

reje.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

ANALISIS DE LA NORMATIVIDAD PARA
LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES
DE TIPO INDUSTRIAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A N

MANUEL CORONA MARTINEZ
C. JULIO CESAR SANTILLAN PINEDA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1994



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.

JURADO

PRESIDENTE : ING. RENE DE LA MORA MEDINA
VOCAL : ING. EDUARDO VAZQUEZ ZAMORA
SECRETARIO : ING. SALVADOR GALLEGOS RAMALES
SUPLENTE : ING. TOMAS VARGAS RAMIREZ
SUPLENTE : ING. RAFAEL SANCHEZ DIRZO

**A Héctor Felipe Castro Rodríguez y
Dalila Santillán Pineda:**
por su confianza, apoyo, comprensión y
caríño; porque sin su ayuda nunca hubiera
alcanzado esta meta, tan importante para mí.

A mi esposa, Mónica Guzmán Briones:
Por que representa el apoyo, caríño e
inmenso amor para seguir adelante.

A mi madre, Rebeca Pineda Landa:
por haber sido un ejemplo de honestidad,
responsabilidad y ser lo mejor
que pude tener en esta vida

**A la memoria de mi padre, Sixto
Santillán González: Ejemplo vivo de
respeto y caríño.**

A mis hermanos:
Sonia
Noemi
Iris
Enrique
Israel

**A todas esas personas que considero mis
amigos. Gracias.**

GRACIAS A TODOS

C. Julio César Santillán Pineda

A todos los profesores que compartieron sus conocimientos conmigo.

En forma especial al Ing. Rene de la Mora Medina por su orientación para la realización de este trabajo.

Manuel Corona Martínez.

CONTENIDO

Introducción

Generalidades.

| | |
|--|----|
| 1.1 Efectos de la contaminación | 1 |
| 1.2 Fuentes de la contaminación..... | 1 |
| 1.3 Las aguas residuales | 5 |
| 1.4 Agua residual urbana de origen domestico | 6 |
| 1.5 Agua residual de origen industrial | 16 |
| 1.6 Consideraciones sobre vertidos industriales | 18 |
| 1.7 Normas de calidad del agua | 21 |
| Normas y reglamentos internacionales | |
| 2.1 Introducción | 23 |
| 2.2 Contaminación internacional | 23 |
| 2.3 Tratados internacionales | 24 |
| 2.4 Descarga al cuerpo de agua | 25 |
| 2.5 Legislación internacional | 26 |
| Normas y reglamentos nacionales | |
| 3.1 Análisis de la legislación mexicana en materia de descarga de aguas residuales | 50 |
| 3.2. Reglamento para la prevención y control de la contaminación del agua. | 52 |
| 3.3. Proyecto de reglamento del sistema de alcantarillado en el D.F. | 54 |
| 3.4 Relación de Normas estimadas para industrias elaboradas de bienes y servicios. | 58 |
| 3.5 Medidas tomadas por el Gobierno para garantizar el equilibrio ecológico del agua. | 76 |
| 3.6 Comparación de las Normas nacionales con las internacionales | 78 |
| Métodos para remoción de contaminantes de las aguas residuales | |
| 4.0 Introducción | 82 |
| 4.1 Tratamiento preliminar y tratamiento primario | 82 |
| 4.2 Espumación | 84 |
| 4.3 Lodos activados | 85 |
| 4.4 Nitrificación | 89 |

| | |
|--|-----|
| 4.5 Denitrificación | 90 |
| 4.6 Filtros percoladores | 91 |
| 4.7 Discos biológicos | 93 |
| 4.8 Coagulación sedimentación | 94 |
| 4.9 Filtración | 96 |
| 4.10 Recarbonatación | 98 |
| 4.11 Adsorción con carbon activado | 100 |
| 4.12 Intercambio iónico selectivo | 102 |
| 4.13 Cloración a punto de quiebre | 103 |
| 4.14 Osmosis inversa | 105 |
| 4.15 Cloración | 106 |
| 4.16 Ozonación | 108 |
| 4.17 Aplicación práctica elaboración de un D.F.P. D.T.I. y PLANO DE LOCALIZACION de una planta para trata- miento de agua residual | 111 |
| 4.18 Bases de diseño | 112 |
| 4.19 Desarrollo del proceso. | 117 |
| Conclusiones y Recomendaciones. | 120 |

INTRODUCCION

El desecho de residuos tóxicos por medio de la descarga de aguas residuales es un problema en todo tipo de industria , tanto nacional como internacional. Esto se ha convertido en un verdadero problema durante muchas décadas atrás, y esto a llevado a que las normas para la descarga de aguas residuales sean día con día más estrictas en cuanto a la cantidad de contaminantes vertidos por uno u otro medio a ríos, mares, lagos, etc..

El presente trabajo esta enfocado al análisis de la normatividad en la descarga de aguas residuales tanto nacional como internacional, haciendose un análisis de las normas emitidas para la descarga de aguas residuales para los diferentes tipos de industrias elaboradoras de bienes y servicios, en las cuales existe una gran variación en cuanto a los parámetros a controlar debido a que los contaminantes son diferentes para cada tipo de industria.

El análisis de las normas para la descarga de aguas residuales a nivel internacional se elaboró de acuerdo a los residuos peligrosos típicos producidos por la industria en la cual se analizaron los límites máximos permisibles para los parámetros más comunes en los vertidos de aguas.

Después del análisis de cada una de las legislaciones de los distintos países, se estableció una comparación de las normas nacionales con las internacionales, mediante esta comparación se establecieron los límites de calidad para las aguas residuales, estos límites son un complemento de las distintas normas analizadas.

De acuerdo a esto se realizo un análisis de los diferentes métodos de tratamiento de aguas residuales y se planteó uno de los más comunes para la remoción de contaminantes de las aguas residuales de tipo industrial, en relacion a este método se hizo tanto el arreglo como su distribución del equipo dentro de la planta con sus sistemas básicos de operación y control todo esto plasmado en su DFP. DTI y ARREGLO GENERAL.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 EFECTOS DE LA CONTAMINACION

Hasta hace pocos años, las principales preocupaciones respecto a la contaminación del agua estaban relacionadas con la transmisión de enfermedades causadas por bacterias o sustancias tóxicas presentes en el agua, con resultados negativos en la salud pública.

