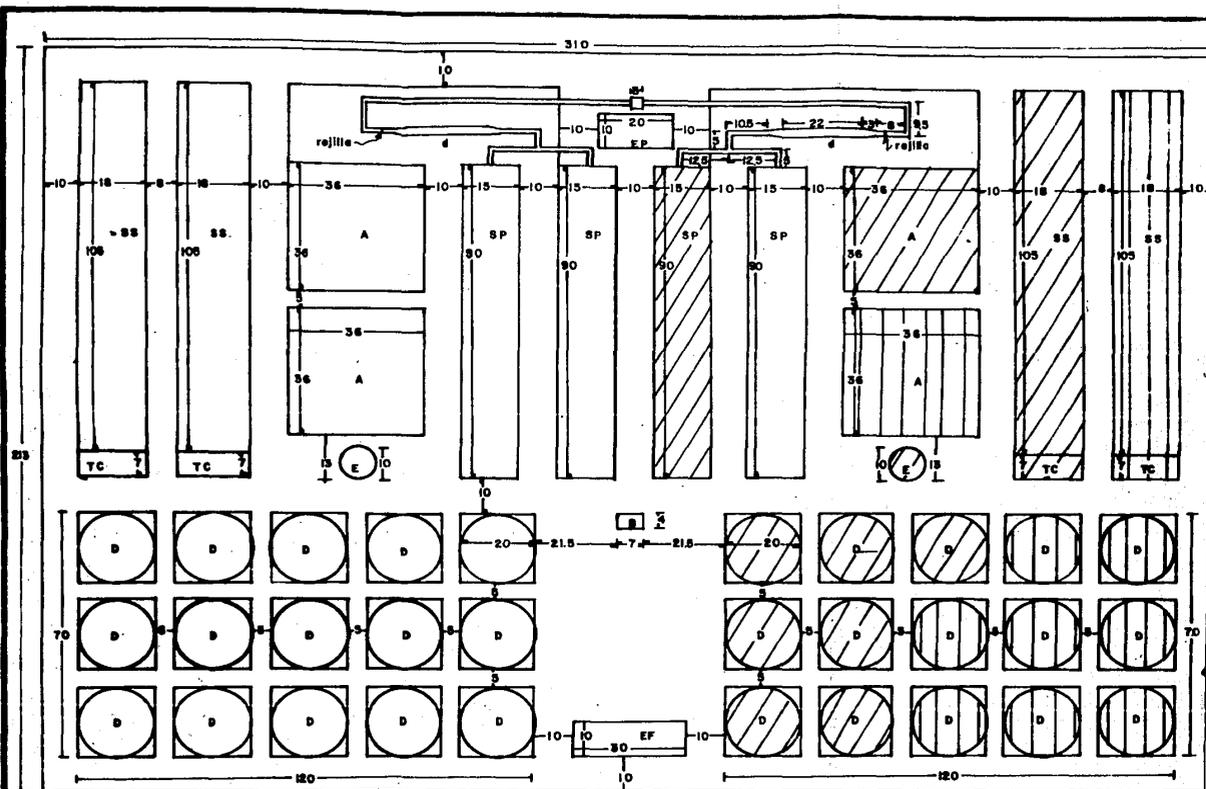
Dos canales desembocan a un medidor Parshall de 50 cm. de garganta, después del cual se hará una repartición simétrica a dos módulos.

El S.P. removerá un 38% de SST con carga superficial de $17.3 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}^2$ y tiempo de retención de 2 hrs. 55 min. que nos pide una dimensión de 980 X 15X 2.15 m.

El aerador trabajará con eficiencia de 73% , con 2,300 mg/l de SSV, para lo que se requiere un tiempo de retención de 5.9 hrs. que nos da una dimensión de 36X36X4.5m. instalando 4 agitadores de alta velocidad de 150 H.P.

La recirculación requerida es de 52% para lo que se necesitan 6 bombas de 10 H.P. (más 2 de reserva).

El sedimentador secundario trabajará con carga de $13/\text{m}^3/\text{d}/\text{m}^2$ que nos obliga a la siguiente dimensión: 105x18X2m.



SIMBOLOGIA

B=Cérea de bombas

SA=Sedimentador secundario

DB=Desareador

EP=Edificio principal

A=Aerador

TC=Tiempo de contacto de cloro

E=Espeador

SP=Sedimentador primario

D=Digestor

EF=Edificio de filtros



1a. etapa



2a. etapa



3a. etapa

NOTAS

- o El terreno es virtual; el cruce por consiguiente, es tentativo.
- o Los datos de proyecto son resultado de pruebas de turbididad en laboratorio.
- o El sistema de limpieza en los sedimentadores primarios y secundarios, será considerado con ranas.
- o Los agitadores que producirán la coagulación, serán de alta velocidad.
- o Asociaciones en metros.
- o ESC. 1:1000

DATOS DE PROYECTO

GASTO: Primera etapa: 500 lps.
 Segunda etapa: 825 lps.
 Tercera etapa: 1100 lps.
 Por módulo: 275 lps.

SP: Carga superficial: 0.2 lps/m²
 Remoción: 38 % de SST

A: Tiempo de retención: 5.9 hs.
 Eficiencia: 73 % DB05
 SSVLM: 2 300 mg/l.
 Pot. agitación: 4 X 180 Hp/unidad
 Recirculación: 82 %

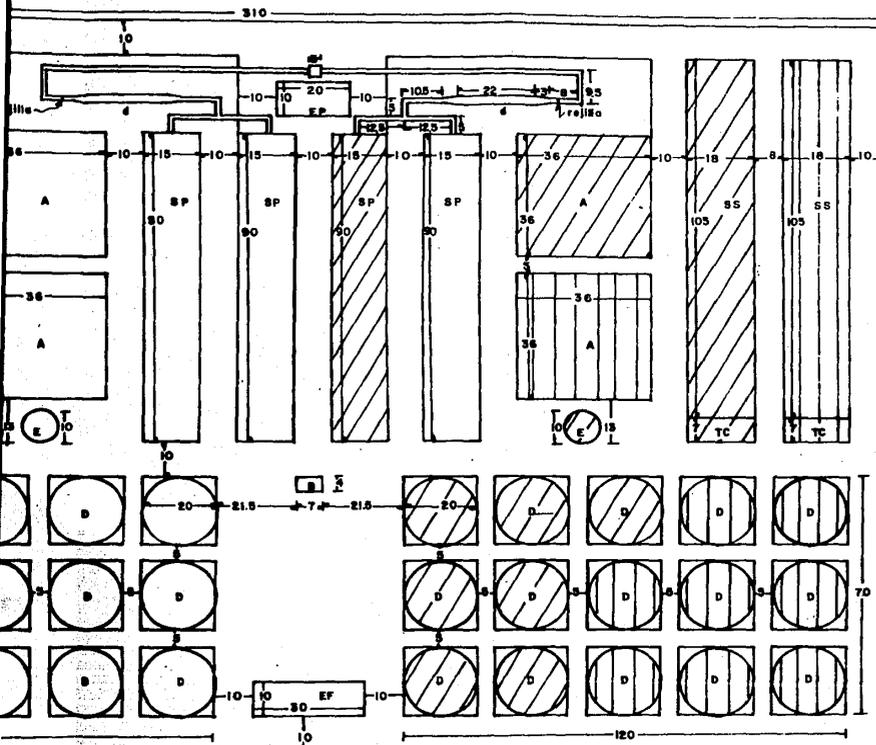
SS: Carga superficial: 0.15 lps/m².

TC: Tiempo de contacto: 15 min.
 C12: 10 ppm.

D: Tiempo de retención: 30 días
 Concentración final: 10 %
 Reducción SSV: 50 %

E: Carga superficial: 0.38 lps/m²
 Concentración final: 2 % SST

EF: Superficie filtrada: 82 m²
 Rendimiento: 20 Kg/m²/hr.
 No. unidades: 5



LOGIA

SP= Sedimentador primario
 D= Digestor
 EF= Estato de filtros

NOTAS

- El terreno es virtual; el arreglo por consiguente, es tentativo.
- Los datos de proyecto son resultado de pruebas de turbididad en laboratorio.
- El sistema de limpieza en los sedimentadores primarios y secundarios, está considerado con raseros de alfé.
- Los agitadores que producirán la aereación, serán de alta velocidad.
- Acontecimientos en metros.
- ESC. 1:1000

2a. etapa 3a. etapa

DISTRITO DE CONTROL DE

CALIDAD DEL AGUA

ALTERNATIVA I

PLANTA B

Para asegurar bacteriológicamente el efluente, se requiere instalar 4 cloradores de 250 Kg/día cada uno; dos se instalarán en la primera etapa, así mismo se necesita un tanque de 15 min. de contacto de 18x7x2m. con el equipo adecuado, construyéndose uno inmediatamente.

La digestión se llevará a cabo en forma anaerobia, previo un espesamiento en dos unidades totales de 10m. de diámetro y 4.5m de profundidad para trabajar a temperatura ambiente con periodo de retención de 30 días.

Los lodos digeridos se secarán en 5 filtros de vacío de 1.5m de diámetro por 3.5 m. de longitud, de los cuales 3 se construirán inmediatamente; previo a este secado, los lodos se acondicionarán con sulfato de aluminio en cuatro dosificadores (2 en primera etapa) con capacidad de 13 Kg/Hr.

La torta resultante del secado será enviada a silos por medio de bandas transportadoras y de ahí será removida en camiones a razón 49 ton/día (32 ton. al inicio).

VIII.5.2.3 PLANTA 1.C.

A esta planta corresponde tratar el influente combinando de la textil 2 y Municipio IV, sus parámetros de diseño son:

$$p = \frac{S S T}{S S V} \text{ (Licor mezclado) } = 1.400$$

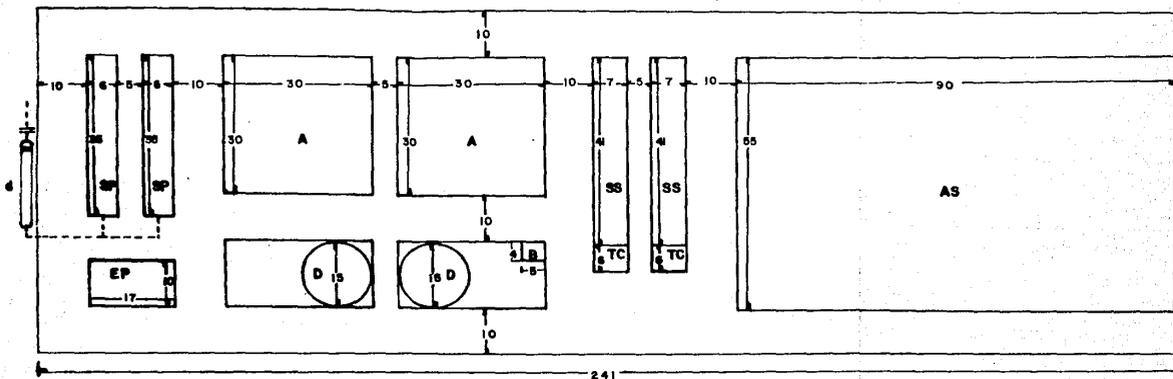
$$p' = \frac{S S T}{S S V} \text{ (Agua Cruda) } = 1.270$$

$$f = \frac{D Q O \text{ SOLUBLE}}{D Q O \text{ Total}} \text{ (agua cruda) } = 0.357$$

Es conveniente proyectar 2 módulos de 80 lps, toda vez que uno sólo sería insuficiente para las condiciones actuales; éstos se construirán desde el inicio.

Como serán de limpieza manual se proyectan 3 desarenadores a fin de que uno pueda ser limpiado mientras los otros trabajan, la dimensión del canal desarenador es de 18x0.6x0.4m, midiéndolo con vertedor proporcional de la ecuación del contorno:

$$X = 0.0428 h^{-1/2}$$



DATOS DE PROYECTO

GASTO: 180 lps.
 Por módulo: 80 lps.

SP= Carga superficial= 0.38 lps/m²
 Remoción = 80 % SST

A= Tiempo de retención= 14.23 hr.
 Eficiencia = 74 % DBO5
 SEVLM = 2000 mg/l
 Pot. de agitación = 1X 80 Hp/módulo
 Retención = 90 %

SB= Carga superficial= 0.288 lps/m²

TC= Tiempo de contacto= 18 min.
 CIZ = 10 ppm.

D= Tiempo de retención= 30 días
 Concentración final = 10 % SST
 Reducción SBV = 90 %

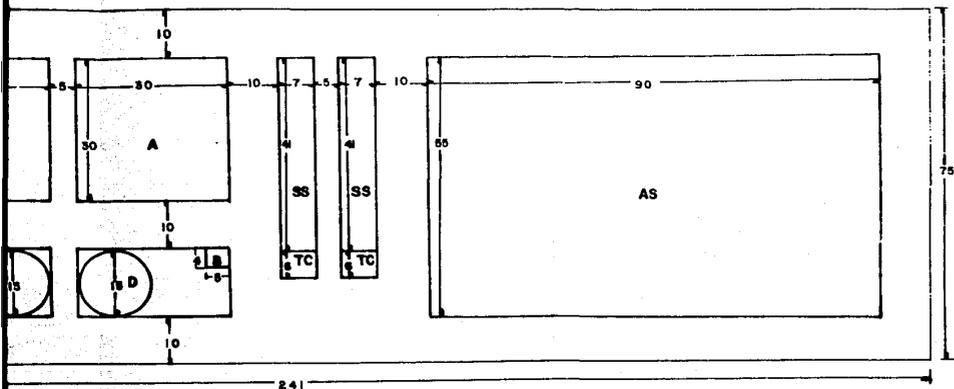
AS= Rendimiento= 50 m³/lps influente a la planta

SIMBOLOGIA

B= Símbolo de bombeo.
 A= Aerador.
 SP= Sedimentador primario.
 SS= Sedimentador secundario.
 TC= Tanques de contacto de cloro.
 D= Digestor.
 AS= Lecho de secado.
 EP= Edificio principal.
 de= Desarenador.
 = Rejilla.

NOTAS:

- o El terreno es virtual, el arreglo por consiguiente es tentativo.
- o Los datos de proyecto son resultado de pruebas de tratamiento en laboratorio.
- o El sistema de limpieza en los sedimentadores primarios está considerado con raseros de agua.
- o Los agitadores que preparan la aeración serán de alta velocidad.
- o Ajustamos en metros.
- o ESC. 1:750



LECTO

S I M B O L O G I A

- B = Cámara de bombeo.
- A = Aerador.
- SP = Sedimentador primario.
- SS = Sedimentador secundario.
- TC = Tanque de contacto de cloro.
- D = Digestor.
- AS = Leche de secado.
- E = Edificio principal.
- d = Descendedor.
- = = Rejilla.

NOTAS:

- o El terreno es virtual, el arreglo por consiguiente es tentativo.
- o Los datos de proyecto son resultado de pruebas de trabajabilidad en laboratorio.
- o El sistema de limpieza en los sedimentadores primarios está considerado con raseras de uña.
- o Los agitadores que producirán la aereación serán de alta velocidad.
- o Anotaciones en metros.
- o ESC. 1:750

DISTRITO DE CONTROL

DE CALIDAD DE AGUA

ALTERNATIVA I

PLANTA C

El S.P., con capacidad para remover el 80% de SST, trabajará con una carga superficial de $32.8 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}^2$, y tiempo de retención de 1 hr. 20 min. que nos da la dimensión del S.P.. de $35 \times 6 \times 1.83\text{m}$.

El aerador trabajará con una eficiencia de 74%, para lo cual requiere un tiempo de retención de 14.23 hrs. con 200 mg/l de SSV que obliga a tener la siguiente dimensión: $20 \times 30 \times 4.5\text{m}$. además se requiere un agitador de alta velocidad 50 H.P.

El S.S. trabajará con una carga superficial de $24.6 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}^2$ lo que implica una dimensión de $41 \times 7 \times 2.1\text{m}$ para un tiempo de retención de 2 hrs.

Como se recirculará el 80%, se necesitan 6 bombas de 2 H.P. (más 2 de reserva).

Para asegurar la calidad bacteriológica del efluente se requiere instalar dos cloradores de 80 Kg/día de capacidad, así como tanques de 15 min. de contacto de $7 \times 5.5 \times 2\text{m}$.

La digestión de lodos se hará en forma anaerobia sin espesamiento, en dos unidades de 15m. de diámetro por 5.15m. de longitud, los lodos resultantes se secarán en lechos de arena cubiertos, con área de $5,000 \text{ m}^2$; la torta será retirada en camiones a razón de 7 ton/día en promedio.

VIII.5.2.4 PLANTA 1.D

Consiste en una laguna aerada para tratar exclusivamente los desechos del Municipio III.

Su diseño no se basa en pruebas de tratabilidad ya que este tipo de estructura puede dimensionarse en base a parámetros sin que afecte la precisión del estudio.

Se proyectan 2 módulos de 17 lps cada uno; el primero es de construcción inmediata, y el segundo se construirá en 1990.