Para los países en vías de desarrollo, donde los sistemas de abastecimiento de agua o los dispositivos de abastecimiento son limitados o inexistentes, la transmisión de enfermedades a través del uso de agua contaminada y otras rutas continúa siendo una gran preocupación.

Además de los efectos sobre la salud la contaminación del agua también interferirá en sectores como: industria, agricultura, recreación, pesca, protección de la fauna silvestre y navegación, el cual afecta el desarrollo económico de cualquier país, la definición de contaminación de un cuerpo de agua se encuentra en la pag 6

1.2 FUENTES DE LA CONTAMINACION

La contaminación del agua puede tener su origen en muchas fuentes. Si bien no todas las fuentes indicadas a continuación están presentes en todas las situaciones, ellas son comunes a la mayoría de las áreas o regiones.

1.2.1 Fuentes Municipales

Este tipo de residuo es común a todas las comunidades y centros poblacionales ya sean urbanos, marginales y rurales. Generalmente consisten de una combinación de residuos domésticos mezclados con cantidades variables de efluentes industriales, provenientes de pequeñas industrias y comercios. En áreas altamente industrializadas, las descargas de residuos industriales pueden constituir el principal componente.

En los centros urbanos, generalmente se recolectan los residuos y se descargan en un punto central para su tratamiento o disposición final. Muchas ciudades tienen un sistema que conduce tanto el agua de la lluvia como las aguas

residuales domésticas (a éste se le conoce como sistema "combinado"). En épocas de lluvia, diferentes cantidades de residuos líquidos, compuestos por una mezcla de aguas sin tratar y agua de lluvia, no ingresan a la planta de tratamiento, sino que se descargan directamente a los cursos de agua, causando un incremento efectivo en los niveles de contaminación de dicha corriente durante el período de avenidas.

La fig. 1.1 presenta la disposición esquemática típica de un sistema municipal de recolección y tratamiento de aguas residuales.

1.2.2 Fuentes Industriales

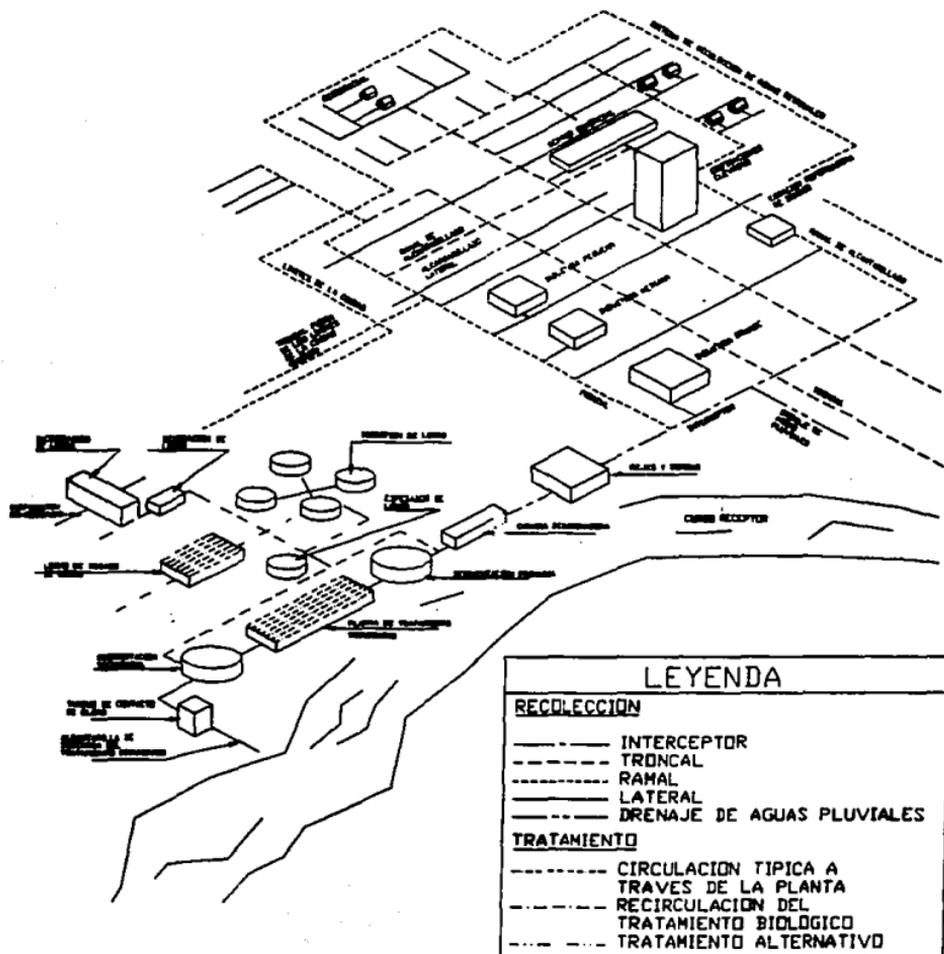
Si bien las fuentes de contaminación industrial se concentran más frecuentemente en áreas muy pobladas, residuos de este tipo también pueden generarse en comunidades pequeñas y áreas aisladas. Debido a la gran variación que presenta la composición y el volumen de los residuos industriales (dependiendo de las materias primas, los procesos y los productos finales), no es posible dar una definición general sobre la naturaleza de dichos residuos. Incluso en el efluente de una misma planta industrial pueden existir variaciones muy grandes de un día a otro.

Respecto a las fuentes, las aguas residuales industriales se originan de (a) la fabricación de productos intermedios o finales para su comercialización; (b) operaciones mineras; mantenimiento y cuidado en general de máquinas, edificios y otras instalaciones utilizadas en la producción; (contaminantes) que escapan de los cúmulos de desechos industriales; y (e) otras fuentes relacionadas.

1.2.3 Fuentes no Puntuales

Las fuentes no puntuales son aquellas de naturaleza difusa y que descargan sustancias contaminantes sobre amplias zonas de terrenos. Las principales fuentes de este tipo son las actividades agrícolas, silvícolas, constructivas y de extracción de minerales, así como las escorrentías urbanas provenientes de áreas sin urbanizar o sin servicios de alcantarillado.

Fig. 1.1 Ejemplo de un Sistema Municipal de Recolección y Tratamiento de Aguas Residuales. Siempre debe considerarse la posibilidad de pretratamiento por cuenta de las propias industrias u otras alternativas para el tratamiento de aguas residuales (fuente: Water pollution Control Federation 'Financing and Charges for Wastewater Systems' WPCF Washington, 1982).



PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Los Contaminantes provenientes de las actividades agrícolas incluyen sedimentos, nutrientes, plaguicidas, cargas orgánicas y organismos patógenos. Su transporte se realiza mediante (a) escorrentías hacia las aguas superficiales; (b) infiltración y penetración en aguas subterráneas; y (c) vientos que los trasladan hasta las aguas superficiales.

Los contaminantes provenientes de las actividades de silvicultura, como la tala de árboles, son similares a los agrícolas, siendo los principales los sedimentos. Los sedimentos tienen gran importancia, pues llevan hasta las aguas receptoras los residuos de plaguicidas y elementos nutritivos presentes en el suelo. También pueden causar problemas de envenenamiento (enlodamiento) en los cursos de agua y reservorios. En cierta medida, se puede producir una contaminación térmica como resultado de la eliminación de la copa de los árboles que protegen a los cursos de agua de la energía solar.

El contaminante más grave que producen las actividades mineras, es el líquido que drena de ellas cuando existe oxidación de los compuestos de piritita con el aire en presencia de agua. Este drenaje consiste de una mezcla ácida de sales de hierro y de otro tipo de sales con ácido sulfúrico. El líquido que drena de las minas proviene tanto de las actividades subterráneas como superficiales. Los residuos de la extracción, los materiales residuales dejados cerca al lugar de la extracción luego de haberse extraído los minerales (también llamados "relaves"), constituyen otra fuente de contaminación. La lluvia que llega a estos cúmulos de residuos lixiviará parte de los contaminantes presentes y los drenará, ya sea hacia el subsuelo (pudiendo contaminar las aguas subterráneas) o hacia aguas superficiales adyacentes.

Las actividades de construcción también generan contaminación, éstas incluyen proyectos relacionados con (a) transporte y comunicaciones; (b) sistemas de energía; (c) desarrollo de recursos hídricos; y (d) obras de recreación.

Las cantidades y los tipos de contaminación generada por las actividades de construcción dependerán de (a) tipo y tiempo de duración del proyecto; (b) ubicación y tamaño del área de construcción; (c) resistencia de la superficie del terreno al deslizamiento y a la erosión por acción de la gravedad, el agua y el viento; (d) propiedades químicas o la geología del suelo bajo la superficie del

terreno; y (e) número de personas y máquinas que participan en cada área de construcción.

Las escorrentías provenientes de áreas sin urbanizar o sin alcantarillado, pueden tener un papel significativo entre las denominadas fuentes no puntuales. Generalmente, en muchos de los países en vías de desarrollo, estas áreas constituyen enclaves urbanos ocupados por invasores, los que viven en lo que frecuentemente se denomina "barriadas" o "pueblos jóvenes". Estos pobladores han emigrado de las áreas rurales hacia los centros urbanos y no cuentan con recursos financieros ni de otro tipo. Se crean nuevos asentamientos humanos en las barriadas ya existentes o en las áreas sin ocupar. Se construyen viviendas precarias con residuos de madera, metal u otros materiales. Estos asentamientos se crean indistintamente cerca o lejos de un río. Estas áreas rara vez cuentan con alcantarillas u otras facilidades sanitarias, por lo que los desechos y otro tipo de residuos domésticos son descargados directamente, sin tratamiento alguno, en una corriente de agua o en el suelo, de donde pueden infiltrarse hacia el subsuelo, o ser arrastrados hacia las aguas superficiales.

1.3 LAS AGUAS RESIDUALES

El hombre ha utilizado las aguas, no sólo para su consumo sino con el paso del tiempo, para su actividad y su comodidad, convirtiendo las aguas usadas en vehículo de desechos. De aquí surge la denominación de aguas residuales.

1.3.1 Definición de agua residual.

Contaminación, a los efectos de la Ley de Aguas, es la acción y el efecto de introducir materias o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo indirecto o directo, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica. (ref. 2)

1.3.2 Clases

Aguas Blanca o de Lluvia. Son aguas procedentes de drenajes o de escorrentía superficial, caracterizándose por grandes aportaciones intermitentes y

escasa contaminación. Las cargas contaminantes se incorporan al agua al atravesar la lluvia la atmósfera, o por el lavado de superficies y terrenos.

Agua Negra o Urbana. Son aguas procedentes de los vertidos de la actividad humana, doméstica, agrícola, industrial, etc. Sus volúmenes son menores, sus caudales más continuos y su contaminación mucho mayor. Estas aguas pueden conducirse por un solo ducto (sistema unitario), o por conductos separados (sistema separativo).

1.4 AGUA RESIDUAL URBANA DE ORIGEN DOMESTICO

1.4.1 Composición

Los compuestos químicos que se hayan presentes son muchos. A título ilustrativo, se pueden citar: urea, albúminas, proteínas, ácidos acético y láctico; bases jabonosas y almidones; aceites: animales, vegetales y minerales; hidrocarburos; gases: sulfhídrico, metano, etc.; sales: bicarbonatos, sulfatos, fosfatos, nitritos, nitratos, etc. La incorporación de sales por el uso del agua en una ciudad puede estimarse en un incremento de 35-80 ppm.