El tiempo de retención es de 10 días, con lo que el volumen total resulta ser de $29,376 \text{ m}^3$ (14683 m^3 por módulo), con lo que se necesitaría una dimensión de $100 \times 50 \times 3\text{m}$. por módulo; cada módulo tendrá 3 cámaras, la primera se agitará totalmente, la segunda el 50% y la tercera es de maduración; los agitadores son 5 de 15 H.P. para la primer cámara y de 5 de 7.5 H.P. para la segunda.

Para el cálculo de terracerías, se supone una compensación total en primera etapa y se respeta la profundidad resultante al construir la segunda etapa, se asume así mismo la necesidad de importar 10% de material arcilloso.

VIII.5.2.5 PLANTA 1.E

A esta planta corresponden tratar el influente combinado del municipio V y cervecería 2, sus parámetros son:

$$p = \frac{S S T}{S S V} \text{ (Licor mezclado) } = 1.010$$

$$p' = \frac{S S T}{S S V} \text{ (Agua Cruda) } = 1.500$$

$$f = \frac{D Q O \text{ SOLUBLE}}{D Q O \text{ Total}} \text{ (agua cruda) } = 0.407$$

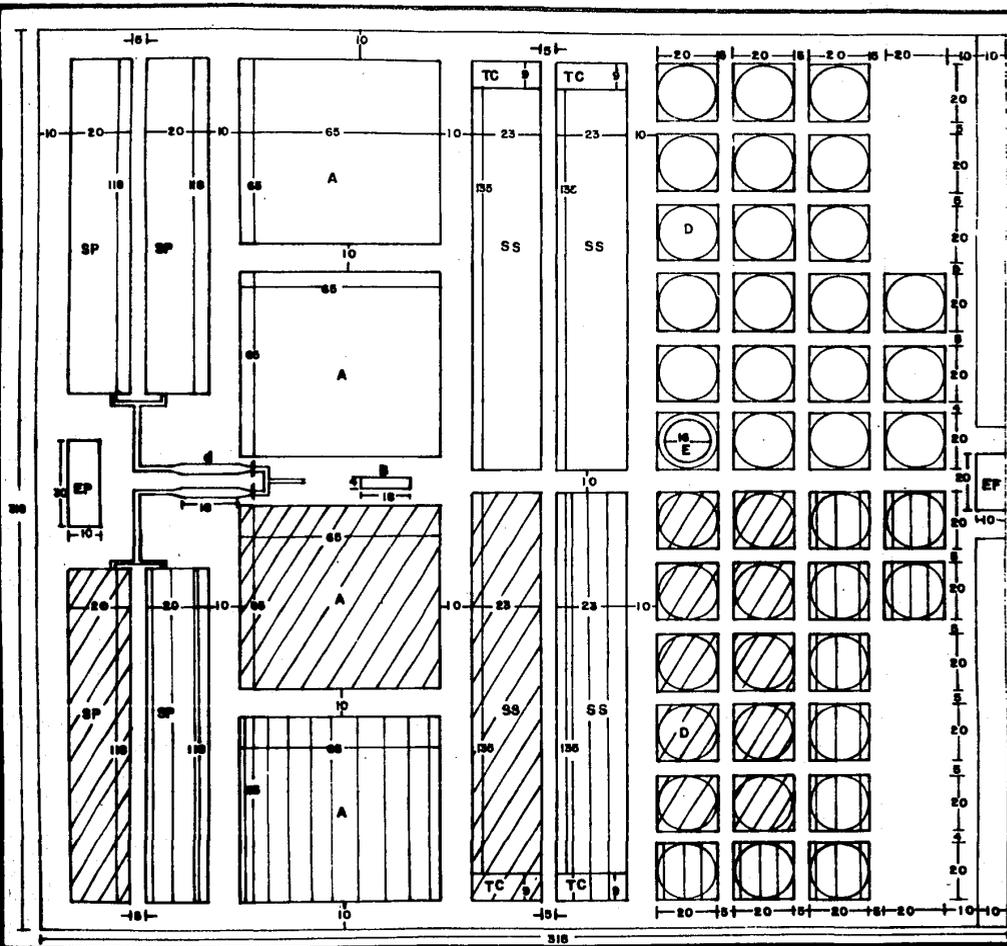
Se necesitan 4 módulos de 460 lps, 2 serán de construcción inmediata, en tanto que los otros se construirán en 1985 y 1990, respectivamente. Las rejillas de limpieza automática se instalarán en el canal de aproximación, que llevará una velocidad de 54 a 98 cm/s con ancho de 1.10 m. Cada canal de aproximación sirve a dos desarenadores, su limpieza es por medio de rastras, llevando la arena hasta una fosa de donde será recogida por un equipo de cangilones para su disposición, dos canales desembocan en un medidor parshall de 1m. de garganta, haciendo una repartición simétrica para los otros módulos.

El S.P. removerá el 46% de SST con carga superficial de $17.3 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}^2$ con tiempo de retención de 2 hrs. 40 min., necesitando la siguiente dimensión $118 \times 20 \times 1.90 \text{ m}$.

El aerador trabajará con una eficiencia de 85% con 2,500 mg/l de SSV, para lo que se necesita un tiempo de retención de 11.33 Hrs., necesitando la siguiente dimensión $65 \times 65 \times 4.5 \text{ m}$. se instalarán 7 agitadores de 125 H.P. La recirculación requerida es de 27% para lo que se necesitan 6 bombas de 7.5 H.P. (más 2 de reserva).

El S.S. trabajará con carga superficial de $13.0 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}^2$ lo que implica dimensiones de $135 \times 23 \times 2 \text{ m}$, para asegurar el efluente, se requiere instalar 4 cloradores de 450 Kg/día de capacidad cada uno, dos se instalarán en primera etapa, necesitando un tanque de 15 min. de contacto de $23 \times 9 \times 2 \text{ m}$. en cada módulo.

La digestión será en forma anaerobia previo espesamiento, en una unidad de 16 m. de diámetro por 4.5 m. de profundidad con el equipo adecuado.



DATOS DE

GASTO: Primera etapa = 320 lps.
 Segunda etapa = 1200 lps.
 Tercera etapa = 400 lps.
 Por módulo = 400 lps.

SP: Carga superficial = 0.2 lps/m²
 = 46 S de

A: Tiempo de retención = 0.33 h
 = 20 m
 = 23 V.L.
 Pot. de agitación = 7.85 HP

SS: Carga superficial = 0.18 lps/m²

TC: Tiempo de contacto = 15 m
 = 10 P

S I M B

B = Círculo de bomba.

SP = Sedimentador primario.

TC = Tiempo de contacto.

EF = Edificio de fibra.

d = Diámetro.



NOTAS:

- El terreno es vertical; el arreglo.
- Los datos de proyecto son reales.
- El sistema de limpieza en los clarificadores de fibra.
- Los agitadores que producen.
- Acostumbrados en metros.
- ESC: 1: 1/50

Se requieren 40 unidades de digestión (20 en primera etapa) de 20m. de diámetro por 10.5m. de profundidad, para trabajar a temperatura ambiente con periodo de retención de 30 días.

Los lodos digeridos se secarán en 5 filtros de vacío de 2m. de diámetro por 4.5m. de longitud, de éstos 3 serán de construcción inmediata, previamente a su secado serán acondicionados con sulfato de aluminio, instalando 4 dosificadores (2 en primera etapa) con capacidad de 25 Kg/hr. La torta resultante del secado será enviada a silos por medio de bandas transportadoras y de ahí será removida en camiones a razón de 168 tn/día como promedio (73 ton. al inicio).

VIII.5.2.6 PLANTA 1.F

Esta planta trata los efluentes combinados de química A,B,C, fábrica de papel, cafetalera y Municipio VI.

Como se ha asentado, este influente tiene una tratabilidad muy pobre por medios convencionales por lo que se proyecta una coagulación previa con el fin de romper un coloide de color que impediría al efluente cumplir con las CPD por una parte y por otra mejorar la tratabilidad del agua. Sus factores de diseño son:

$$p = \frac{S S T}{S S V} \text{ (Licor mezclado) } = 1.170$$

$$p' = \frac{S S T}{S S V} \text{ (Agua Cruda) } = 1.500$$

$$f = \frac{D Q O \text{ SOLUBLE}}{D Q O \text{ Total}} \text{ (agua cruda) } = 0.650$$

Se construirán 8 módulos de 700 lps cada uno, de estos 4 se construirán inmediatamente, los otros se deberán construir 1 en 1985, 1 en 1990, y los restantes en 1995.

Las rejillas de limpieza automática se instalarán en el canal de aproximación con velocidad de 56 a 88 cm/s, y ancho de 1.25 m. Cada canal de aproximación sirve a 2 desarenadores de 1.8x2x1.6m y tirante de 0.93 a 1.27m. su limpieza es mecánica, por rastras, tirando la arena en una fosa de donde es recogida por un equipo de cangilones para su disposición. Dos canales desembocarán en un medidor parshall de 1 m. de garganta que a su vez proporciona energía para el mezclado rápido de los coagulantes. El gradiente de velocidad que se presenta en la garganta oscila entre 11,160 y 1,840 seg^{-1} de este medidor mezclador se hace una repartición simétrica a dos módulos.

Los coagulantes considerados son: el sulfato de aluminio a razón de 200 mg/l y cal hidratada a razón de 50 mg/l, para esto es necesario instalar 10 dosificadores (5 en primera etapa) del sulfato de aluminio con capacidad de 450 Kg/hr cada uno, de la

cal hidratada habrá que instalar 4 dosificadores (2 en primera etapa) con capacidad de 250 Kg/hr.

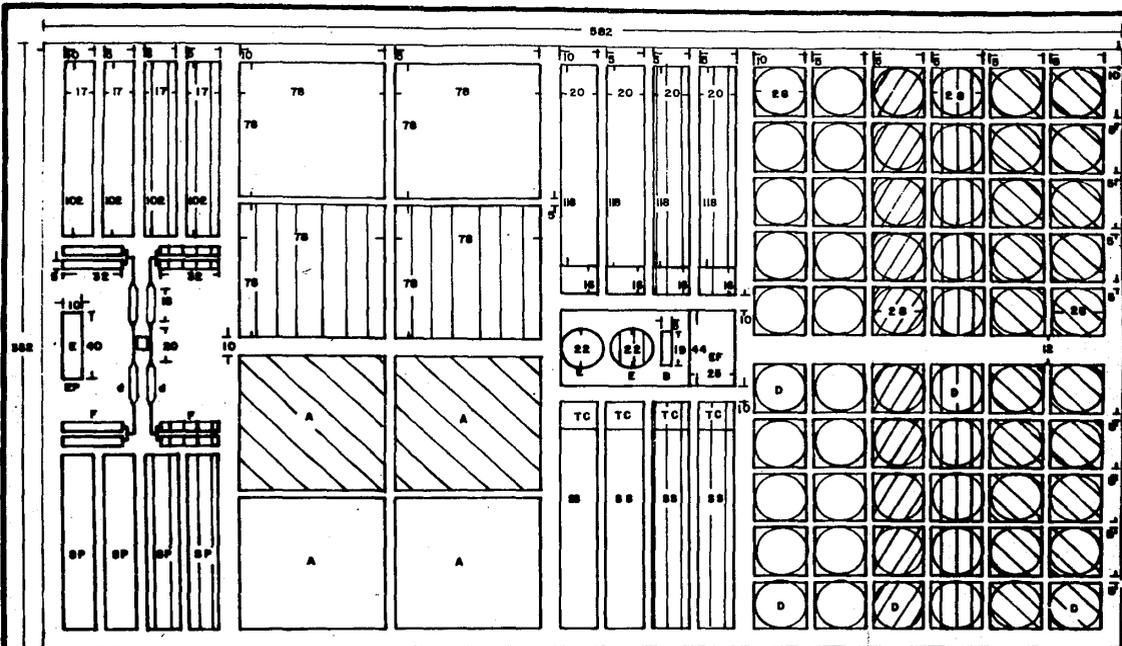
La floculación se hará en estanques ad-hoc, con agitación mecánica y gradiente de velocidad variable en tres cámaras de 35, 20 y 10 seg⁻¹ respectivamente, el floculador tendrá un tiempo de retención total de 20 min (6 1/3 en cada cámara) con lo que sus dimensiones resultan de 33x5x5m. motor de 7.5 H.P. y moverá los mecanismos de agitación de 2 módulos.

La absorción de los poco sedimentables sólidos suspendidos por los flóculos formados en el procedimiento anterior, permitirá, al S.P. remover el 80% SST con una carga superficial de 34.6 m³/d/m² y un tiempo de retención de 2 hrs. y dimensiones de: 102x17x3m.

El aerador trabajará con una eficiencia del 92% y 3500 mg/l de SSV para lo cual requiere de 11 hrs. de tiempo de retención y dimensión de 78x78x4.5m., se instalarán 14 agitadores de alta velocidad de 150 HP cada uno. Se requiere de una recirculación de 49% para lo cual se necesitan 6 bombas de 49 H.P. (más dos de reserva).

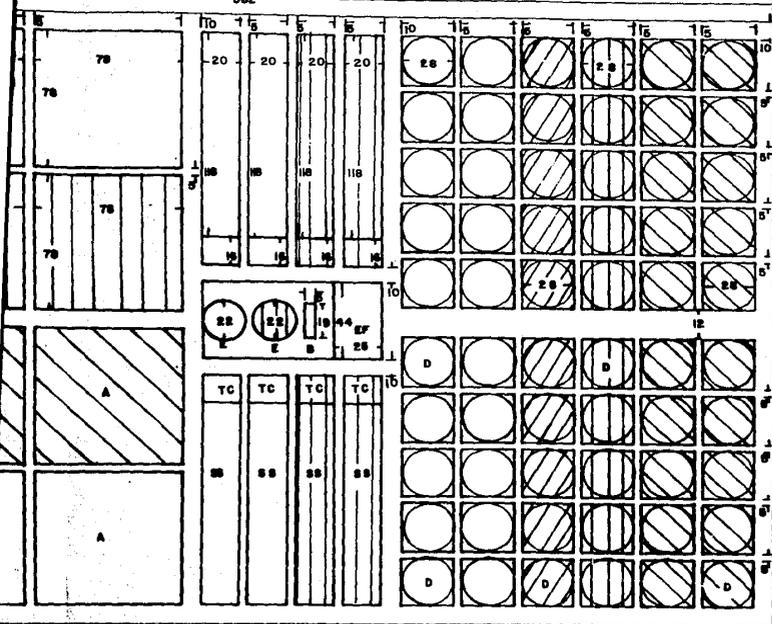
El S.S. trabajará con una carga superficial de 25.9 m³/d/m² y tiempo de retención de 2 hrs. resultando de 118x20x2.15m, para asegurar bacteriológicamente el efluente, se requiere instalar 5 cloradores de 1 ton/día de capacidad cada uno, 3 se instalarán en la etapa, con un tanque de 15 min. de contacto de 20x16x2m. cada módulo. La digestión será anaerobia, sin hacer distinción de lodos químicos y orgánicos ya que estarán íntimamente mezclados; se tendrá un espesamiento previo en dos unidades (una de construcción inmediata) de 22m. de diámetro por 4.5m de profundidad contando con el equipo adecuado, se instalarán 60 unidades de digestión (30 en primera etapa) de 20 m. de diámetro por 14.1m de profundidad para trabajar a temperatura ambiente por un periodo de 30 días.

En esta planta se puede recuperar el metano que producen los digestores; su venta a precio comercial permitirá balancear parcialmente los costos de operación, esperando una producción de 83 millones m³ tpa en el año 2,000 (37'000,000m³ al inicio).



NOTAS:

- o El terreno es virtual; el arreglo por comparación, en cualquier.
- o Los datos de proyecto son resultado de pruebas de tratabilidad en laboratorio.
- o El sistema de limpieza en las sedimentadoras, está considerando un rasero de sílice.
- o Los espesadores que producen la curvatura son de alta velocidad.
- o En esta planta conviene recuperar el metano para su comercialización.
- o Los datos están en metros.
- o ESC. 1: 250

**DATOS DE PROYECTO**

GASTO: Primera etapa = 2800 lps.
 Segunda etapa = 3800 lps.
 Tercera etapa = 4200 lps.
 Cuarto etapa = 5600 lps.
 Por módulo = 700 lps.

SP Carga superficial = 0.4 lps/m².
 Remoción = 80% de SST.
 DOSIFICACION:
 Al₂(SO₄)₃ = 200 mg/l.
 Ca(OH)₂ = 30 mg/l.
 Mezcla de cloro = 15.1 mg/Unidad.
 Dosis de vol. 180QA.

A Tiempo de retención: 11 hr.
 Eficiencia = 82% DBO₅.
 SSV/L = 3600 mg/l.
 Pw. de oxidación = 14.1 mg/Unidad.
 Reducción = 49%.

5S: Carga superficial 0.3 lps.
 TC: Tiempo de contacto: 15 min.
 C12 = 10 ppm.

D: Tiempo de retención: 20 días.
 Concentración final = 10% SST
 Reducción SSV = 80%

E: Carga superficial: 0.25 lps/m²
 Concentración final = 4% SST

EP: Superficie filtrante = 22.5 m².
 Rendimiento = 20 kg/m²/hr.
 R₁₀ de 10 días = 20

F Número de cámaras = 3
 Tiempo de retención = 6.7 min/diámetro.
 Rendimiento de retención: 20, 20 y 10%
 Ajustado = 100% de materia.

SIMBOLOGIA

B=Corona de bomba A=Acroder
 SP=Estación primaria SS=Estación secundaria
 TC=Tanque de contacto cloro D=Digestor
 F=Flotador E=Espa odor
 D=Desareador EP=Edificio principal
 EF=Edificio de filtros



1a. etapa



2a. etapa



3a. etapa



4a. etapa

NOTAS:

- El terreno es virtual; el arreglo por consiguiente, es tentativo.
- Los datos de proyecto son resultado de pruebas de estabilidad en laboratorio.
- El sistema de limpieza en los sedimentadores, está considerando un resaca de sludge.
- Los egfluentes que producen la orensión son de alta volubilidad.
- En esta planta conviene recuperar el metano para su comercialización.
- Los costes están en metros.
- ESC. 1: 1250

DISTRITO DE CONTROL
DE CALIDAD DEL AGUA
 ALTERNATIVA 1
 PLANTA F

Los lodos digeridos se secarán en 20 filtros al vacío de 3m. de diámetro por 6.5 m. de longitud, 10 filtros de construcción inmediata; la "torta" resultante de la desecación será enviada a silos por medio de bandas transportadoras y removida en camiones, a razón de 688 ton/día promedio al iniciar y de 1,563 ton/día promedio de vida útil de la planta (20 años).

VIII.5.3.1 PLANTA 2.A

A esta planta corresponde tratar el influente de: textil 1, cervecera I, textil 2, cervecera II, Química A,B,C, Industria Papelera y Cafetalera; sus parámetros son:

$$p = \frac{S S T}{S S V} \text{ (Licor mezclado) } = 1.17$$

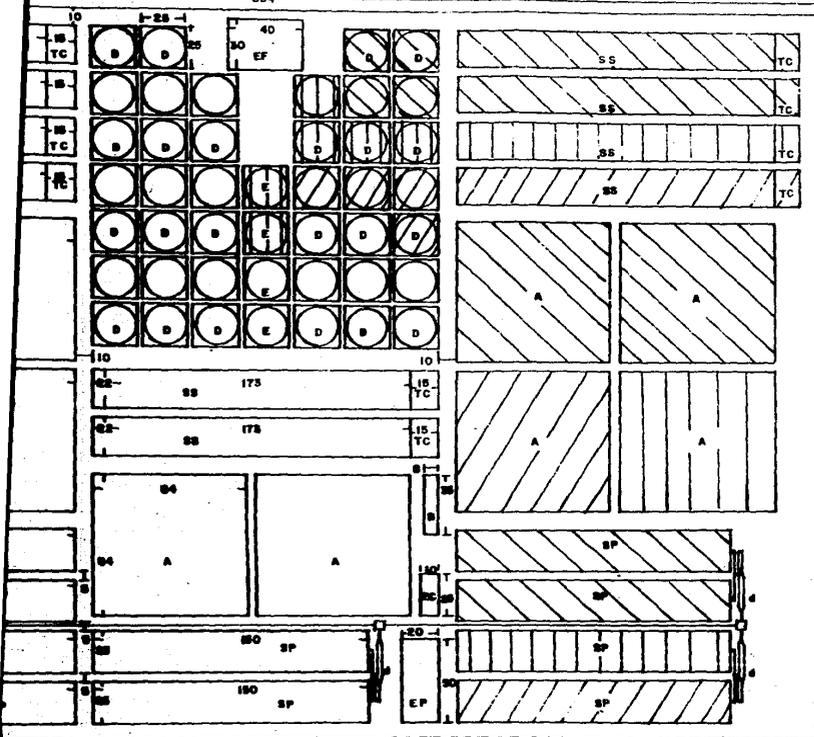
$$p' = \frac{S S T}{S S V} \text{ (Agua Cruda) } = 1.49$$

$$f = \frac{D Q 0 \text{ SOLUBLE}}{D Q 0 \text{ Total}} \text{ (agua cruda) } = 0.65$$

Es necesario proyectar 10 módulos de 750 lps; de éstos, 6 serán de construcción inmediata, en tanto que en 1985 se construirá un módulo adicional, otro en 1990, y los dos finales en 1995. Las rejillas de limpieza automática se instalarán en el canal de aproximación, que llevará una velocidad variable entre 48 y 90 cm/s con ancho de 1.20 m. cada canal sirve a dos desarenadores de 18x18x 1.75m. con tirante variable de 0.98 a 1.4m. Su limpieza es por rastras, llevando la arena a una fosa de donde es recogida por un equipo de cangilones para su disposición.

El S.P. removerá el 45% S.S.T con una carga superficial de 17.3 m³/d/m²) y tiempo de retención de 2.75 hr. y dimensión de 50x25x2m. de profundidad. El aerador trabajará con una eficiencia del 85% con 2,500 mg/l de S.S.V para lo que se necesita un tiempo de retención de 11.33 hrs. (83x83x4.5m). se instalarán 19 agitadores de alta velocidad de 150 H.P. y su recirculación es de 23% colocando 6 bombas de 30 H.P. (más de 2 de reserva).

El S.S. trabajará con una carga superficial de 13 m³/d/m² con la siguiente dimensión 173x22x2m., para asegurar la calidad bacteriológica del efluente, se requiere instalar 7 cloradores de 1 ton/día cada uno, 4 serán construidos en la. etapa, con tanque de 15 min. de contacto de 22x15x2m. cada módulo, la digestión es anaerobia, previo espesamiento en 4 unidades de 25 m. de diámetro por 4.5m de profundidad, dos serán de construcción inmediata; se instalarán 40 unidades de digestión (24 en la. etapa) de 24.5m.

**DATOS DE PROYECTO:**

GASTO: Primeros etapas 4500 lps.
 Segundo etapas 5250 lps.
 Tercera etapa 6170 lps.
 Cuarta etapa 7015 lps.
 Por módulo 77 lps.

SP: Carga superficial= 0.2 lps./m²
 Remoción = 45 % de SS

A: Tiempo de retención= 11.33 hrs.
 Eficiencia = 98 % BOD₅
 SBVM = 250.0 mg/l
 Pól. de agitación = 2150 RPM/m²
 Recirculación = 25 %

SS: Carga superficial= 0.12 lps.

TC: Tiempo de contacto= 15 min.
 CS = 10 ppm.

D: Tiempo de retención= 15 días
 Relación SSV = 50 %
 Concentración final= 10 % SST

EP: Superficie filtrada= 1000 m²
 Rendimiento = 20 kg/m²/hr.
 No. de unidades = 20

E: Carga superficial= 0.25 lps./m²
 Concentración final= 5 %

SIMBOLOGIA

B: Círculo de bombas

A: Atravesador.

SP: Sedimentador primario.

SS: Sedimentador secundario.

TC: Tiempo de contacto de cloro.

D: Digestor

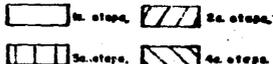
E: Expositor.

A: Decantador.

EP: Edificio principal.

EF: Edificio de filtro.

EC: Edificio de caldera.

**NOTAS:**

- El barro es vidrio, el arrajo, por congelación en invierno.
- Las cotes de proyecto son resultado de pruebas de turbididad en laboratorio.
- El sistema de limpieza en los sedimentadores, se hace de control de nivel.
- Las agitadoras que producirán la coagulación, son de alta velocidad.
- Las digestoras son calentadas a 57 °C con el sistema que ellas producen.
- El resto del metano se podrá vender.
- Las cotes están en metros.
- ESC. 1:2 000

DISTRITO DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA

ALTERNATIVA 2

PLANTA A

de diámetro por 15m. de profundidad para trabajar a 37° con un período de retención de 15 días; para lograr su temperatura es necesario colocar calderas e intercambiadores de calor a razón de 4840 Kcal/seg en promedio, estimándose que la energía entregada en caldera deberá ser de 7,260 Kcal/seg; esto se logrará quemando parte del metano producido por los propios digestores. Por esto vale la pena recuperar el gas producido de 122,000,000 m³ en el año 2,000 (53'000,000 al inicio), de estos el 30% serviría para el calentamiento de los digestores.

Los lodos digeridos se secarán en 20 filtros de vacío de 3.5m. de diámetro por 5m. de longitud, de los cuales 12 son de adquisición inmediata; los lodos son acondicionados con sulfato de aluminio, instalando 10 dosificadores (6 de primera etapa) con capacidad de 100 kg/hr. La "torta" resultante es enviada a silos por medio de bandas transportadoras y de ahí será removida en camiones a razón de 1593 ton/día (685 ton/día al inicio) en promedio.

VIII.5.3.2 PLANTA 2.B

Esta planta tratará la descarga de todos los municipios, incluyendo las de las pequeñas y medianas industrias, son recogidas por los alcantarillados, sus parámetros de descarga son:

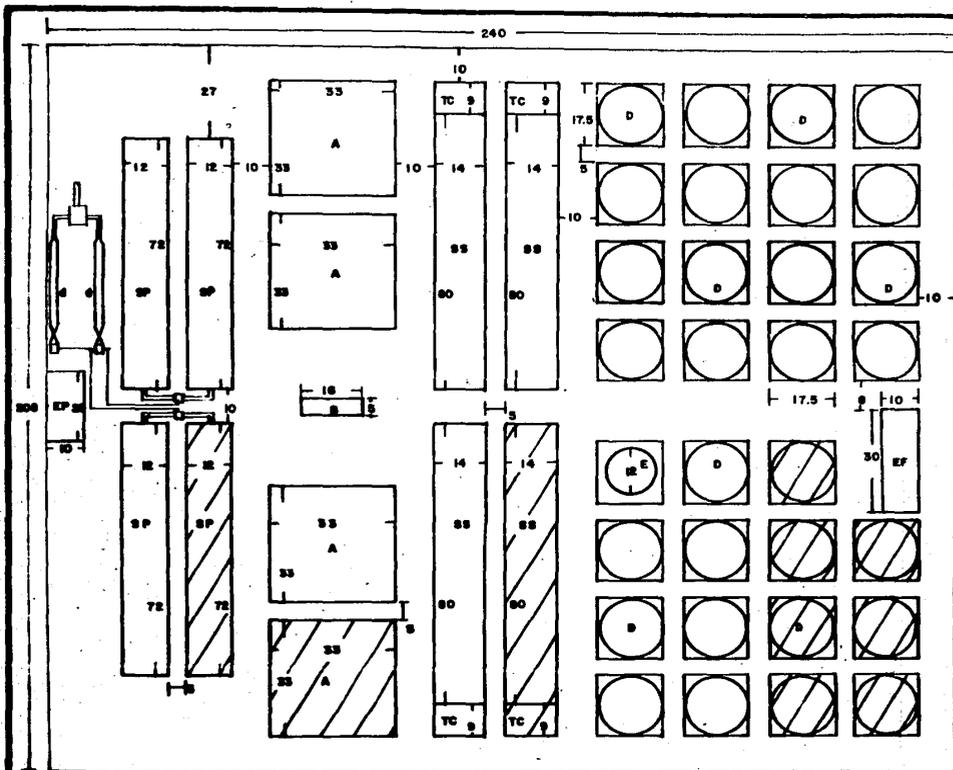
$$p = \frac{S S T}{S S V} \text{ (Licor mezclado) } = 1.48$$

$$p' = \frac{S S T}{S S V} \text{ (Agua Cruda) } = 1.10$$

$$f = \frac{D Q O \text{ SOLUBLE}}{D Q O \text{ Total}} \text{ (agua cruda) } = 0.59$$

Se considera conveniente proyectar 4 módulos de 275 lps cada uno, 3 son de construcción inmediata, el otro se construirá en 1990. Las rejillas de limpieza automática se instalarán en el canal de aproximación, sirven a dos desarenadores de 22m. y 1.4m. de profundidad, el tirante es variable entre 77 y 105 cm. la limpieza es mecánica por rastras, tirando la arena a una fosa para recogerse en cangilones y disponer de ella.

Dos canales desembocarán en un medidor parshall de 50 cm. de garganta repartiéndose a dos módulos.



DATOS DE P

GASTO: Primera etapa: 0.75 lps.
 Segunda etapa: 1.00 lps.
 Por módulo: 270 lps.

SP: Carga superficial: 0.33 lps/d
 Rotación: = 66 S/S

A: Tiempo de retención: 5 h.
 Eficiencia: = 80 %
 SSVLM: = 2.500
 Pot. de agitación: = 875 Wp
 Rotación: = 48 S

SS: Carga superficial: 0.28 lps/d

SIMB

B: Cárcamo de bombeo

A: Aerador

SP: Sedimentador primario

SB: Sedimentador secundario

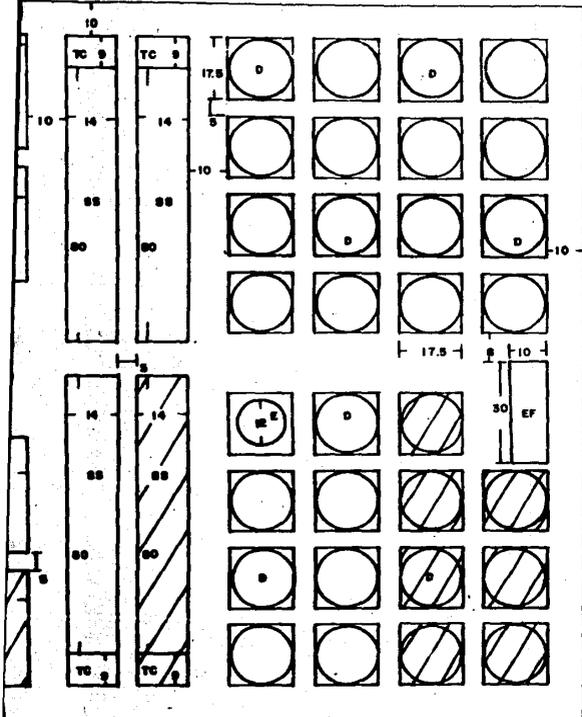
TC: Tanque de contacto de arena

□ 1e. etapa

NOTAS:

- El terreno es virtual, el arroyo.
- Los datos de proyecto son reales.
- El sistema de limpieza en los canales.
- Los agitadores que producen la
- Los costos están en metros.
- ESC. 1:1000

240

**DATOS DE PROYECTO :**

GASTO: Primero etapa: 825 lps.
 Segundo etapa: 1100 lps.
 Por módulo: 270 lps.

SP: Carga superficial: 0.33 lps/m²
 Remoción = 65% SST

A: Tiempo de retención = 5 h.
 Eficiencia = 88% DBOS
 SSVM = 2.500 mg/l
 Pst. de eflucción = 5.175 mg/litador
 Recirculación = 48%

SS: Carga superficial: 0.25 lps/m²

TC: Tiempo de conexión = 15 min.
 C12 = 10 ppm.

D: Tiempo de retención = 30 días
 Lasulphato final = 65% SST
 Fecundación SSV = 60%

EF: Superficie filtrante: 94 m²
 Rendimiento = 20 kg/m²/hr.
 No. de unidades = 5

E: Carga superficial: 0.5 lps/m²
 Concentración final = 2%

S I M B O L O G I A

B= Cáscara de bombeo

A= Aerator

SP= Sedimentador primario

SS= Sedimentador secundario

TC= Tanque de contacto de cloro

D= Digestor

E= Espeador

de Desarenador

EF= Edificio principal

EF= Edificio de filtros

□ 1a. etapa

▨ 2a. etapa

N O T A S :

- El terreno es virtual, el arreglo, por consiguiente es tentativo.
- Los datos de proyecto son resultado de pruebas de tratibilidad en laboratorio.
- El sistema de limpieza en los sedimentadores, es a base de ramas de sifón.
- Los agitadores que producen la aereación, son de alta velocidad.
- Los cotes están en metros.
- ESC. 1:1000

DISTRITO DE CONTROL DE

CALIDAD DEL AGUA

ALTERNATIVA 2

PLANTA B

El S.P. removerá el 66% de S.S.T., con carga superficial de $28 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}^2$ y tiempo de retención de 2 hrs. 10 min, con dimensión de $70 \times 13 \times 1,88 \text{ m}$. El aerador trabajara con eficiencia de 85% con $2,500 \text{ mg/l}$ de S.S.V., considerando 5 hrs. de retención y $32 \times 32 \times 4.5 \text{ m}$ de dimensión, instalando 5 agitadores de 75 H.P., la recirculación es de 46% y es necesario instalar 6 bombas de 10 H.P. (más dos de reserva).

El S.S. trabajará con carga de $21.6 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}^2$ requiriendo de $80 \times 14 \times 1.8 \text{ m}$. de dimensión. Para asegurar el efluente se instalarán 4 cloradores de $250 \text{ Kg}/\text{día}$ de capacidad cada uno; dos se instalarán en la etapa; así mismo se construirá un tanque de 15 min. de contacto de $14.9 \times 2 \text{ m}$. en cada módulo. Se instalarán 30 unidades de digestión (23 en la etapa) de 17.4 m de diámetro por 10 m . de profundidad, para trabajar a temperatura ambiente y periodo de retención de 30 días.