A efectos prácticos de la Ingeniería Sanitaria interesa destacar la composición del agua residual considerando el tipo de sustancia incorporada:

a) Materia sólida

El contenido total de materia sólida contenida en el agua se define como sólidos totales (ST), comprendiendo los sólidos tanto orgánicos. Estos pueden encontrarse como:

a₁ Sólidos disueltos (SD) que no sedimentan encontrándose en el agua en estado iónico o molecular

a₂ Sólidos en suspensión (SS), que pueden ser: Sedimentables (Ss), que por su peso pueden sedimentar fácilmente en un periodo de tiempo (2 hrs. en cono Imhoff)

No sedimentables (Sc), por su peso específico próximo al del líquido o por no encontrarse en estado coloidal.

Los sólidos orgánicos proceden de la actividad humana, siendo de origen animal y/o vegetal. Contienen principalmente C, H, O, así como N, S, P y K. Es el caso de las proteínas, de los hidratos de carbono, de las grasas, etc. Su característica es la posibilidad de degradación y descomposición por reacciones químicas o acciones enzimáticas de los microorganismos. Los sólidos inorgánicos son sustancias inertes y no degradables, tales como minerales, arenas, tierra, etc.

b) Materia viva

b₁. Los microorganismos pueden clasificarse en:

I-Parásitos, si viven a expensas de otro organismo vivo, pudiendo ser

Benignos o Patógenos. Estos últimos pueden ser causa de enfermedades que afectan directamente al hombre, como hepatitis, fiebres tíficas, cóleras, salmonelosis, disenterías, etc.

Una idea de la acción de estos microorganismos puede desprenderse del examen de la siguiente tabla, donde figuran, a título de ejemplo, casos de fallecimientos por tifus y fiebres paratíficas.(ref. 6)

TABLA 1.1

CASOS DE TIFUS Y FIEBRES PARATÍFICAS POR 100,000 HABITANTES

| Año | 1946 | 1958 | 1959 | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Casos | 80 | 40 | 48 | 25 | 17 | 13 | 18 | 11 | 5 |
| Fallecimientos | 2.60 | 0.56 | 0.84 | 0.22 | 0.17 | 0.17 | 0.08 | 0.11 | 0.07 |

II.- Saprofitos, que viven de la materia orgánica muerta descomponiéndola para alimentarse, de su actividad metabólica se origina nueva materia viva, productos de desechos y formación de flóculos.

Otra clasificación importante es la basada en la posibilidad que tienen los microorganismos para la captación de oxígeno, como elemento básico energético de su vida. Atendiendo a estas características se clasifican en:

-Aerobios, que constituyen el 60-66% de microorganismos existentes en un agua residual, caracterizándose por captar de forma directa el oxígeno disuelto en el agua.

-Anaerobios, que constituyen el 10-25% de los microorganismos existentes en las aguas residuales. Obtienen el oxígeno por descomposición de la materia orgánica constituida por tres o más elementos (C, H, O, N, S, P, K).

-Facultativos, que constituyen 9-30%, estos pueden adaptarse a las condiciones aerobias o anaerobias, dependiendo de la existencia o no de oxígeno disuelto en las aguas.

b2. Organismos microscópicos, que son visibles, como gusanos, insectos y otras formas que ayudan a la descomposición biológica de la materia orgánica.

Conviene dejar claro aquí que, si bien existen microorganismos patógenos, que pueden originar serios problemas sanitarios al hombre, por otro lado existen inmensas legiones de microorganismos, que colaboran con la naturaleza ayudando a un continuo reciclado, reutilización de la materia, cerrando ciclos tan importantes como los del carbono, nitrógeno, fósforo y azufre.

Siendo la fuente energética de los seres vivos el oxígeno, éste se convierte en índice fundamental para la definición y control de las aguas residuales. Se entiende por oxígeno disuelto (OD).

La cantidad de oxígeno en el agua puede ser incrementada por:

- Captación del oxígeno a través de la superficie de interfase agua-aire.
- Acción fotosintética, debida principalmente a las algas verdes.

La cantidad de oxígeno puede disminuir por la respiración de microorganismos, elevación de la temperatura, reacciones químicas y por la acción metabólica de los microorganismos regidos por la acción enzimática.

1.4.2 Caracterización

Estas materias de tipo orgánico absorben de forma natural hasta su mineralización una cierta cantidad de oxígeno, debido a los procesos químicos o biológicos de oxidación que se producen en el seno del agua. El índice para medir este fenómeno puede efectuarse mediante el análisis de parámetros tales como: oxidación al permanganato, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), demanda total de oxígeno. Analicemos aquí la DBO y la DQO.

1.4.2.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Definición: Es la cantidad de oxígeno expresada en mg/l y consumida en condiciones de ensayo (20° C, P. atm y oscuridad) en un tiempo dado, como consecuencia de la oxidación "por vía biológica", de las materias biodegradables presentes en el agua residual.

Refleja la materia orgánica que existe en el agua, indicando el oxígeno necesario para alimentar a los microorganismos y las reacciones químicas.

El ensayo se realiza llenando un frasco de agua y tapándolo a continuación, observándose el consumo de oxígeno en varios días. Se pretende simular con este ensayo lo que sucedería a un volumen de agua que discurre dentro de una corriente de agua, en régimen laminar, con una temperatura de 20°C, donde el oxígeno es consumido por las reacciones de oxidación y acción microbiana. A título ilustrativo, esta curva podría representarse según la fig. 1.2.

Se observa en dicha curva la incidencia de la temperatura en relación con la evolución del consumo diario de oxígeno.

Se destaca igualmente que a partir de un cierto tiempo la curva, que parecía tender en una primera etapa hacia un valor asintótico, varía de repente elevando su valor en esta segunda etapa. La primera se debe a la demanda del ciclo del carbono, en tanto que la segunda corresponde al ciclo del nitrógeno.

En la determinación de la DBO influye la presión, pero su variación no es muy importante.

Para el control de la autodepuración natural o para el control de procesos de depuración suele adoptarse la demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO_5), cuyo valor se aproxima suficientemente al valor asintótico de la DBO correspondiente al ciclo del carbono.

Se ha señalado la correspondencia de este ensayo con la realidad, lo que marca su importancia, y se han señalado los problemas de su determinación por su variación con la temperatura y el tiempo.