Los lodos se secarán en 5 filtros de vacío de 1.5 m . de diámetro y 4 m . de largo, instalándose 3 inmediatamente. Previo al secado, estos se acondicionarán con sulfato de aluminio con 4 dosificadores (3 en la etapa) de $15 \text{ Kg}/\text{hr}$; la "torta" será enviada a silos en bandas transportadoras, removida posteriormente en camiones a razón de 45 ton en promedio (24 al inicio).

VIII.5.4.1. PLANTA 3.A.

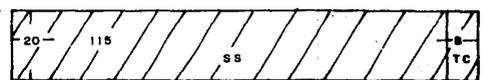
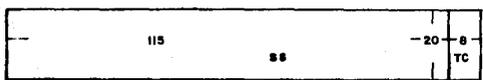
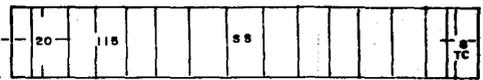
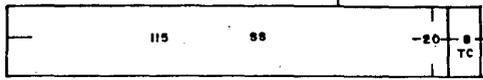
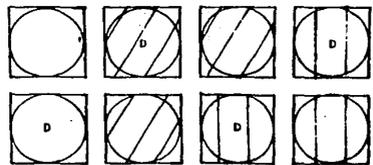
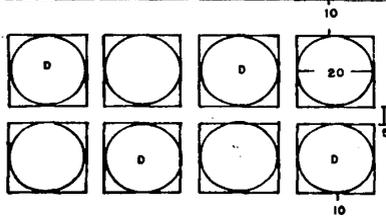
Esta planta trata los influentes de la textil 1 y 2 Municipio I, II, III y IV, Cervecería 1 con parámetros de diseño:

$$p = \frac{S S T}{S S V} \text{ (licor mezclado) } = 1.400$$

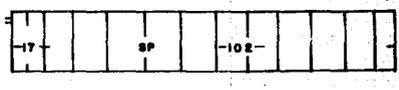
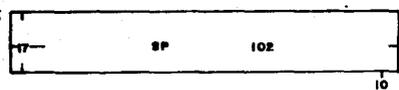
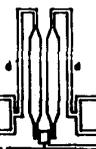
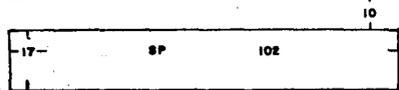
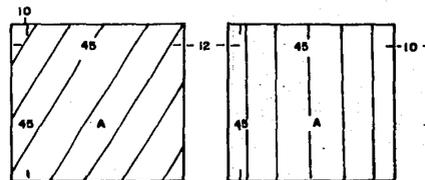
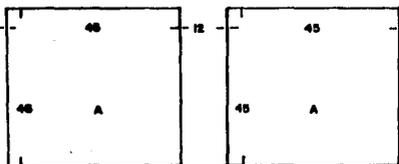
$$p' = \frac{S S T}{S S V} \text{ (agua cruda) } = 1.270$$

$$f = \frac{D Q O \text{ SOLUBLE}}{D Q O \text{ Total}} \text{ (agua cruda) } = 0.357$$

Se construirán 4 módulos de 350 lps cada uno, dos serán construidos inmediatamente, en tanto que los otros se harán en 1985, y 1995. Las rejillas de limpieza automática se instalarán en el canal de aproximación, que tendrá velocidad entre 49 y 90 cm/s y 70 cm de ancho, cada canal sirve a dos desarenadores de $18 \times 1 \times 1.5 \text{ m}$. y tirante variable entre 74 y 117 cm . Su limpieza es por rastras tirando la arena en una fosa, de donde es recogida por cangilones para su disposición, dos canales desembocan en un medidor Parshall de 50 cm . de garganta, haciendo una simetría a dos módulos.



224



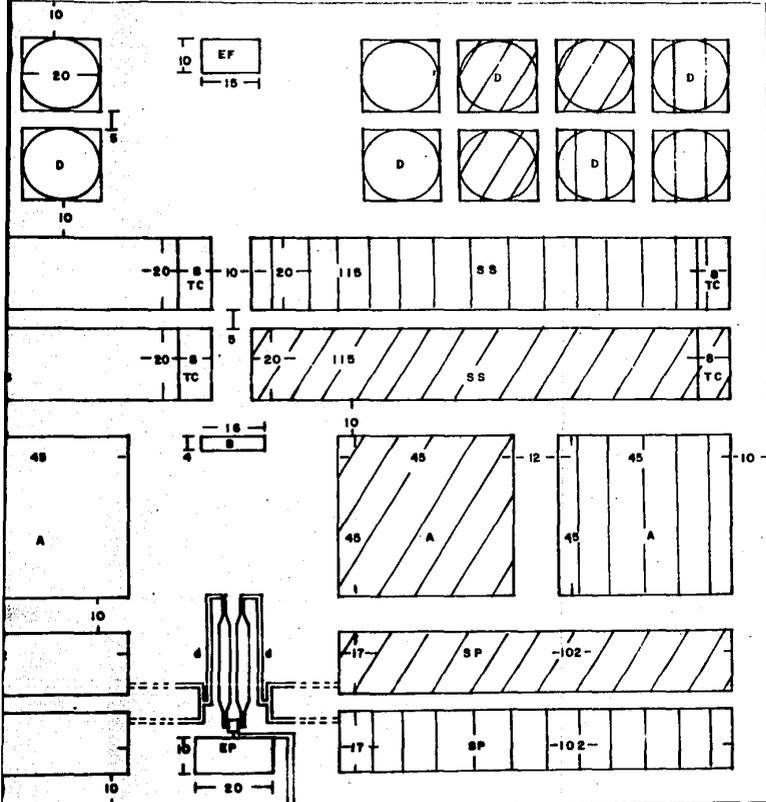
DAT
 GASTO: Price
 Regn
 Per
 SP: Circ
 Romb
 A: Tind
 SP
 Per
 Romb

S
 S=Cárcel
 A=Área
 SP=Solmen
 SS=Solmen
 TC=Tempo



- El terr
- Las d
- El ab
- Las
- Las
- ESC.

276

**DATOS DE PROYECTO:**

GASTO: Primeros etapas: 700 lps.
 Segundo etapa: 1 000 lps.
 Tercera etapa: 400 lps.
 Por medio: 350 lps.

SP: Carga superficial: 0.2 lps/m²
 Remoción: = 77 % de SST

A: Tiempo de retención: 7.2 min.
 SSVLM: = 54.5 litros
 SSVLM: = 2 500 mg/l
 Pot. de agitador: 7.25 Hp/v.
 Recirculación: = 38 %

SS: Carga superficial: 0.35 lps/m²
 TC: Tiempo de contacto: 30 min.
 C12 = 30 ppm

D: Tiempo de retención: 30 min.
 Capacidad: 100 m³ SST
 Rotación: 20 r.p.m.

EP: Superficie: 15 metros² al
 nivel: 20 Kg/m²/v.
 No. de unidades: 5

S I M B O L O G I A

B: Cárcamo de bombeo.

A: Aerador.

SP: Sedimentador primario.

SS: Sedimentador secundario.

TC: Tanque de contacto de cloro.

D: Digestor.

d: Desarenador.

EP: Edificio principal.

EF: Edificio de filtros.

1a. etapa.

2a. etapa.

3a. etapa.

N O T A S :

- o El terreno es virgen, el arreglo por conseguirlo, en terreno.
- o Las cotas de proyecto son resultado de pruebas de estabilidad en laboratorio
- o El sistema de limpieza en los sedimentadores, es a base de riego de agua.
- o Los agitadores que producirán la aereación, son de alta velocidad.
- o Las cotas están en metros.
- o ESC. 1:1000

DISTRITO DE CONTROL DE

CALIDAD DEL AGUA

ALTERNATIVA 3

PLANTA A

El S.P. removerá el 77% de S.S.T con carga superficial de 17.3 m³/d/m² y retención de 2 hrs. 45 min., necesitando una dimensión de 102 x 17 x 2 m.

El aerador trabajará con una eficiencia del 64% y con 2500 mg/l de S.S.V., requiriendo un tiempo de retención de 7.2 hrs, necesitando de 45 x 45 x 4.5 m. de dimensiones y 7 agitadores de 25 H.P. La recirculación es de 38% necesitando 6 bombas de 10 H.P. (más dos de reserva).

El S.S. trabajará con una carga superficial de 13 m³/d/m² necesitando de 115 x 20 x 2 m. Para asegurar el efluente se instalarán 4 cloradores de 350 kg/día cada uno, dos se instalarán en la etapa, necesitando un tanque de 20 x 8 x 2 m. con 15 min de contacto.

La digestión es anaerobia en 16 unidades de 20 m. de diámetro por 6.6m de profundidad, de estas, 10 se construirán en primera etapa. Los digestores trabajarán a temperatura ambiente durante 30 días de retención. Estos lodos son acondicionados con sulfato de aluminio instalando 2 dosificadores de 20 Kg/hr. secándolos en 5 filtros de vacío de 1.5 m. de diámetro por 2.5 m. de longitud; 3 son de construcción inmediata. La "torta" será enviada a silos en bandas transportadoras de donde serán removidas en camiones a razón de 73 ton. diarias (33 ton al inicio).

VIII.5.4.2 PLANTA 3.B

Por lo ya citado, esta planta tiene el mismo influente que la planta 1.E difiriendo en las C.P.D., incidiendo fundamentalmente en el tratamiento biológico, se diseñará exclusivamente el aerador para no cambiar el proyecto de la planta 1.E.

El aerador trabajará con el 78% de eficiencia y 2,000 mg/l de S.S.V, necesitando de 8.9 hrs de retención y dimensiones de 58 x 58 x 4.5, instalándose 8 agitadores de 100 H.P.

VIII.5.4.3 PLANTA 3.C

Igual que la planta anterior, ésta se considerará igual que la planta 1.F excepto en el aerador, que tendrá las siguientes características:

Trabjará con el 75% de eficiencia y concentración de S.S.V. de 2,000 mg/l, para esto se necesita 5 hr de retención lo que implica una dimensión de 53 x 53 x 4.5 m instalándose 4 agitadores de 150 H.P.

VIII.5.5.1 PLANTA 4.A

A esta planta le corresponde tratar el influente combinado de todas las descargas que se producen en la zona, sus parámetros son:

$$p = \frac{S}{S} \frac{S}{S} \frac{T}{V} \text{ (Licor mezclado)} = 1.300$$

$$p' = \frac{S}{S} \frac{S}{S} \frac{T}{V} \text{ (Agua Cruda)} = 1.400$$

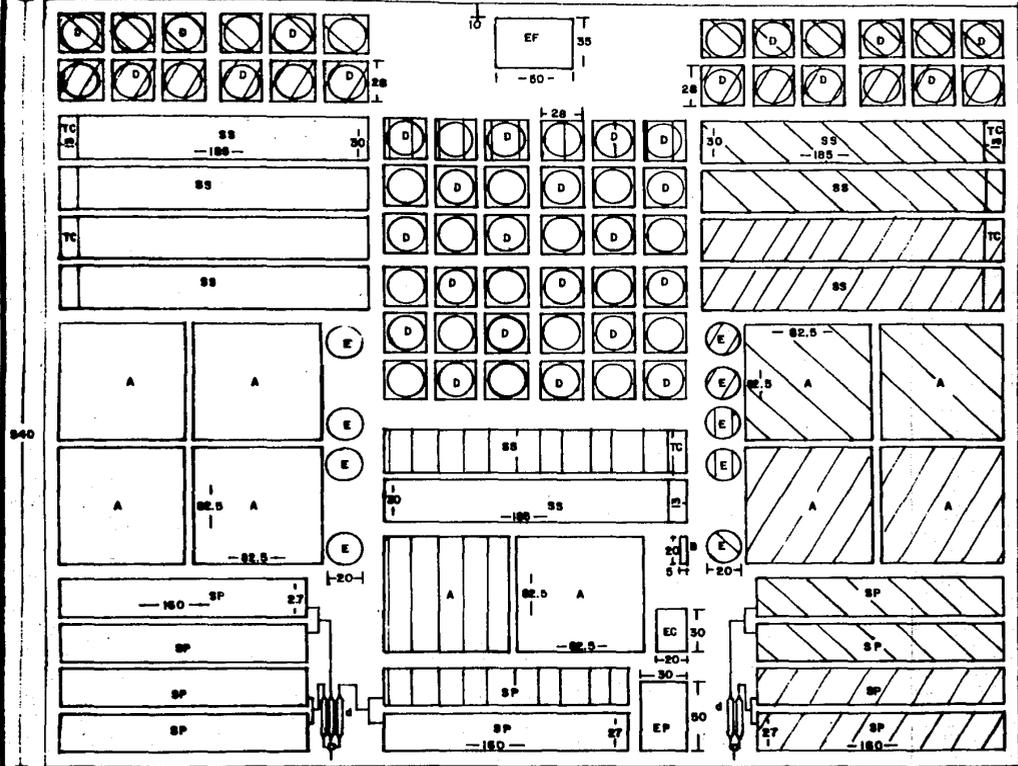
$$f = \frac{D}{D} \frac{Q}{Q} \frac{O}{O} \frac{\text{SOLUBLE}}{\text{Total}} \text{ (agua cruda)} = 0.732$$

Se requieren 10 módulos de 850 LPS cada uno, 5 serán de construcción inmediata, 2 en 1985, 1 en 1990 y 2 en 1995. Las rejillas de limpieza automática se instalarán en el canal de aproximación que tendrá una velocidad entre 54 y 90 cm/s con ancho de 1.3m., cada canal de aproximación sirve a dos desarenadores de 19.5 x 2.2 x 1.9m con tirante de 1.08 a 1.55m.

La limpieza de éstos será por medio de rastras, llevando la arena a una fosa de donde se recojera por cangilones para su disposición; dos canales desembocan en un medidor Parshal de 1 m. de garganta; haciendo la repartición a dos módulos.

El S.P. removerá el 59% de S.S.T. con carga superficial de 17.3 m³/d/m² y retención de 2 hrs 45 min. con dimensiones de 160 x 27 x 2m.; el aerador trabajará al 83% de eficiencia con 2,500 mg/l de S.S.V necesitando 10 hr. de retención; el tanque será de 82.5 x 82.5 x 4.5 m. instalando 20 agitadores de 150 H.P.; la recirculación es de 22%, necesitando 6 bombas de 50 H.P. (más 2 de reserva).

El S.S. trabajará con una carga superficial de 13m³/d/m² necesitando una dimensión de 185 x 30 x 2 m.; para asegurar el efluente se instalarán 8 cloradores de 1 ton/día. cada uno, 4 se instalarán en la etapa; además se construirá un tanque de contacto de 15 min. con 30 x 13 x 2 m. de dimensión en cada módulo. La digestión es anaerobia, previo espesamiento en 9 unidades de 20 m. de diámetro por 4.5m. de profundidad, 4 unidades se construirán inmediatamente. Se requieren 60 unidades de digestión de 28 m. de diámetro por 15.5m. de profundidad (30 en la etapa) para trabajar a 37°C con periodo de retención de 15 días; el calentamiento se hará en calderas e intercambiadores de calor, a razón de 7531 Kcal/s. Esto se logrará quemando parte del metano producido por los digestores.



D A T O S

GASTO: Primero etapa: 4.25
 Segundo etapa: 5.95
 Tercera etapa: 6.80
 Cuarto etapa: 8.50
 Pot. instalada = 85

SP: Carga superficial
 Remoción

A: Tiempo de retención
 Eficiencia
 SVLM
 Pot. de agitación
 Rectificación

S I

B: Cárcano de bombeo.

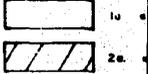
A: Aerocultor

SP: Sedimentador primario

SS: Sedimentador secundario

TC: Tanque de contacto de

D: Digestor



o El terreno es virtual, el d
 o Las cotes de protección
 o El sistema de limpieza
 o Las agitadoras que son
 o Las digestoras son con
 o El nivel del sistema,
 o Las cotes están en me
 o E.S.C. 1:2500

Por esto será necesario recuperar el gas producido, estimando $154'000,000\text{m}^3$ (TPN) en el año 2,000 (68 millones al inicio), de estos el 39% será para calentar los digestores.

Los lodos digeridos se secarán en 25 filtros de vacío de 3.5m de diámetro por 7 m. de largo, 13 serán de adquisición inmediata, estos se deberán acondicionar con sulfato de aluminio, necesitando 8 dosificadores (4 en la. etapa) de 150 Kg/hr. La "torta" será enviada a silos por bandas transportadoras y removiéndose en camiones a razón de 2,890 ton/día (1,054 ton al inicio).