Por ello, ante la necesidad de varios días de espera para conocer el resultado, se hace necesario adoptar otros métodos, que si bien no reflejan exactamente la realidad del hecho en la naturaleza, permiten usarse, por su rapidez de determinación, para el control de los vertidos y de los procesos de depuración.

1.4.2.2 Demanda Química de Oxígeno

Su determinación es más rápida que la correspondiente a la DBO, precisando su ensayo 1 ó 2 horas, si la oxidación se efectúa en frío, o bien 20 ó 30 minutos si la oxidación se efectúa con dicromato en caliente.

La oxidación es activada sobre sales minerales oxidables, así como sobre la materia orgánica biodegradable, que existe en el agua analizada. El agua con la sustancia oxidante como puede ser el dicromato potásico y a pH determinado, se calienta para facilitar la oxidación, y luego se determina la cantidad de oxígeno desaparecido.

Esta determinación depende del reactivo oxidante y, por supuesto, de la materia que puede oxidar, tanto orgánicas e inorgánicas que existen en el agua.

Si bien de lo dicho anteriormente se desprende que no existe relación alguna entre la DBO_5 y la DQO, es posible en puntos concretos obtener unas curvas de la correlación válidas para control

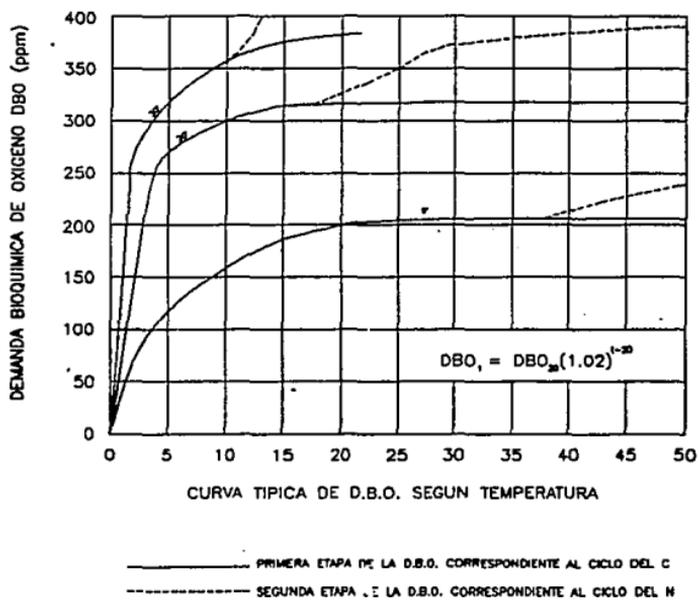


Fig. 1.2 Evolucion de la DBO en funcion del tiempo y temperatura

La relación encontrada entre la DBO₅ y la DQO indicará la importancia de los vertidos industriales dentro del agua residual analizada.

1.4.3 Sólidos en Suspensión y Contenido de Materia Orgánica

Es totalmente necesario un índice que represente los elementos en suspensión orgánicos e inorgánicos presentes en el agua. Para este fin deben determinarse y definirse los siguientes parámetros que figuran en la tabla 1.2.

Cada uno de estos sólidos son de constitución diferente por el contenido orgánico e inorgánico. A los sólidos inorgánicos se les denomina sólidos fijos (F) y a los orgánicos volátiles (V). Para la determinación de sólidos se desecará la muestra a 103°C. A 700° la materia orgánica se volatiliza, quedando los sólidos fijos, y con diferencia con los que permanecen a 103°C se obtienen los volátiles.

Para determinar los sólidos sedimentables se realiza un ensayo introduciendo un litro de muestra e un cono de Imhoff. Los sólidos separados al cabo de un tiempo (1-2 horas) se denominan sólidos sedimentables (fig. 1.3).

Tabla 1.2 DISTRIBUCION DE SOLIDOS

| | | |
|---|---|---|
| Sólidos totales S.T. (Fijos-S.T.F.) (Volátiles-S.T.V.) | Sólidos en suspensión S.S. (Fijos-S.S.F.) (Volátiles S.S.V.) | Sedimentación S.s. Fijos-S-s-F- Volátiles S.s.F. No sedimentables S.c. Fijos-S.c.F. Volátiles-S.c.V. |
| | Sólidos disueltos S.D. (Fijos-S.D.F.) (Volátiles-S.D.V.) | |

1.4.4 Ciclo del Nitrógeno

En su variedad amoniacal, nitritos y nitratos señalan la proximidad o distancia al punto de vertido de agua residual.

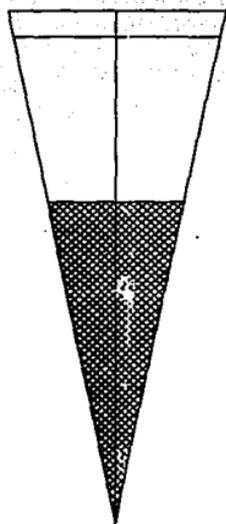


fig.1.3 Cono Imhoff

1.4.4.1 Concentración del Ion-Amonio

Es una primera etapa del ciclo del nitrógeno por transformación de la urea.

El ión-amonio procede también de la disolución de amoníaco de alguna de sus sales o compuestos nitrogenados en fase de descomposición de los vertidos.

Las aguas con un contenido reducido de amoníaco no es perjudicial para usos agrícolas, pues se transforman en nitratos (abonos), los nitrosomas y los nitrobacter.

1.4.4.2 Concentración de nitritos y nitratos

Los nitritos y nitratos constituyen una segunda y tercera etapa del ciclo del nitrógeno, a la que se llega por la acción de bacterias aerobias, los nitrosomas y los nitrobacter.

1.4.5 Índices de Contaminación Bacteriana

La materia orgánica es un medio óptimo para el desarrollo de las bacterias y, por otro lado, el número de microorganismos en los vertidos es elevado. Así en vertidos de una ciudad sobre un cauce pueden detectarse por cada 100 ml 300×10^6 Aerobios, 25×10^6 coliformes y 5×10^6 estreptococos.