VIII.6 ANTEPRESUPUESTO DE CONSTRUCCION

Uno de los objetivos de este capítulo es tener una valuación de los costos de construcción de cada planta. Cuando se parte de un proyecto definitivo, la elaboración de un presupuesto es valuar las cantidades de obra y equipo en detalle y multiplicar por sus precios unitarios; pero cuando se parte de un anteproyecto, en el cual se omiten todos los detalles, el problema consiste en encontrar variables que sean similares a un modelo que valore la contribución de la variable en el costo de la planta. Estas variables son: área de cada unidad, área de la planta, potencia instalada en aeradores, potencia de la subestación, capacidad de dosificadores y área de filtros de vacío. Tabla 8.3. Los costos de construcción se presentan en la tabla 8-4.

VIII.7 ANTEPRESUPUESTO DE OPERACION

Otro de los objetivos perseguidos consiste en determinar las erogaciones periódicas, que es preciso efectuar para que funcionen las plantas; como período básico se escogió el año, pero toda vez que las plantas crecerán con el transcurso del tiempo, estos costos crecerán también.

Este análisis se realizó tomando a los quinquenios como fechas indicativas, en los lapsos intermedios puede considerarse una variación lineal de costos.

La composición de estos costos se basan en:

TABLA 8.3-A

ANTEPRESUPUESTO DE LA PLANTA ALTERNATIVA 4
(MILES DE PESOS) (CORRIENTE A 1980)

CONCEPTO	UNIDAD	COSTO/ UNIT.	1980	1985	1990	1995
CANAL DE APROX.O.C.	M ³	1.94	1,152	384	-	385
CRIBA DESARENADOR	M ²	33.61	3,800	1,266	-	1,266
S.PRIMARIO O.C.	M ³	2.59	65,664	26,265	13,132	26,265
S.PRIMARIO EQUIP.	PZA.	1,015.22	50,760	20,304	10,153	20,304
LIMNIMETRO ELEC.	PZA.	120.00	360	120	-	120
AERADOR O.C.	M ³	10.33	105,508	42,203	21,101	42,203
AERADOR EQUIPO	PZA.	9,750.00	97,500	39,000	19,500	39,000
S.SECUNDARIO O.C.	M ³	2.48	79,366	31,746	15,874	31,746
S.SECUNDARIO EQ.	PZA.	6,216.05	62,160	24,864	12,432	24,865
TANQUE DE CONTACT C/2	M ³	11.57	9,750	3,900	1,950	3,900
CLORAD.,TANQ.Y CONEX.PZA.	PZA.	5,384.00	21,536	5,384	5,385	10,768
PLANTA DE BOMBEO	M ²	26.76	2,676	-	-	-
PLANTA DE BOMBEO EQ.	PZA.	1,351.50	5,406	1,351	1,351	2,704
DIGESTORES	M ³	1.56	117,902	47,160	23,580	47,160
DIGESTORES CONEX.	PZA.	323.83	17,740	7,096	3,548	7,096
DOSI.AL ₂ SO ₄ /EQ.	PZA.	750.00	3,000	1,500	1,500	-
FILTROS AL VACIO EQ.	PZA.	26,323.64	342,208	131,618	42,647	131,618
ESPEADORES	M ³	11.25	3,818	1,909	955	1,909
ESPEADORES EQ.	PZA.	737.78	2,952	1,475	737	1,475
SIST.ROMPESPUMA	M ²	0.84	1,191	476	23,580	47,160
RED P/DESPUMADOR	M ²	3.85	5,446	2,178	1,089	2,178
RED CONEX.GRAL.	M ²	0.35	59,920	23,968	11,985	23,968
RED DRENAJE	M ²	0.05	8,560	3,424	1,723	3,424
EDIFICIO PRINCIPAL	M ²	18.38	27,570	-	-	-
SUBESTA.ELECT.	Km/Hr	0.06	23,550	9,420	4,710	9,420
DIST.FUERZA	Km/Hr	0.06	23,550	9,420	4,710	9,420
ALUMBRADO GRAL.	M ²	0.07	11,984	4,793	2,396	4,793
SIST.TIERRAS	M ²	0.01	343	136	68	137
CUADRO DE MOTORES	Hp	0.70	42,000	16,800	8,400	16,800
PAV.Y BANQUETA	M ²	0.33	21,604	6,840	3,420	6,840
JARDINERIA	M ²	0.03	1,700	500	300	500
MOV.TIERRAS	M ³	0.19	32,528	13,011	6,506	13,011
EMISOR	M ³	0.78	780	-	-	-
CALDERAS	K-CAL/S	6.20	35,000	14,000	7,000	14,000
EDIF.P/FILTROS	M ²	9.19	16,082	-	-	-
EDIF.P/CALDERAS	M ²	4.60	2,757	-	-	-
CRIBAS LIMP.	PZA.	1,362,250	8,143	2,716	-	2,716
BANDA TRASP.	TON.	4.56	22,680	7,520	-	7,520

TOTAL P/ETAPA 1,339,170 502,914 236,473 508,158

MILLONES

M³-TRA. AL HORIZONTE DE PROYECTO = 305.98 TOTAL: \$42'586,715

$$\text{Costo por m}^3 = \frac{2'586,715}{305.98} = \$ 8,453.87/\text{m}^3$$

**TABLA 8.4 COSTO DE CONSTRUCCION
(MILLONES DE PESOS - 1980)**

PLANTA	RUBRO	1980	1985	1990	1995	T O T A L
1. A	PLANTA	29.59	-	-	-	
	CONDUCCION	0.45	-	-	-	
	TOTAL	30.04	-	-	-	30.04
1. B	PLANTA	156.28	78.68	-	79.61	
	CONDUCCION	2.70	-	-	-	
	TOTAL	158.98	78.68	-	79.61	317.27
1. C	PLANTA	44.40	-	-	-	
	CONDUCCION	0.60	-	-	-	
	TOTAL	45.00	-	-	-	45.00
1. D	LAGUNA	3.00	-	2.31	-	
	CONDUCCION	-	-	-	-	
	TOTAL	3.00	-	2.31	-	5.31
1. E	PLANTA	265.84	119.31	126.01	-	
	CONDUCCION	17.19	-	-	-	
	TOTAL	283.03	119.31	126.01	-	528.35
1. F	PLANTA	963.40	227.06	242.59	431.44	
	CONDUCCION	23.98	-	-	-	
	TOTAL	987.83	227.06	242.59	431.44	1,888.92
S U M A		1,507.88	425.05	370.91	511.05	2,814.89
2. A	PLANTA	1,427.17	291.41	293.92	539.02	
	CONDUCCION	71.52	-	-	-	
	TOTAL	1,498.69	291.41	293.92	539.02	2,623.04
2. B	PLANTA	186.09	-	64.13	-	
	CONDUCCION	35.44	-	-	-	
	TOTAL	221.53	-	64.13	-	285.66
S U M A		1,720.22	291.41	358.05	539.02	2,908.70
3. A	PLANTA	148.86	71.89	-	70.24	
	CONDUCCION	12.75	-	-	-	
	TOTAL	161.61	71.89	-	70.24	303.74
3. B	PLANTA	259.00	115.41	122.54	-	
	CONDUCCION	17.19	-	-	-	
	TOTAL	276.19	115.84	122.54	-	514.57
3. C	PLANTA	890.08	209.59	225.12	398.25	
	CONDUCCION	23.98	-	-	-	
	TOTAL	914.06	209.59	225.12	398.25	1,747.02
S U M A		1,351.86	397.32	347.66	468.49	2,565.33
4. A	PLANTA	1,339.17	502.91	236.47	508.16	
	CONDUCCION	75.78	-	-	-	
	TOTAL	1,414.95	502.91	236.47	508.16	2,662.49
S U M A		1414.95	502.91	236.47	508.16	2,662.49

- Personal.- Es decir, los salarios que devengarán los empleados y funcionarios encargados de la operación de la planta, el salario de funcionarios del Distrito se considera aparte.
- Energía Eléctrica.- Para mover los equipos y alumbrado de la planta.
- Mantenimiento.- Son los gastos por reparaciones, refacciones, pintura, etc., que permitirán sostener un funcionamiento continuo de estructuras y equipo, además preservar el aspecto de la planta. Dentro de este renglón se consideran gastos de asesoría en plantas pequeñas.
- Vehículos.- Para servicio del personal y de las plantas.
- Reactivos.- Cloro en todos los casos y sulfato de aluminio cuando se requiere acondicionar lodos y/o coagular el agua en este caso también se requerirá cal.
- Disposición de Sólidos.- De los lodos desecados, en este caso se consideró el más desfavorable que es el acarreo en camiones.

PERSONAL

Se designó una plantilla de personal de acuerdo al tamaño de cada planta; en las plantas pequeñas no se les consideró personal especializado en nómina, los salarios se fijaron de acuerdo a la región.

Ya que los costos calculados deben servir de base para el estudio financiero, sólo se consideran las prestaciones que signifiquen un desembolso en efectivo para el patrón, como son: IMSS, Aguinaldo, INFONAVIT, omitiendo los conceptos de días festivos, vacaciones, incapacidad, etc.

ENERGIA ELECTRICA

Este se basa en el consumo de los agitadores, más 10% por iluminación ya que no rebasa, en la proporción que se necesita, el consumo de los agitadores. La tarifa utilizada para calcular este costo es de \$0.75 /Kw-hr (a 1980).

MANTENIMIENTO

Se calcula sobre la base del costo del equipo más significativo, que son los agitadores, considerando que si la planta no cuenta con el personal especializado, las reparaciones saldrán al cabo de 20 años a dos veces el costo del equipo; en caso contrario (que se tenga al personal) las reparaciones tendrán un costo igual al del equipo en 20 años.

Las reparaciones menores son las que puede realizar un técnico medio. Todas las plantas deberán tener este personal excepto las pequeñas, en este caso se considera una erogación adicional por concepto de honorarios para estos técnicos.

Si las plantas no cuentan con personal de ingeniería sanitaria, ni laboratorio, se les asignó un rubro para asesoría y análisis respectivamente.

VEHICULOS

Se consideran los vehículos medianos y pequeños destinados al servicio del personal y de las propias plantas.

Este costo se debe considerar como una erogación inicial y otra periódica para operación y mantenimiento, pero ya que el costo mensual de los vehículos es despreciable en comparación con el costo de la planta en sí, se ha optado por la renta comercial de vehículos a largo plazo, teniendo rentas de \$18,000 mensuales por camioneta y \$ 12,000 (a 1980) por un compacto. El número necesario de vehículos es de acuerdo a la cantidad de personal de la planta.

CONSUMO DE REACTIVOS

Los costos L.A.B. en México fueron:

Cloro	\$ 8,260.00 ton (precios corrientes a 1980)
Sulfato de Aluminio	\$ 5,000.00 ton
Cal	\$ 1,500.00 ton

Para los dos primeros reactivos, se consideró el flete de acuerdo a la tarifa de la S.C.T.

Cloro (2a. clase) \$ 326.00 ton., con revisión de cilindros previo al llenado.

Sulfato de aluminio (3a. clase) \$ 275.00 (precios corrientes a 1980).

DISPOSICION DE SOLIDOS

Se considera el caso más desfavorable de acarreo en camiones, lo que siempre será factible a reserva de que en la etapa de proyecto definitivo se busque una solución mejor, que dependerá del uso garantizado de los lodos desecados (o tal vez comercializados).

A L T E R N A T I V A I

P L A N T I L L A D E P E R S O N A L

P U E S T O	P L A N T A A				P L A N T A B				P L A N T A C				P L A N T A D				P L A N T A E				P L A N T A F			
	80	85	90	95	80	85	90	95	80	85	90	95	80	85	90	95	80	85	90	95	80	85	90	95
JEFE DE PLANTA (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	
JEFE DE LABORATORIO (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	
QUIMICO (3)	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	2	2	2	2	
ING. MECANICO-ECÉTRIC(3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	
ENCARGADO DE TURNO (4)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1°	1°	1°	1°	3	3	3	3	3	3	3	
TECNICO (5)	-	-	-	-	2	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2	2	3	3	3	3	
CHOFERES	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	-	-	-	3	3	3	3	4	4	4	4	
PEONES	9	9	9	9	9	11	11	13	9	9	9	9	-	-	-	11	13	15	15	16	17	19	22	

NOTAS.

- 1.- Maestro en Ingeniería Sanitaria.
 - 2.- Maestro o Licenciado con experiencia equivalente.
 - 3.- Licenciado.
 - 4.- Secundaria mas capacitación qd-hoo.
 - 5.- Técnico Medio.
- ° Se le dará casa para vivir ahí mismo.

A L T E R N A T I V A 2

P L A N T I L L A D E P E R S O N A L

P U E S T O	P L A N T A A				P L A N T A B			
	1980	1985	1990	1995	1980	1985	1990	1995
JEFE DE PLANTA (1)	4/5	4/5	4/5	4/5	1/5	1/5	1/5	1/5
JEFE DE LABORATORIO (2)	5/6	5/6	5/6	5/6	1/6	1/6	1/6	1/6
ING. SANITARIO (2)	2/3	2/3	2/3	2/3	1/3	1/3	1/3	1/3
ING. MECANICO ESPECIALIZADO (2)	3/4	3/4	3/4	3/4	1/4	1/4	1/4	1/4
ING. EL ECTRICISTA ESPECIALIZADO (2)	3/4	3/4	3/4	3/4	1/4	1/4	1/4	1/4
QUIMICO (3)	2	2	3	3	1	1	1	1
ENCARGADO DE TÚRNO (4)	3	3	3	3	3	3	3	3
TECNICO (5)	2	2	5	5	1	1	1	1
ASISTENTE DE TECNICO (6)	2	2	5	5	1	1	1	1
CHOFER	2 2/3	2 2/3	4	4	1 1/3	1 1/3	2	2
PEON	19	22	24	28	13	13	15	15

NOTA:

- 1.- En caso de ser al mismo tiempo Funcionario del Distrito se le considera un sobresueldo.
- 2.- Maestro o Licenciado con conocimiento y experiencia equivalente.
- 3.- Licenciado
- 4.- Secundaria mas capacitación ad- Hoc.
- 5.- Técnico Medio.
- 6.- Primaria Mínimo.

ALTERNATIVA 3

PLANTILLA DE PERSONAL

P U E S T O	P L A N T A A				P L A N T A B				P L A N T A C			
	1980	1985	1990	1995	1980	1985	1990	1995	1980	1985	1990	1995
JEFE DE PLANTA (1)	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	3/5	3/5	3/5	3/5
JEFE DE LABORATORIO (2)	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	2/3	2/3	2/3	2/3
ING. SANITARIO (2)	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	2/3	2/3	2/3	2/3
ING. MECANICO ESPECIALIZADO (2)	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	3/5	3/5	3/5	3/5
ING. ELECTRICISTA ESPECIALIZADO (2)	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	3/5	3/5	3/5	3/5
QUIMICO	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3
ENCARGADO DE TURNO (3) (6)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
TECNICO (4)	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4
ASISTENTE TECNICO (5)	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4
CHOFER	1 1/3	1 1/3	2 1/3	2 1/3	1 1/3	1 1/3	2 1/3	2 1/3	1 1/3	1 1/3	2 1/3	2 1/3
PEON (6)	13	15	15	15	11	13	15	15	16	17	19	22

NOTA:

- 1.- En caso de ser al mismo tiempo Funcionario del Distrito, se le considera un sobreesueldo.
- 2.- Maestro o Licenciado con conocimiento y experiencia equivalente.
- 3.- Secundarignos capacitación ad-hoc.
- 4.- Técnico medio, no se pedía curriculum académico.
- 5.- Primarimínimo, más capacitados que el peón.
- 6.- Están adscritos a una sola planta.

A L T E R N A T I V A 4

P L A N T I L L A D E P E R S O N A L

P U E S T O	P L A N T A			
	1980	1985	1990	1995
JEFE DE PLANTA (1)	1	1	1	1
JEFE DE LABORATORIO (2)	1	1	1	1
ING. SANITARIO (2)	1	1	1	1
ING. MECANICO ESPECIALIZADO (2)	1	1	1	1
ING. ELECTRICISTA ESPECIALIZADO (2)	1	1	1	1
QUIMICO	3	3	4	4
ENCARGADO DE TURNO (3)	3	3	3	3
TECNICO (4)	3	3	6	6
ASISTENTE DE TECNICO (5)	3	3	6	6
CHOFER	4	4	6	6
PEON	19	22	24	28

NOTA:

- 1.- En caso de ser Funcionario del Distrito, se le considera un sobresueldo.
- 2.- Maestro o Licenciado con conocimiento y experiencia equivalente.
- 3.- Secundaria, mas capacitación ad-hoc.
- 4.- Tecnico medio, no necesita curriculum académico.
- 5.- Primario mínimo, más capacitados que el peón.

Se considera que en cualquier caso, habrá un lugar adecuado para la disposición de lodos, a no más de 1 km. de distancia de la planta, aplicando la tarifa de SAHOP para acarreo de materiales a granel primer kilómetro.

La siguiente tabla muestra los costos de operación de la Alternativa 4; así como la plantilla de personal necesario.