Se observa en consecuencia la necesidad de contemplar estos índices. Para su determinación se han escogido microorganismos de origen humano y de fácil detección. Así normalmente se determinan:

- Colorimetría por enriquecimiento en caldo lactoso standard.
- Espectrometría, estreptococos en caldo glucosado.
- Colonias en agar (a 37°C y 48 hrs)
- Colonias de anaerobios tipo clostridium welchii en agar wilson.

1.4.6 Índices de los Vertidos Industriales

Con independencia de la existencia de índices similares a los encontrados en los vertidos urbanos, aparecen otros como tóxicos o inhibidores, que en ciertas

proporciones impiden los procesos enzimáticos de los microorganismos, o incluso producen su muerte.

1.5 AGUA RESIDUAL DE ORIGEN INDUSTRIAL

1.5.1 Definición

El agua residual de origen industrial es el agua que fue usada en un proceso determinado en el cual esta agua resulta con ciertos contaminantes los cuales impiden el reuso de la misma (ref. 15)

1.5.2 Clases

La gran variedad y cantidad de productos que se vierten obliga a una investigación propia para cada tipo de industria. No existe similitud alguna entre los vertidos de actividades industriales, como son: alimentación, químicas, petroquímicas, agrícola, forestal, minerales y metalúrgicas, etc.

1.5.3 Composición

Es muy variable, puede venir definida por:

- Compuestos orgánicos (mataderos, industrias del petróleo, químicas, alimenticias, celulosa, papel, textil, etc.)
- Compuestos inorgánicos (cementos, siderurgia, etc.)
- Compuestos radioactivos.

1.5.4 Índices de Contaminación

De lo dicho anteriormente se comprende que no pueda hablarse de índices concretos y normalizados. Para aguas industriales de tipo orgánico pueden ser los mismos que se han adoptado para las de origen doméstico. (ref. 16)

Son numerosos los índices orgánicos e inorgánicos procedentes de la actividad industrial, pero de forma resumida, deberán contemplarse índices que definan el contenido en:

- Ácidos.
- Básicos.
- Productos poco degradables.
- Detergentes
- Metales pesados
- Fenoles.
- Cianuros.
- Productos radioactivos.

1.5.5 Residuos peligrosos

La definición del término "peligroso" ha sufrido muchos cambios a medida que nuestro conocimiento se ha incrementado. En la actualidad, un residuo peligroso se define según el grado de toxicidad hacia el ser humano, inflamabilidad, corrosividad y reactividad. Esta definición incluye ácidos, sustancias químicas tóxicas, materiales radioactivos, explosivos y otras sustancias dañinas o potencialmente dañinas. La mayor parte de estos residuos son generados por la industria, particularmente las de productos químicos y similares. En la tabla 1.3 se muestran algunos residuos peligrosos típicos producidos por la industria.

Antes de que se dirigiera la atención hacia estos tipos de contaminantes, en muchos casos las industrias optaban por deshacerse de ellos vaciándolas en la misma área, generalmente dentro de algún tipo de recipiente. Se prestaba poca atención al lugar o al efecto que los contaminantes tenían en el medio ambiente. Cuando el volumen generado era relativamente pequeño, los residuos se descargaban conjuntamente con los efluentes de la planta, algunas veces previo tratamiento, pero otras veces sin tratamiento alguno.

TABLA 1.4 RESIDUOS PELIGROSOS TÍPICOS PRODUCIDOS POR LA INDUSTRIA

| Industria | Residuo | | | | | | |
|---------------------------------|---------|---------|-------|--------------------|-------------|---------------|-------------|
| | Solv. | Metales | Gases | Producto Orgánicos | Inorgánicos | Radioac-tivos | Bioló-gicos |
| Minería | | x | x | | x | | |
| Textiles | | x | | x | | | |
| Prod. de papel y otros | | | x | | x | | |
| Alcalis y Cloro | | | | | x | | |
| Compuestos cíclicos Intermedios | | x | x | x | x | x | |
| Productos químicos orgánico | x | x | x | x | x | | |
| Productos químicos inorgánicos | | x | x | x | x | | |
| Plásticos | x | | xx | | | | |
| Productos farmacéuticos | | x | x | x | x | x | x |
| Jabones y detergentes | | | | x | | | |
| Pinturas, etc. | x | | | x | x | | |
| Productos químicos agrícolas | x | | | x | x | | |
| Explosivos | | | | x | x | | |
| Productos del Petróleo y carbón | | x | x | x | x | x | |
| Curtido de cuero | | x | | x | x | | |
| Productos de Asbesto | | | x | | x | | |
| Altos hornos y acero | | x | x | x | x | | |
| Metales no ferrosos | | | | x | | | |
| Plantas de energía | | | | | | x | x |
| Hospitales | | | | x | | x | x |

Referencia (18)

1.6 CONSIDERACIONES SOBRE VERTIDOS INDUSTRIALES

Los vertidos directos pueden efectuarse a cauces superficiales, al mar, infiltración en terreno. Un problema especial lo plantean las industrias, que en muchos casos utilizan las redes de saneamiento urbano para sus vertidos.

La industrialización creciente en México va incrementando el problema de la incorporación de agua residual industrial concentrada, siendo necesario reglamentar el límite de los vertidos, tanto en vertidos directos como en su incorporación a la red de aguas residuales urbanas, obligando en su caso a pretratamientos en las industrias.

Deberán considerarse, a los cuerpos de agua de los vertidos industriales lo siguiente:

- A nivel local la influencia del vertido y su posible acción sobre el medio
- Que los gastos de la lucha contra la contaminación recaigan sobre el causante del vertido
- Que se racionalice el uso del agua
- Que se recicle y reutilice el agua, siempre que sea posible
- Que se impidan los vertidos industriales que puedan perjudicar a la depuración biológica norma para las aguas residuales urbanas
- Que se eviten puntas, mediante la instalación de aliviaderos
- Que se tenga en cuenta un proceso biológico precisa cierta relación en cuanto a sus componentes orgánicos.

$$1) \quad \frac{DBO_5}{DQO} = \begin{cases} < 0.2 \text{ Poco - biodegradable} \\ 0.2 \text{ a } 0.4 \text{ Biodegradable} \\ 0.5 \text{ a } 0.65 \text{ Muy biodegradable} \end{cases}$$

$$2) \quad \frac{DBO_5}{N} \cong 20$$

$$3) \quad \frac{DBO_5}{P} \cong 100$$

Siendo N y P el contenido de nitrógeno y fósforo.