TABLA 8.5

**CALCULO DE COSTO DE PERSONAL, ALTERNATIVA 4
(CORRIENTES A 1980) MILES DE PESOS**

CONCEPTO	AÑO	1980	1985	1990	1995	2000
Jefe de Planta		540	540	540	540	540
Jefe de Laboratorio		420	420	420	420	420
Ing. Sanitario		420	420	420	420	420
Ing. Mecánico Es.		420	420	420	420	420
Ing. Electric. Es.		420	420	420	420	420
Encargado de Tur.		523	523	523	523	523
Químicos		720	720	960	960	960
Maestros		288	288	432	432	432
Ayudante Maestro		176	176	353	353	353
Choferes		288	288	402	402	432
Peones		936	1,069	1,166	1,361	1,361
Subtotal		5,138	5,284	6,086	6,344	6,344
más 35% pres		1,798	1,849	2,130	2,220	2,220
T o t a l		6,936	7,133	8,216	8,564	8,564

TABLA 8.6

COSTO DE ENERGIA ELECTRICA ALT. 4 (CORRIENTES A 1980)

CONCEPTO	AÑO	1980	1985	1990	1995	2000
Hp aerador		15,000	21,000	24,000	30,000	30,000
Kw-hr/año(10 ⁶)		97,875	137,025	156,600	195,750	195,750
\$/año 10 ⁶ (0.75)		73,410	102.77	117.450	146,810	146.810
10%		7,340	10,280	11,750	14.680	14,680
T o t a l		80.750	113,050	129,200	161,490	161,490

TABLA 8.7

**COSTO DE REACTIVOS ALTERNATIVA 4
(PRECIOS CORRIENTES 1980)**

Costo L.A.B. Cloro = \$8,586.64/ton

AÑO	CONSUMO (ton/año)	COSTO (ton)
1,980	1,182	10'149,408
1,985	1,441	12'373,348
1,990	1,772	15'215,526
1,995	2,171	18'641,395
2,000	2,681	23'020,782

Costo lab. AL₂ (SO₄)₃ = \$ 5,274.80/ton. (Precios corrientes a 1980)

AÑO	CONSUMO (ton/año)	COSTO (ton)
1,980	4,616	24'348,477
1,985	5,625	29'670,750
1,990	6,920	36'501,616
1,995	8,480	49'730,304
2,000	10,466	55'206,057

TABLA 8.8

**DISPOSICION DE SOLIDOS - COSTO ALT. 4
Flete \$ 95.70 (Precios corrientes a 1980)**

AÑO	DISPOSICION/DIA)	DISPOSICION/AÑO	COSTO/AÑO
1,980	1,231	449,315	42'999,445
1,985	1,284	468,660	44'850,762
1,990	1,580	576,700	44'190,190
1,995	1,936	706,640	67'615,448
2,000	2,390	872,350	83'483,895

TABLA 8.9

**SUMA COSTO ALT. 4
(MILLONES DE PESOS)**

TABLA	AÑO	COSTO
8.5	1980	6.93
8.6	1980	80.75
8.7	1980	10.15
8.7	1980	24.35
8.8	1980	43.00

	SUMA	165.18

TABLA 8.10

**COSTOS ANUALES DE OPERACION (MILLONES DE PESOS)
(PRECIOS CORRIENTES A 1980)**

PLANTA	1980	1985	1990	1995	2000
1.A	2.78	2.80	2.83	2.86	2.89
1.B	12.24	16.81	17.97	23.09	25.35
1.C	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82
1.D	1.38	1.39	1.98	2.00	2.02
1.E	21.06	28.04	35.10	37.27	29.94
1.F	182.76	223.52	272.95	341.32	394.70
SUMA 1	223.04	275.38	333.65	409.36	467.72
2.A	152.33	179.77	211.23	261.50	284.25
2.B	15.30	16.21	19.71	20.95	22.44
SUMA 2	167.63	195.98	230.94	282.45	306.69
3.A	11.40	14.27	15.72	19.09	21.22
3.B	18.40	24.82	31.49	33.66	26.33
3.C	169.40	207.27	256.20	318.79	372.17
SUMA 3	199.20	246.36	303.41	371.54	429.72
4.A	165.18	215.24	253.30	312.06	342.70
SUMA 4	165.18	215.24	253.30	312.06	342.70

CAPITULO IX

CAPITULO IX

ESTRUCTURAS TARIFARIAS

IX.1 RESUMEN DE COSTOS (PRECIOS CORRIENTES 1980)

De acuerdo al estudio de alternativas, tanto de costos como de resultados técnicos, se seleccionaron las cuatro mejores alternativas que llamaremos 1, 2, 3 y 4.

Las características técnicas de cada alternativa determinan los costos de construcción, para el funcionamiento de cada planta; estos costos, para facilidad de interpretación, se separan en: costos de la planta y conducciones; por otra parte, las necesidades de operación nos permiten calendarizar las ampliaciones y el monto de inversión correspondiente a cada período.

Para la inversión se establecen las características de cada alternativa de acuerdo a: la delimitación de responsabilidades, monto de inversión, ampliaciones y plazo de ejecución.

Así se tiene que:

Para la alternativa 1, cada municipio responde por sus residuos urbanos e industriales lo que representa seis plantas de tratamiento.

Planta 1.A Municipio I y Textil 1, su inversión será de \$ 29.59 millones para la planta y de \$ 0.45 millones en conducción, debiéndose realizar en forma inmediata.

Planta 1.B Municipio II y Cervecería 1; el costo de la planta será de \$ 156.28 millones y la conducción de \$ 2.70 millones, para realizarse de inmediato, debiéndose ampliar en el año 5 con costo de \$ 78.68 millones y en el año 15 en \$ 79.61 millones; quedando totalmente instalada en este año, con costo total de \$ 317.27 millones.

Planta 1.C Municipio IV y Textil 2, se requiere una inversión total de \$ 44.40 millones en planta y de conducción será de \$ 0.60 millones realizándose de inmediato.

Planta 1.D Municipio III, necesita una inversión de \$ 3.00 millones para realizarse de inmediato y \$ 2.31 millones en el año 10.

Planta 1.E Municipio V y Cervecería 2; Esta planta se realizará en tres etapas, en la primera a construirse de inmediato se invertirán \$ 265.84 millones para la planta y de \$ 17.19 millones para la conducción. En la segunda se necesitarán \$ 119.31 millones en el año 5, la tercera que se construirá para el año 10 se necesitarán \$ 126.01 millones de inversión, teniendo un costo total de la planta en \$ 528,35 millones.

Planta 1.F Municipio VI, Química A, B, C; Ind. Papelera y Cafetalera; en esta planta se tienen los más altos caudales a tratar por lo tanto, su costo es mayor, necesitando para su inicio una inversión de \$ 963,85 millones para la planta y \$ 23.98 millones en la conducción; se ampliará en el año 5 con un costo de \$ 227.06 millones; en el año 10 se deberán invertir \$ 242.59 millones, y en el año 15 será de \$ 431.44 millones; obteniéndose un total de \$ 1,888.92 millones para su inversión.

Para la realización de esta alternativa, se necesitará una inversión total de \$ 2,814.89 millones; correspondiendo el 67.1% a la planta 1.F, el 18,8% a la planta 1.E, el 11.3% para la planta 1.B, lo que representa el 97.2% de la inversión total.

ALTERNATIVA 2.- En esta alternativa se necesitan dos plantas, una tratará los residuos industriales y la otra tratará los residuos municipales, teniendo:

Planta 2.A Tratará todos los residuos industriales; para su construcción se requiere de una inversión total de \$ 2,623.04 millones. Esta planta se construirá en cuatro etapas; en la primera se invertirán \$ 1,427.17 millones para la planta y \$ 71.52 millones en conducción, la segunda necesitará una inversión de \$ 291.41 millones para el año 5; en el año 10 que será la tercer etapa, se deberán invertir \$ 293.92 millones y en la cuarta etapa será de \$ 539.02 millones.

Planta 2.B Tratará los residuos municipales, su inversión total será de \$ 285.65 millones, de estos \$ 186.09 millones serán para la planta y \$ 35.44 millones serán para su conducción y deberán invertirse inmediatamente; y \$ 64.13 millones se invertirán en el año 10.

El costo total de esta alternativa es de \$ 2,908.70 millones, siendo la planta 2.A la que tenga la mayor inversión 90.2%.

ALTERNATIVA 3.- Consta de tres planta, las cuales tratarán indistintamente los desechos industriales y municipales.

Planta 3.A Tratará los desechos de Textil 1 y 2, Municipios I, II, III, IV y Cervecera 1; esta planta necesita una inversión inicial de \$ 148.86 millones para la planta y \$ 12.75 millones en conducción, en el año 5 se ampliará la planta en \$ 71.89 millones; en el año 15, se deberán invertir \$ 70.24 millones para un total de \$ 303.74 millones de inversión

Planta 3.B Trata los desechos de la Cervecera 1 y Municipio V, la inversión total de la planta es de \$ 514.57 millones distribuidos de la siguiente forma: la etapa inicial tendrá una inversión de \$ 259.00 millones en la planta y de \$ 17.19 millones en la conducción, la segunda etapa se realizará en el año 5 y tendrá un costo de \$ 115.84 millones, la tercer y última etapa tendrá una inversión de \$ 122.54 millones.

Planta 3.C Tratará las descargas de Química A, B, C, Ind. Papelera, Cafetalera, y Municipio VI, esta planta es la más costosa de la alternativa ya que necesita una inversión de \$1,747.02 millones, repartiéndose en cuatro etapas, en la primera se invertirán \$ 890.08 millones para la planta y \$ 23.98 millones en conducción, que se realizará inmediatamente, la segunda etapa será en el año 5 con costo de \$ 209.59 millones, la tercera etapa se realizará en el año 10 con un costo de \$ 225.12 millones y la cuarta y última etapa será en el año 15, con costo de \$ 398.25 millones.

El costo total de esta alternativa será de \$ 2,565.33 millones, teniendo la planta 3.C el 68.10% de la inversión, la planta 3.B el 20.05% y la planta 3.A el 11.85%.

ALTERNATIVA 4.- Esta alternativa será una sola planta, agrupa a todas las descargas, su costo es de \$ 2,662.49 millones invertidos en 4 etapas, al inicio, año 5, 10 y 15 con un costo de \$ 1,339.17 millones en la planta y \$ 75.78 millones en conducción al inicio del sistema; se invertirán en el año 5 \$ 502.91 millones, en el año 10 \$ 236.47 millones y en el año 15 \$ 508.16 millones.

COSTO DE OPERACION

Los costos de operación son los que se obtuvieron de acuerdo a los volúmenes tratados en el período.

Alternativa 1.- Comenzará su operación con costo de \$ 223.04 millones, incrementándose hasta \$ 467.72 millones en el año 20*

Alternativa 2.- Su costo inicial de operación es de \$ 167.63 millones, hasta alcanzar en el año 20* una erogación de \$ 306.69 millones.

Alternativa 3.- El costo inicial para esta alternativa, será de \$ 199.20 millones, incrementándose hasta el año 20* a \$ 429.72 millones.

Alternativa 4.- Esta alternativa es la que tiene los costos más bajos en su operación, iniciándose con \$ 165.18 millones, llegando hasta \$ 342.70 millones en el año 20*.

Obtenidos los costos de construcción y operación, se procede a realizar el análisis financiero de las alternativas presentadas, este análisis comprende; investigación de las posibles fuentes de financiamiento, condiciones de crédito y la determinación de cuotas de los usuarios industrias y municipios que se conectarán al sistema.

IX.2 ANALISIS FINANCIERO

Para el financiamiento del sistema, se investigaron dos posibles fuentes de crédito, dadas por dos Instituciones Bancarias; relacionando los proyectos con cada fuente de financiamiento.

IX.3 CONDICIONES DE CREDITO

Las Instituciones de Crédito investigadas fueron: Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID); las condiciones de crédito son:

* Se calculó hasta el año 20 como representativo del Sistema, por considerar que, este período es bastante amplio para formar un criterio.

BANOBRAS (1980)

Período de pago: Máximo 15 años

Tasa de interés: 9% semestral sobre saldos insolutos

Plazo máximo para Construcción: 18 meses (Período de Gracia)

BID

Período de pago: Máximo 15 años

Tasa de interés: 8.5 % anual sobre saldos mensuales insolutos

Comisión de crédito: 1.5% anual sobre saldo no ejercido

Intermediario: Por esta función Nacional Financiera, S.A.

retiene el 1.5% sobre el capital.

Plazo máximo para Construcción: 4 años

En los dos casos los pagos se deben cubrir mensualmente un mes después de estar funcionando el sistema.

IX.4 ANUALIDADES POR ALTERNATIVA

Tomando como base las inversiones, año en que se realizan, anualidades a pagar, y costo de operación de cada alternativa, se calcula la cuota anual que deberá pagar el sistema, según cada alternativa, Tabla 9.6 y 9.7, las demás anualidades se calculan de la misma forma.

Este análisis parte en base a que: el sistema nunca deberá operar con números rojos, las cuotas deberán ser ascendentes en el sistema y tener el menor capital en caja; esto se logrará estudiando los flujos de caja de cada alternativa, presentando estos en la siguiente tabla de resumen:

TABLA 9.5

ALT	BANCO	PROMEDIO 0 - 5	PROMEDIO 6 - 10	PROMEDIO 11 - 15	PROMEDIO 15 - 20	PROMEDIO 0 - 20
1	BANOBRAS	577.07	709.33	735.02	745.02	691.61
	BID	441.54	514.28	629.71	660.55	561.52
2	BANOBRAS	570.08	617.81	680.37	701.13	642.35
	BID	401.40	465.81	494.28	514.17	468.91
3	BANOBRAS	498.71	628.51	697.49	714.58	634.82
	BID	395.29	494.69	536.98	544.16	492.78
4	BANOBRAS	460.65	603.81	696.19	719.69	620.08
	BID	388.31	439.63	512.92	533.90	468.69

Promedio quinquenal de alternativas (millones de pesos)

TABLA 9.1.

TABLA DE PRESTAMOS Y COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO.
(MILLONES DE PESOS 1980)

	ALT. 1	ALT. 2	ALT. 3	ALT. 4
AÑO	PRESTAMO CONSTRUCC. OPER.Y MANTTO	PRESTAMO CONSTRUCC. OPER.Y MANTTO	PRESTAMO CONSTRUCC. OPER.Y MANTTO	PRESTAMO CONSTRUCC. OPER.Y MANTTO
0	1,507.88	1,720.22	1,351.86	1,414.95
1	223.04	167.64	195.82	165.18
2	233.49	173.29	205.67	175.19
3	243.97	178.96	215.54	185.20
4	254.42	184.63	225.41	195.21
5	425.05 264.89	291.41 190.30	397.32 235.27	502.91 205.22
6	275.38	195.98	245.15	215.24
7	287.01	202.97	256.70	222.85
8	298.68	209.96	267.97	230.46
9	310.32	216.95	279.37	238.07
10	370.91 321.97	358.05 223.95	347.66 290.78	236.47 245.69
11	333.65	230.94	302.20	253.30
12	348.77	241.24	315.74	265.05
13	363.91	251.54	329.29	276.80
14	379.01	261.85	342.83	288.55
15	511.05 394.19	539.02 272.15	468.49 356.38	508.16 300.30
16	409.36	282.45	369.93	312.06
17	421.01	287.30	385.65	318.18
18	432.69	292.15	401.39	324.31
19	444.35	296.99	417.12	330.44
20	456.03	301.84	432.89	336.57

TABLA 9.2
CONDICIONES EN BANCO (PRESTAMOS)

	BANOBRAS	BID
PERIODO DE PAGO	15	15
TASA DE INTERES	18.00%	8.50%
PAGOS AL AÑO	2	12
PLAZO DE CONSTRUCC.	18 MESES	48 MESES
FACTOR CALCULO- -ANUALIDAD	0.19	0.12

TABLA 9.3
TABLA DE PAGOS DE PRESTAMOS E INTERES ANUALES.
(MILLONES DE PESOS A COSTOS 1980)

AÑO	B A N O B R A S				B I D			
	ALT. 1	ALT. 2	ALT. 3	ALT. 4	ALT. 1	ALT. 2	ALT. 3	ALT. 4
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	293.54	334.88	263.17	275.45	178.18	203.28	159.75	167.20
2	293.54	334.88	263.17	275.45	178.18	203.28	159.75	167.20
3	293.54	334.88	263.17	275.45	178.18	203.28	159.75	167.20
4	293.54	334.88	263.17	275.45	178.18	203.28	159.75	167.20
5	293.54	334.88	263.17	275.45	178.18	203.28	159.75	167.20
6	376.29	391.61	340.52	373.35	228.41	237.71	206.70	226.63
7	376.29	391.61	340.52	373.35	228.41	237.71	206.70	226.63
8	376.29	391.61	340.52	373.35	228.41	237.71	206.70	226.63
9	376.29	391.61	340.52	373.35	228.41	237.71	206.70	226.63
10	376.29	391.61	340.52	373.35	228.41	237.71	206.70	226.63
11	448.49	461.31	408.20	419.39	272.24	280.02	247.78	254.57
12	448.49	461.31	408.20	419.39	272.24	280.02	247.78	254.57
13	448.49	461.31	408.20	419.39	272.24	280.02	247.78	254.57
14	448.49	461.31	408.20	419.39	272.24	280.02	247.78	254.57
15	448.49	461.31	408.20	419.39	272.24	280.02	247.78	254.57
16	254.44	231.36	236.23	242.86	154.45	140.44	143.39	147.42
17	254.44	231.36	236.23	242.86	154.45	140.44	143.39	147.42
18	254.44	231.36	236.23	242.86	154.45	140.44	143.39	147.42
19	254.44	231.36	236.23	242.86	154.45	140.44	143.39	147.42
20	254.44	231.36	236.23	242.86	154.45	140.44	143.39	147.42

La variación de cuotas anuales que deberá recaudar el sistema según cada alternativa es como sigue:

En la Alternativa 1 de BANOBRAS, la cuota inicial es de \$ 556.15 millones, llegando al año 20 a \$ 745.02 mill. que es 34%

Para el BID su cuota inicial es de \$ 420.62 mill. y en el año 20 de \$ 660.55 mill. siendo el 57.0% de incremento.