- Que la temperatura conveniente para la depuración debe estar entre 10 y 25°C, pues influye en el desarrollo de los microorganismos que intervienen en los procesos de depuración.

Otras condiciones a exigir en los vertidos son:

- pH por su importancia en las reacciones enzimáticas, debiendo estar entre 6.5 y 8.5
- En colectores o conductos cerrados de agua residual no deben incorporarse, debido a la peligrosidad, sustancias tales como gasolina y gas metano (explosivos).
- Sulfatos < 200 p.p.m. (problema de ataque al material o formación de depósitos).
- Los sólidos en suspensión, en cantidad inferior a 3000 p.p.m., de los cuales, los sólidos volátiles están en cantidad inferior a 1800 p.p.m.
- Las grasas deben estar por debajo de 55 p.p.m.
- Deben limitarse el contenido de iones metálicos. A título ilustrativo para algunos de ellos.

$$\left. \begin{array}{l} Mg \leq 0.005 \\ Zn \leq 15.0 \\ Cu \leq 3.0 \\ Cr \leq 0.1 \\ As \leq 0.1 \\ Cd \leq 0.2 \\ Ni \leq 1.0 \end{array} \right\}$$

- La limitación para otros elementos tóxicos deben fijarse en valores como:

$$\left. \begin{array}{l} SH_2 \leq 0.1 \\ Fenoles \leq 30 \\ Cianuros \leq 0.2 \end{array} \right\}$$

1.7 NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA

El control de la contaminación es necesario para proteger el medio ambiente acuático y mantener una calidad de agua aceptable en lagos, reservorios, corrientes, estuarios, océanos y aguas subterráneas. El primer paso que se debe tomar en la determinación del grado de tratamiento y otras medidas requeridas para propósito del control de la contaminación, es el establecimiento de normas de calidad del agua.

Las normas de calidad de agua se han emitido para aguas receptoras y para efluentes.

Cuando se utilizan las normas para aguas receptoras, las corrientes de agua se clasifican en diferentes categorías, según el uso más provechoso. Con este método es difícil garantizar el cumplimiento de las normas, pues no se puede asignar responsabilidad a una fuente específica cuando el efecto combinado de varias descargas excede la capacidad asimilativa del curso receptor, dando lugar a que las normas no se cumplan. De igual manera, es posible que la descarga ubicada en el punto más distante aguas arriba, aproveche un porcentaje mucho mayor de la capacidad de autopurificación de la corriente, dejando muy poca o ninguna para las descargas aguas abajo.

Las normas para efluentes, como su nombre lo indica, son restricciones impuestas a los efluentes, que deben ser cumplidas por cada fuente específica en el punto de descarga. Las normas deben de ser lo suficientemente estrictas para proteger la calidad de las aguas receptoras y, al mismo tiempo, poder ser aplicadas sin distinción a cada uno de los vertidos. Con este método, la institución reguladora puede delimitar más fácilmente la responsabilidad y tomar las medidas necesarias cuando se haya excedido la capacidad asimilativa de los cursos receptores.

En algunos casos, puede ser deseable contar con ambos tipos de normas, pero ellas deberán ser consideradas complementarias y de ninguna manera opuestas.

Al establecer las normas de calidad del agua, deben tenerse en cuenta ciertas consideraciones básicas. Los aceites, grasas y sólidos flotantes deben ser eliminados de las aguas residuales antes de la descarga. También deben

eliminarse otros sólidos que pueden sedimentarse y formar bancos de lodo. Para garantizar el mantenimiento de los niveles adecuados de oxígeno debe removerse la materia orgánica degradable.

Cuando estén comprometidos abastecimientos de agua potable, playas de balnearios, ganadería o deportes de contacto, el contenido bacteriano de las aguas receptoras es muy importante. También se debe presentar atención a la descargas de agua caliente (como aguas de refrigeración no contaminadas), las cuales después de la mezcla inicial, no deben incrementar la temperatura de la masa principal de las aguas receptoras por encima de los 35°C, para evitar efectos negativos en los peces.

Las restricciones o normas para efluentes deben establecerse en concordancia con las condiciones locales. Por ejemplo, en el caso de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, generalmente se acepta que en el tratamiento primario, la demanda bioquímica de oxígeno y la concentración de sólidos suspendidos sean reducidas en un 35 a 40% (como promedio mensual). En el tratamiento secundario, la reducción debe estar en el rango del 85 y 90%.

CAPITULO 2

NORMAS Y REGLAMENTOS INTERNACIONALES

2.1 INTRODUCCION

El alcantarillado recoge las descargas de aguas residuales urbanas e industriales para transportarlas, en algunos casos, a un punto de depuración y siempre al final a puntos de infiltración o dilución natural, como son los ríos, lagos y mares. Pero, debido a la concentración de elementos físicos, químicos y biológicos que llevan estos vertidos, se puede contaminar el cauce o zona costera al no poder estabilizarlos, creándose problemas que afectan la fauna y flora de cauces y zonas costeras además de los perjuicios sanitarios y económicos.

El vertido puede efectuarse también infiltrando las aguas en el terreno, bien en capas profundas, o bien en el subsuelo. Esta solución puede contaminar el agua captada para abastecimiento, o que fluye hacia ríos. Para evitar los efectos contaminantes de estos vertidos es necesario pensar en la depuración, dependiendo el rendimiento exigible de las condiciones del cauce receptor, y por supuesto, de las normas existentes.

Considerando estas normas y las condiciones del punto receptor, los vertidos pueden hacerse al cauce superficial, infiltrando en el terreno, diluyendo en el mar, en lagunas naturales o bien, a través de depuradoras como elemento interpuesto antes del vertido.

Se considerarán en esta primera parte, los textos legislativos que a vertidos en aguas superficiales se refieren, tanto por las peculiaridades del medio receptor como por la diversidad de ópticas, bajo las cuales son consideradas por las legislaciones de los diversos países del mundo.