En la Alternativa 2, se deberán cobrar las siguientes cuotas:

BANOBRAS en el inicio es de \$ 518.76 mill, al final del período de \$ 701.13 mill. que es el 35.2% de incremento.

BID en el inicio se pagará \$ 390.07 mill. y la cuota final de \$ 514.17 mill. representando un incremento del 31.8%

En la alternativa 3 la cuota inicial de BANOBRAS será de \$ 478.99 mill. y la cuota del año 20 será de \$ 714.58 mill., que es el 49.2% de incremento.

Para el BID la cuota inicial será de \$ 375.57 mill. y la cuota final de \$ 547.35 mill., representando un incremento de 45.7%

En la Alternativa 4 de BANOBRAS se tienen de cuota inicial la cantidad de \$ 445.64 mill. y de cuota final la cantidad de \$ 719.69 mill., que es el 61.5%

En el BID se deberán pagar las siguientes cuotas: en el año 1 de \$ 368.29 mill. y en el año 20 de \$ 533.90 mil, que es el 45% de incremento.

Estos resultados muestran que las condiciones del BID son las más favorables, para solicitar el financiamiento del Sistema.

IX.5 OBTENCION DE TARIFAS PARA USUARIOS

Para el cálculo de tarifas que deberán pagar los usuarios del sistema, es en base a la influencia que tiene cada parámetro de contaminación. Se consideran los costos estimados en función de los cuatro parámetros, VOL, DBO, DQO y SST.

La influencia de estos parámetros, se valuó como se indica en las siguientes tablas.

TABLA 9.6

FLUJO DE CAJA BANOBRAS ALTERNATIVA 4 (MILES DE PESOS S/PERIODO DE GRACIA)

CONCEPTO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SALDO INICIAL	0.00	0.00	5.01	0.01	0.01	0.01	0.01	3.82	0.02	0.02	0.42
INGRESOS	1,414.95	445.64	445.64	460.65	470.66	983.58	592.40	592.40	603.81	644.82	855.91
1. PRESTAMOS	1,414.95	0.00	0.00	0.00	0.00	502.91	0.00	0.00	0.00	0.00	236.47
CUOTAS	0.00	445.64	445.64	460.65	470.66	480.67	592.40	592.40	603.21	611.82	619.44
EGRESOS	1,414.95	440.63	450.64	460.65	470.66	983.58	588.59	596.20	603.81	611.42	855.51
INVERSION*	1,414.95	0.00	0.00	0.00	0.00	205.22	0.00	0.00	0.00	0.00	236.47
COSTO OPER.	0.00	165.18	175.19	185.20	195.21	502.91	215.24	222.85	230.46	238.07	245.69
CAPITAL E INT	0.00	275.45	275.45	275.45	275.45	275.45	373.35	373.35	373.35	373.35	373.35
SALDO FINAL	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	3.82	0.02	0.02	0.42	0.82

CONCEPTO	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SALDO INICIAL	0.82	6.69	0.81	0.81	0.81	0.81	165.58	324.23	476.75	623.14
INGRESOS	678.56	578.56	698.19	707.94	1227.85	719.64	719.69	719.69	719.69	719.60
1. PRESTAMOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	508.16	0.00	0.00	0.00	0.00
CUOTAS	678.56	678.56	696.19	707.94	719.69	719.69	719.69	719.69	719.69	719.60
EGRESOS	672.69	684.44	696.19	707.94	1227.85	554.92	561.04	567.17	573.30	579.43
INVERSION	0.00	0.00	0.00	0.00	508.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
COSTO OPER.	253.30	265.05	276.80	288.55	300.30	312.06	318.18	324.31	230.44	336.57
CAPITAL E INT.	419.39	419.39	419.39	419.39	419.39	242.86	242.86	242.86	242.86	242.86
SALDO FINAL	6.69	0.81	0.81	0.81	0.81	165.58	324.23	476.75	623.14	763.40

TABLA 9.7

ALT. 4 BID S/PERIODO DE GRACIA (MILES DE PESOS)

CONCEPTO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SALDO INICIAL	0.00	0.00	35.91	71.82	107.73	143.64	179.55	156.03	132.51	108.99	85.47
INGRESOS	1,414.95	368.29	378.30	388.31	398.32	911.24	418.35	425.96	433.57	441.81	715.58
1. PRESTAMOS	1,414.95	0.00	0.00	0.00	0.00	502.91	0.00	0.00	0.00	0.00	236.47
CUOTAS	0.00	368.29	378.30	388.31	398.32	408.33	418.35	425.46	433.57	441.18	479.11
EGRESOS	1,414.95	332.38	342.39	352.40	362.41	875.33	441.87	449.48	457.09	464.70	708.79
INVERSION	1,414.95	0.00	0.00	0.00	0.00	502.91	0.00	0.00	0.00	0.00	236.47
COSTO OPER.	0.00	165.18	175.19	185.20	192.21	205.22	215.24	222.85	230.46	238.07	245.69
CAPITAL E INT.	0.00	167.20	167.20	167.20	167.20	167.20	226.63	226.63	226.63	226.63	226.63
SALDO FINAL	0.00	35.91	71.82	107.73	143.64	179.55	156.03	132.51	108.99	85.47	92.26

CONCEPTO	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SALDO INICIAL	92.26	83.36	68.58	47.83	21.20	0.33	74.75	143.05	261.261	623.14
INGRESOS	498.87	504.74	510.62	576.49	1042.06	533.90	533.90	533.90	533.90	719.60
1. PRESTAMOS	0.00	0.00	0.00	0.00	508.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CUOTAS	498.87	504.74	510.62	576.49	533.90	533.90	533.90	533.90	533.90	719.60
EGRESOS	507.77	519.52	531.37	543.12	1062.93	439.48	465.60	471.73	483.99	579.43
INVERSION	0.00	0.00	0.00	0.00	508.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
COSTO OPER.	253.30	265.05	276.80	288.55	300.30	312.06	318.18	324.31	336.57	336.57
CAPITAL E INT.	254.57	254.57	254.57	254.57	254.57	147.42	147.42	147.42	147.42	342.86
SALDO FINAL	83.36	68.58	47.83	21.20	0.33	74.75	143.05	205.22	311.17	763.40

TABLA 9.8
OBTENCION DE FACTORES PARA PROPOSICION DE TARIFAS
(PRECIOS A 1980)

OBRA CIVIL	VOL	DBO	DDO	SST	ALTER. 1	ALTER. 2	ALTER. 3	ALTER. 4	
1. CANAL DE APROX.	100				2.435	2.305	2.307	1.921	1.921
2. CRIBA DESARENADOR	100				10.055	6.346	8.147	6.333	6.333
3. S. PRIMARIO	50			50	89.834	125.065	92.148	131.127	65.608
4. AERADOR	40	60			226.712	226.255	228.081	211.015	84.406
5. S. SECUNDARIO	80	10	10		113.494	121.663	116.232	158.732	126.986
6. TANQUES DE CLORO	100				19.838	19.420	19.684	18.500	18.500
7. PLANTA DE BOMBEO	70	30			6.956	4.388	6.100	2.676	1.873
8. DIGESTORES	35	15	15	35	380.258	166.248	347.987	235.802	82.531
9. ESPESADORES	100				3.413	6.301	2.925	8.691	8.691
10. LECCHO DE SECADO	70			30	22.500	-	-	-	-
11. FLOCULADOR	60		40		9.130	-	9.130	-	-
12. ED. P/FILTRO VAC.	100				13.325	12.407	13.325	16.082	16.082
13. E.D. P/CALDERAS	100				-	2.757	-	2.757	2.757
14. DESPUMADORES	80	10	10		13.511	11.675	13.595	10.891	8.713
15. CRIBAS LIMP. AUTO.	100				13.361	13.196	14.171	13.625	13.625
16. BANDA TRANSPORT.	100				37.600	37.860	39.240	37.720	27.720
EQUIPAMIENTO									
17. LIMNIMETROS	100				0.964	0.841	0.966	0.600	0.600
18. AERADOR	30	60	10		148.394	195.000	134.551	195.000	58.500
19. S. PRIMARIO	50			50	64.444	96.682	71.231	101.522	50.761
20. S. SECUNDARIO	80	10	10		88.890	95.286	90.720	124.321	99.457
21. TANQUE DE CLORO	100				89.685	249.613	94.027	43.073	43.073
22. PLANTA DE BOMBEO	80	10	10		13.889	8.039	13.564	10.812	8.650
23. DIGESTORES	35	15	15	35	57.213	25.015	52.361	35.480	12.418
24. DOSIF. AL ₂ (SO ₄) ₃	60	20	20		18.002	10.500	16.502	6.000	3.600
25. FILTROS AL VACIO	35	15	15	35	459.306	414.741	455.285	658.091	230.332
26. ESPESADORES	100				2.636	4.872	2.260	6.640	6.600
27. SIST. ROMPESPUMA	80	10	10		2.954	2.428	2.969	2.381	1.905
28. CUADRO DE MOTORES	80	10	10		63.924	84.000	57.962	89.000	71.200
29. EMISOR	100				1.360	1.000	1.161	780	780
30. CALDERAS	100				-	70.000	-	70.000	70.000
31. DOSIFIC. Ca (OH) ₂	30		70		4.800	-	4.800	-	-
32. FLOCULADOR	30		70		10.865	-	10.865	-	-
					-----	-----	-----	-----	-----
					1994.746	2013922	1'922.397	2'195.471	1'130.515

INDICE INFLUENCIA = $\frac{1'130.515}{2'195.471} \times 100 = 51.5\%$

EJEMPLO:
OBTENCION DEL FACTOR DE INFLUENCIA
DEL PARAMETRO VOLUMEN ALT. 4.

TABLA 9.10

RESUMEN DE COSTRUCCION

PARAMETRO	SUBTOT.		SUBTOT.		SUBTOT.		SUBTOT.		PROME DIO
	ALTER. 1	%	ALTER. 2	%	ALTER. 3	%	ALTER. 4	%	
VOLUMEN	1,002,492	50.3	1,166,755	57.90	971,315	50.5	1,130,515	51.5	53%
D.B O	394,934	19.8	379,381	18.8	380,719	19.8	424,131	19.3	19%
D.O O	197,240	9.9	144,811	7.2	189,202	9.8	199,220	9.1	9%
S S T	400,261	20.0	322,875	16.1	381,161	19.9	441,605	20.1	19%
T O T A L	1,994,746	100	2,013,922	100	1,922,397	100	2,195,471	100	100

TABLA 9.11

OBTENCION DE FACTORES DE OPERACION Y MANTENIMIENTO
PARA TARIFAS (PRECIOS A 1980)

CONCEPTO	% VOL.	% DBO	% DQO	% SST	ALTER.1	ALTER.2	ALTER.3	ALTER.4
1. PERSONAL	100				14,900	10,730	12,080	8,564
2. ENERGIA ELECTRICA	40	40	10	10	124,070	161,490	92,060	161,490
3. MANTENIMIENTO	70	10	10	10	11,960	9,500	8,530	9,800
4. VEHICULOS	100				1,990	1,420	1,420	1,170
5. REACTIVOS	25	25	25	25	250,450	63,640	252,600	78,272
6. DISPOSICION/SOL	50			50	64,330	59,910	63,030	83,484
					467,720	306,690	429,720	342,735

EJEMPLO

OBTENCION DEL FACTOR DE INFLUENCIA
DE OPERACION Y MANTENIMIENTO
ALT. 4

FACTOR DE INFLUENCIA =

$$\frac{142,489}{342,735} \times 100 = 41.6\%$$

TABLA 9.12

RESUMEN FACTORES OPERACION Y MANTENIMIENTO

PARAMETRO	SUBTOT.		SUBTOT.		SUBTOT.		SUBTOT.		PROME DIO
	ALTER. 1	%	ALTER. 2	%	ALTER. 3	%	ALTER. 4	%	
VOLUMEN	164.682	36.3	129.261	42.1	150.960	35.1	142.489	41.6	39%
D B O	113.438	24.3	81.456	26.6	100.827	23.5	85.133	24.8	25%
D Q O	76.218	16.3	33.009	10.8	73.209	17.0	36.685	10.7	13%
S S T	108.382	23.1	82.964	20.5	104.724	24.4	78.428	22.9	23%
T O T A L	467.720		306.690		429.720		342.735		100%

TABLA 9.13

OBTENCION DE LAS CUOTAS QUE DEBERAN PAGAR LOS USUARIOS DE LA PLANTA
ALTERNATIVA 4 (MILLONES DE PESOS, CORRIENTES A 1980)

CUOTA	CONSTRUCCION		CONSTRUCCION				OPERACION Y MANTENIMIENTO				
	TABLA 9.6	TABLA 9.6	OPER Y MTTD.	VOL.	DBO	DQO	SST	VOL.	DBO	DQO	SST
(1)	(2)	(3) = (1-2)	(2 x 0.53)	(2 x 0.19)	(2 x 0.09)	(2.0.19)	(3 x 0.39)	(3 x 0.23)	(3 x 0.13)	(3 x 0.23)	(3 x 0.23)
445.64	275.45	170.19	145.99	52.34	24.79	52.34	66.37	42.55	22.12	39.14	
445.64	275.45	170.19	145.99	52.34	24.79	52.34	66.37	42.55	22.12	39.14	
460.65	275.45	185.20	145.99	52.34	24.79	52.34	72.23	46.30	24.00	42.60	
470.66	275.45	195.21	145.99	52.34	24.79	52.34	76.13	48.80	25.38	44.90	
480.67	275.45	205.22	145.99	52.34	24.79	52.34	80.04	51.31	26.68	47.20	
592.40	373.35	219.05	197.88	70.94	33.60	70.94	85.43	54.76	28.48	50.38	
592.40	373.35	219.05	197.88	70.94	33.60	70.94	85.43	54.76	28.48	50.38	
603.21	373.35	229.86	197.88	70.94	33.60	70.94	89.65	57.47	29.88	52.87	
619.44	373.35	246.04	197.88	70.94	33.60	70.94	95.98	61.52	31.99	56.60	
...

Para obtener la cuota anual para cada usuario; se divide el costo anual de cada parámetro entre la proyección del mismo a ese año, multiplicado por la proyección del usuario de la planta en ese año, asimismo tiene el valor de la cuota que deberá pagar el usuario, por ejemplo:

Ejemplo:

USUARIO: TEXTILERA I AÑO 5

PROV. DEL VOLUMEN EN ESE AÑO = 138,490 m³

PROV. DEL VOLUMEN USUARIO AÑO 5 = 2,144 m³

CUOTA DEL AÑO 5 DEBIDO AL VOLUMEN = \$ 145.99 MILLONES (CONSTRUCCION) Y \$ 80.04 MILLONES (OP. Y MTTO)

PARA CONSTRUCCION = $\frac{\$ 145.99 \text{ MILLONES}}{138,490 \text{ m}^3} \times 2,144 \text{ m}^3 = \$ 2.26 \text{ MILLONES}$

OPERACION = $\$ 80.04 \text{ MILLONES} \times 2,144 \text{ m}^3 = \$ 1.24 \text{ MILLONES}$

ASI SE OBTIENEN LAS CUOTAS PARA LOS OTROS PARAMETROS. SUMANDO ESTOS RESULTADOS

	CONST.		OP.	
VOL	2.26		1.24	
DBO	0.17		0.17	
DQO	0.05		0.05	
SST	<u>0.25</u>		<u>0.22</u>	
SUMA	2.73	+	1.68	= \$ 4.41 MILLONES

Así se tiene que, cada parámetro influirá en un porcentaje en cada una de las estructuras de la planta, así como en la operación de la misma. Estos porcentajes nos dan el factor de influencia de cada parámetro. El volumen tiene el 53% de influencia en construcción y el 39% en operación, la DBO tendrá el 19% en construcción y el 25% en operación, la DQO será el 9% en construcción y el 13% en operación para la SST será el 19% en construcción y el 23% en operación.

Otra opción será la siguiente: se propone que cada parámetro tendrá la misma influencia en la construcción y operación de la planta, como se trabaja con cuatro parámetros el factor será el 25% para cada parámetro.

Con estas opciones se calculan las tarifas proporcionales a cada usuario del sistema, lo que sumadas con todos los parámetros, se obtienen las cuotas anuales que se deberán pagar al sistema para su funcionamiento.

Los usuarios con las mayores cuotas quinquenales son: Cervecera 2, Química C, Ind. Papelera, así como los Municipios V, VI, resumiendo en las siguientes tablas: 9.16, 9.17, 9.18, 9.19, 9.20, 9.21.

Estas cuotas servirán para formarnos el criterio para la selección de la mejor alternativa en el Distrito de Control.

Para comprobar la factibilidad económica del Sistema, se comparan las cuotas anuales per cápita contra el producto interno bruto de la cuenca.

Población económicamente activa 1,483,727 (12)

Producto Interno Bruto \$ 4,076.4878 millones

$$\text{PIB} = \frac{4,076.4878}{1.4837} = \$ 2747,5/\text{Hab.}$$

TABLA 9.14

		CUOTAS		
		CUOTA ANUAL x 10 ⁶	CUOTA/Pe	% PIB
ALT.1	BANOBRAS	\$ 536.15	361.4	13.2
	BID	420.62	283.5	10.3
ALT.2	BANOBRAS	518.76	349.6	12.7
	BID	390.07	262.9	9.6
ALT.3	BANOBRAS	478.94	322.8	11.7
	BID	375.57	253.1	9.2
ALT.4	BANOBRAS	445.64	300.4	10.9
	BID	368.29	248.2	9.0

Además los municipios son los que tendrán mayores problemas para el cobro de tarifas, éstas las deberán pagar las familias; por lo tanto, el costo de tratamiento de agua negra, por familia es:

El salario mínimo de la zona es de \$ 133.00	
Número de Habitantes en la zona	511704
Número de habitantes por familia	6
Número de familias	85284 familias

Tarifa de los Municipios I, II, III, IV, V y VI de la alternativa 1 y 4, de parámetros variables.

TABLA 9.15

BID. ALTERNATIVA 4 CUOTAS ANUALES (MILLONES DE PESOS)

AÑO 1 PARA MUNICIPIOS

MUNICIPIO I	4.43
MUNICIPIO II	5.27
MUNICIPIO III	0.91
MUNICIPIO IV	5.65
MUNICIPIO V	22.90
MUNICIPIO VI	5.27
	<u>44.43</u>

$$\frac{44.43}{\# \text{ fam/año}} = \frac{44.43 \times 10^6}{85,284} = \$ 520.96/\text{FAM/AÑO}$$

$$\frac{520.96}{365} = \$ 1.43/\text{fam/día}$$

$$\frac{\text{cuota/día}}{\text{sal.min./día}} = \frac{143}{133.00} \times 100 = 1.08 \% \text{ s.m.}$$

			\$/fam/año	\$/fam/día	%S.M.
ALT 1. BANOBRAS	\$ 65.06 MILLONES/AÑO		762.86	2.09	1.6
ALT.4 BID	\$ 44.43 MILLONES/AÑO		520.96	1.43	1.1

TABLA 9.16

CERVECERIA II (MILLONES DE PESOS)

ALTR.	FUENTE	PARA METRO	PROMEDIO QUINQUENAL			
			1 - 5	6 - 10	11 - 15	15 - 20
1	BANOBRAS	VAR.	95.91	121.00	122.40	115.69
	BID	VAR.	73.77	87.78	105.11	107.01
	BANOBRAS	IGUAL	99.89	125.27	125.62	122.00
	BID	IGUAL	76.43	90.31	107.59	108.18
2	BANOBRAS	VAR.	87.79	103,68	112,86	112,96
	BID	VAR.	66.76	78.51	82.17	83.12
	BANOBRAS	IGUAL	91.74	108.32	116.30	114.16
	BID	IGUAL	69.46	81.84	84.31	84.21
3	BANOBRAS	VAR.	82.91	106.46	116,05	115,51
	BID	VAR.	66.01	84.17	89.77	88.33
	BANOBRAS	IGUAL	86.31	110.17	119.22	117.03
	BID	IGUAL	68.33	88.72	91.80	89.13
4	BANOBRAS	VAR.	76.42	98.81	115.72	116.07
	BID	VAR.	64.62	74.76	85.66	86.43
	BANOBRAS	IGUAL	79.72	105.85	118.99	117.88
	BID	IGUAL	67.21	76.01	87.28	87.44

TABLA 9.17

QUIMICA C (MILLONES DE PESOS)

ALTR.	FUENTE	PARA METRO	PROMEDIO QUINQUENAL			
			1 - 5	6 - 10	11 - 15	15 - 20
1	BANOBRAS	VAR.	106.32	140.20	154.23	168.10
	BID	VAR.	81.73	101.62	132.43	151.35
	BANOBRAS	IGUAL	122.72	161.21	174.32	190.56
	BID	IGUAL	93.90	116.20	149.30	168.97
2	BANOBRAS	VAR.	97.37	119.19	142.25	159.46
	BID	VAR.	74.01	89.96	103.54	117.51
	BANOBRAS	IGUAL	112.73	139.35	161.31	178.44
	BID	IGUAL	85.36	105.31	116.99	130.62
3	BANOBRAS	VAR.	91.92	123.36	146.25	163.27
	BID	VAR.	73.15	97.46	113.10	125.02
	BANOBRAS	IGUAL	106.06	141.80	165.42	182.78
	BID	IGUAL	83.95	111.61	127.37	139.18
4	BANOBRAS	VAR.	84.72	114.51	145.47	163.50
	BID	VAR.	71.60	86.54	107.63	121.89
	BANOBRAS	IGUAL	97.96	136.23	165.12	184.10
	BID	IGUAL	82.58	97.82	121.12	136.57

TABLA 9.18

IND. PAPELERA (MILLONES DE PESOS)

ALTR.	FUENTE	PARA METRO	PROMEDIO QUINQUENAL			
			1 - 5	6 - 10	11 - 15	15 - 20
1	BANOBRAS	VAR.	243.47	300.31	306.59	285.65
	BID	VAR.	187.01	217.60	258.37	273.00
	BANOBRAS	IGUAL	248.61	307.29	314.95	315.21
	BID	IGUAL	190.23	221.50	269.75	279.48
2	BANOBRAS	VAR.	223.06	257.72	282.59	287.18
	BID	VAR.	169.45	195.12	205.84	211.81
	BANOBRAS	IGUAL	228.36	266.89	291.52	296.68
	BID	IGUAL	172.93	201.97	211.36	217.57
3	BANOBRAS	VAR.	210.45	264.22	290.71	294.29
	BID	VAR.	167.37	208.71	224.97	225.60
	BANOBRAS	IGUAL	214.85	270.26	298.85	342.35
	BID	IGUAL	170.08	212.73	230.14	230.24
4	BANOBRAS	VAR.	194.15	245.23	289.24	295.43
	BID	VAR.	164.03	185.42	214.18	220.47
	BANOBRAS	IGUAL	198.44	265.88	298.29	304.51
	BID	IGUAL	167.29	192.66	218.78	225.91

TABLA 9.19

MUNICIPIO V (MILLONES DE PESOS)

ALTR.	FUENTE	PARA METRO	PROMEDIO QUINQUENAL			
			1 - 5	6 - 10	11 - 15	15 - 20
1	BANOBRAS	VAR.	34.27	31.65	37.82	34.44
	BID	VAR.	25.92	28.09	32.10	30.95
	BANOBRAS	IGUAL	28.71	32.40	30.60	28.09
	BID	IGUAL	21.96	23.36	26.21	24.91
2	BANOBRAS	VAR.	31.71	31.45	35.54	33.88
	BID	VAR.	23.76	25.70	25.36	24.37
	BANOBRAS	IGUAL	26.36	28.02	28.33	15.41
	BID	IGUAL	19.95	21.17	20.54	19.39
3	BANOBRAS	VAR.	29.41	34.83	36.00	33.90
	BID	VAR.	23.21	27.09	27.27	25.23
	BANOBRAS	IGUAL	24.80	28.50	29.05	29.94
	BID	IGUAL	19.95	22.43	22.36	20.51
4	BANOBRAS	VAR.	27.47	32.48	36.32	34.66
	BID	VAR.	22.98	24.13	26.32	25.20
	BANOBRAS	IGUAL	22.91	27.38	28.98	27.14
	BID	IGUAL	19.31	19.66	21.25	20.13

TABLA 9.20

MUNICIPIO VI (MILLONES DE PESOS).

ALTR.	FUENTE	PARA METRO	PROMEDIO QUINQUENAL			
			1 - 5	6 - 10	11 - 15	15 - 20
1	BANOBRAS	VAR.	7.81	8.73	8.02	7.02
	BID	VAR.	5.90	6.19	6.80	6.32
	BANOBRAS	IGUAL	6.53	7.13	6.48	5.73
	BID	IGUAL	4.98	5.14	5.56	5.08
2	BANOBRAS	VAR.	7.21	7.58	7.52	6.92
	BID	VAR.	5.40	5.66	5.36	4.98
	BANOBRAS	IGUAL	5.99	6.17	6.01	5.39
	BID	IGUAL	4.53	4.68	4.35	3.97
3	BANOBRAS	VAR.	6.72	7.67	7.62	6.92
	BID	VAR.	5.29	5.96	5.78	5.14
	BANOBRAS	IGUAL	5.65	6.28	6.16	5.50
	BID	IGUAL	4.46	4.94	4.75	4.19
4	BANOBRAS	VAR.	6.25	7.15	7.70	7.08
	BID	VAR.	5.23	5.31	5.58	5.15
	BANOBRAS	IGUAL	5.21	6.02	6.28	5.56
	BID	IGUAL	4.40	4.33	4.51	4.12

TABLA 9.21

OTROS MUNICIPIOS VI (MILLONES DE PESOS)

ALTR.	FUENTE	PARA METRO	PROMEDIO QUINQUENAL			
			1 - 5	6 - 10	11 - 15	15 - 20
1	BANOBRAS	VAR.	24.65	27.72	25.25	22.98
	BID	VAR.	18.83	20.45	21.37	19.72
	BANOBRAS	IGUAL	18.96	22.00	20.38	18.46
	BID	IGUAL	18.43	19.45	17.64	13.41
2	BANOBRAS	VAR.	20.55	23.44	24.20	22.67
	BID	VAR.	15.02	17.48	16.91	16.02
	BANOBRAS	IGUAL	18.40	18.99	18.86	17.37
	BID	IGUAL	13.95	14.36	13.67	12.73
3	BANOBRAS	VAR.	20.66	23.62	23.97	22.27
	BID	VAR.	15.90	18.38	18.15	16.60
	BANOBRAS	IGUAL	17.31	19.33	19.35	17.71
	BID	IGUAL	13.71	15.23	14.90	13.45
4	BANOBRAS	VAR.	19.19	22.02	22.68	21.08
	BID	VAR.	16.07	16.36	17.54	16.56
	BANOBRAS	IGUAL	15.99	18.58	18.29	17.82
	BID	IGUAL	13.46	13.34	14.15	13.20

CAPITULO X

CAPITULO X

CONCLUSIONES

- 1.- La contaminación del agua puede efectuarse durante todo su ciclo agua-vapor-lluvia-agua, dependiendo del territorio donde se formen las nubes, donde se precipiten y donde escurra el agua. La contaminación más común ocurre a través de las aguas de desecho, generalmente llamadas "negras" y es un fenómeno indeseable, pues inutiliza a las aguas para ciertos usos, dependiendo de la gravedad de los cambios que la contaminación induzca en la composición física, química y biológica del agua.
- 2.- El agua contaminada puede provocar serias enfermedades infecciosas como son: la fiebre tifoidea, la disentería, el cólera, etc; los microorganismos transmisores suelen encontrarse en el agua contaminada, donde fueron desechados para su dilución. Otros agentes contaminantes que no causan enfermedades directamente son: los detergentes, los ácidos, las grasas y aceites, la arena, la grava, la materia orgánica, los plásticos y toda aquella sustancia extraña al agua.
- 3.- Para controlar la contaminación del agua es necesario adoptar ciertas medidas. Los gobiernos de los países han promulgado leyes y reglamentos que pretenden regular todas las descargas del agua de desecho en las corrientes, o la mejor disposición de ellas. Si no hay un lugar seguro para su disposición, se deberá tratar el agua de acuerdo a su utilización posterior.
- 4.- Una figura jurídica que ha demostrado su funcionalidad en nuestro país para el control de descargas, es el Distrito de Control de la Calidad del Agua; éste se establece y delimita de acuerdo a la regionalización del país. El distrito tiene como objetivo construir y operar las obras necesarias para disponer las aguas negras provenientes de descargas cercanas bajo diferentes responsables, abatiendo los diferentes costos. El Distrito funcionará como empresa; no debe tener pérdidas, ni pedir subsidios al Gobierno para alcanzar sus objetivos.

- 5.- Para que el Distrito no tenga pérdidas, se requiere que los usuarios aporten los fondos necesarios para construir, operar, mantener y administrar las obras correspondientes, mediante tarifas. Estas tarifas deberán ser equitativas y accesibles a todos los usuarios, sin afectar sus intereses.
- 6.- Algunos criterios para el cálculo de tarifas se basen en la selección de ciertos parámetros de contaminación que más influyen en el costo de las obras del distrito y:
- a) Estimar la influencia que tiene cada parámetro en las obras que se llevarán a cabo para el término del sistema. En el ejemplo desarrollado en esta tesis, el volumen tiene el 53% de influencia en construcción y el 39% en operación y mantenimiento; la demanda bioquímica de oxígeno tiene el 19% en construcción y 21 % de operación y mantenimiento; la demanda química de Oxígeno tiene el 9% en construcción y el 13% en operación y mantenimiento; para los sólidos suspendidos totales, se tiene el 19% de construcción y el 23% en operación y mantenimiento.
 - b) Suponer que cada parámetro tiene la misma influencia en todos los rubros, así tenemos que: el volumen tiene el 25% en construcción y 25% en operación y mantenimiento, etc.
Los criterios mencionados, podrán servir como modelo para su aplicación en otros distritos.
- 7.- En el ejemplo que se estudia en esta tesis, es conveniente el establecimiento del Distrito de Control de la Calidad del Agua. Así, el análisis comprueba que las plantas de tratamiento propuestas son factibles y que se tiene el suficiente terreno disponible para la construcción de éstas.
- 8.- La factibilidad económica del Distrito se puede comprobar mediante la comparación entre el producto interno bruto del Distrito y la cuota anual en el primer año. Así, se tiene que la cuota más desfavorable representa el 13.2% del PIB y las más favorable es de 9.0% del PIB.
- Para los Municipios, el ingreso por familia se compara contra la cuota del tratamiento; se obtuvo que es el 1.6% del salario mínimo en la zona, para la cuota más alta y el 1.1% para la cuota más baja.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1). Babbit, Harold e. *Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Negras*, Compañía Ed. Cont. 1961.
- (2). Fair-Geyer, *Okon Abastecimiento de Aguas y remoción de Aguas Residuales*, Ed. Limusa. 1968.
- (3). Idem. opus
- (4). Idem. opus
- (5). Diario Oficial, 23 marzo de 1971 (Ed. 1977)
- (6). Diario Oficial, 29 de marzo de 1973 (Ed. 1977)
- (7). Depto. Sanidad. Edo. Nueva York, *Manual de Tratamiento de Agua Negra*, Limusa, 1964.
- (8). S.A.R.H. *Prioridades para el Control de la Contaminación del Agua en México*,
- (9). Idem. opus
- (10). Idem. opus
- (11). *Publicaciones ejecutivas de México, Análisis -75 Gpo. Ed., Expansión. México, 1975*
- (12). S.A.R.H. *Prioridades para el Control de la Contaminación del Agua en México*,

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Departamento de Sanidad Edo. Nueva York
Manual de Tratamiento de Agua Negra,
Limusa, Wiley, U.S.A.
1964.
- 2.- Fernando Josa Castell S.
Técnica y Obras de Ingeniería Sanitaria
Editores Técnicos Asociados
1973
- 3.- Fair-Geyer- Okun
Abastecimiento de Aguas y Remoción de Aguas Residuales I
Editorial Limusa
1966
1968
- 4.- Departamento de Sanidad Edo. Nueva York
Manual de Tratamiento de Agua
Limusa, Wiley, S.A.
1962
1964
- 5.- Harol E. Babbitt
Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Negras
Compañía Editorial Continental
1958
1961
- 6.- Secretaria de Recursos Hidráulicos
*Distrito de Control de la Contaminación del Agua del Valle
de Aguascalientes.*
Secretaría de Planeación
1981
- 7.- S.A.R.H.
*Propuesta de Instrumentación legal, Administrativa y
Financiera para Distrito de Control de la Calidad del Agua.*
Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica
1981.
- 8.- S.A.R.H.
*Prioridades para el Control de la Contaminación del Agua en
México.*
D.G.P.O.E.
1985

9.- S.A.R.H.
*Distrito de Control de la Contaminación del Agua en la Zona
de Cívac.*
D.G.P.O.E.
1973
1973

10.- Secretaria de Salubridad y Asistencia
Legislación Ambiental de México.
Subsecretaria de Mejoramiento del Ambiente,
1977
1985.