2.2 CONTAMINACION INTERNACIONAL

Las cuencas fluviales con frecuencia abarcan una área que se extiende a dos o más países, donde corrientes de aguas específicas pueden formar la frontera entre dos naciones o pueden cruzar ésta una o más veces. En estas circunstancias y de producirse daños debido a la contaminación, el país perjudicado generalmente no puede llevar a cabo una acción legal contra la fuente de contaminación en el

país agravante. Diferentes mecanismos son necesarios para resolver estas disputas y para controlar efectivamente la contaminación.

Históricamente, se han desarrollado convenios obligatorios y tratados, los que han resultado instrumentos eficaces para resolver las disputas entre países. Ningún tratado será igual a otro, pues su formulación debe ser adecuada para un conjunto específico de condiciones.

2.3 TRATADOS INTERNACIONALES

Actualmente están en vigencia varios tratados internacionales que se ocupan de problemas del agua. Debe consultarse a las entidades responsables de la administración de los tratados para obtener detalles y recibir asesorías en el establecimiento de nuevos acuerdos entre naciones.

Entre los tratados actualmente vigentes para resolver problemas internacionales de aguas limítrofes están:

- (a) Tratado de aguas limítrofes entre Canadá y USA (1909)
- (b) Tratado entre USA y México sobre la utilización de las aguas de los ríos Colorado, Tijuana y del río Grande (1944).
- (c) Protocolo entre Francia, Bélgica, la República Federal de Alemania y Luxemburgo para crear un comité Tripartito Permanente sobre Aguas Contaminadas.
- (d) Tratado entre los países Bajos y la República Federal de Alemania sobre las aguas limítrofes y otros asuntos fronterizos (1960)
- (e) Tratado de Aguas Industriales entre India y Pakistán (1960)
- (f) Convención Multipartita sobre la Protección del Lago Constanza contra la Contaminación (1960)
- (g) Convención Internacional para la Prevención de la Contaminación del Mar con Petróleo (1954, 1962, 1969 y 1971)
- (h) Acuerdo de Cooperación entre Dinamarca, Finlandia, Noruega y Suecia para Garantizar el Cumplimiento de las Regulaciones para Prevenir la Contaminación del Mar con Petróleo.

2.4 DESCARGAS AL CUERPO DE AGUA

Debido a los problemas que la contaminación de un vertido plantea sobre el cauce receptor, al diseñar dicho vertido deben tener en cuenta las características propias del cauce, como: Aspectos ecológicos, caudal, características físicas, químicas, etc.

2.4.1 Descarga Directa

Consiste en lanzar directamente al río o zona costera las aguas residuales transportadas por alcantarillado o colector, pero antes es necesario comprobar que el vertido es posible. Es decir, comprobar que el poder de dilución del cauce es suficiente.

Siendo Q_1 el caudal aguas arriba del vertido, q el caudal vertido y $Q_2 = Q_1 + q$ el caudal aguas abajo, la comprobación se reduce a determinar las concentraciones de los índices contaminantes aguas abajo del punto vertido y comparar con las concentraciones admisibles que establecen las normas. Si dicha concentración, refiriéndose a un elemento del vertido (C) y las del río aguas arriba (C_1), se determina la del río aguas abajo (C_2) y se compara con el valor del parámetro correspondiente establecido en la norma.

Si la concentración C_2 es superior a la admitida por las normas será preciso depurar.

En realidad, una vez homogeneizadas las aguas en el río, debe estudiarse la evolución de la calidad a lo largo de los distintos tramos del río, y comparar con la calidad requerida según sus usos. El papel de autodepuración del cauce juega un papel muy importante.

2.4.2 Descarga Indirecta

Se denomina así el vertido sobre un cauce o el mar con posterioridad a una depuración. La depuración deberá tener un rendimiento tal que garantice la reducción de la concentración de los distintos elementos indicadores de la contaminación hasta valores admisibles.

2.5 LEGISLACION INTERNACIONAL

En todos los países desarrollados, al igual que en México, la contaminación es un serio problema. Muchos piensan que es un problema de las últimas décadas, quizá sea en cuanto a su magnitud, pero no en cuanto a su existencia.

Análisis de la legislación de algunos países.

2.5.1 Bélgica

11 marzo 1950.- Loi sur la protection des eaux contre la pollution.

29 diciembre 1953.- Arrêté royal fixant l'exécution de la loi du 11 mars 1950, les conditions générales de décharge d'eaux usées no provenant pas d'égouts communaux.

Ley 26 marzo 1971

Principios:

- Clasificación de los cursos de agua, de acuerdo con su utilización presente y futura (II-II-1950)
- Responsabilidad de los vertidos urbanos compete a las autoridades municipales (II-II-1950)
- Fijar dispositivos a nivel institucional y operacional que permitan la finalización de la política anticontaminación.
- Creación de tres sociedades de depuración de aguas concebidas como asociaciones de derecho público y con personalidad civil propia. Estas sociedades constituyen la pieza básica del dispositivo. Perciben cánones de capacitación y vertido e incluyen en sus órganos de gobierno representantes de empresas industriales. Entre las misiones atribuidas a estas sociedades están:
 - a) Establecer y asegurar la ejecución de los programas de depuración de aguas residuales.
 - b) Tomar a su cargo las instalaciones existentes.
 - c) Redactar, o encomendar a terceros, proyectos y proceder a su ejecución.
 - d) Asegurar el mantenimiento y explotación.

- e) Ejercer control sobre vertido de aguas residuales.
- f) Investigar causas de la contaminación.
- Preveer el Régimen económico.
 - Establecer la reglamentación para: vertidos en alcantarillado público, vertidos en red hidrográfica y mar litoral, y vertido a cursos superficiales.
 - Se fija la unidad de carga contaminante en función del volumen y de las características del agua residual evacuada normalmente por una persona en veinticuatro horas. Así se establece:
Caudal 180 l/h.d., S.S. 500 mg/l, DBO₅ 300 mg/l, DQO 750 mg/l y contenido nitrógeno de 55 mg/l

NORMAS BELGAS

| Características Físicas y Constituyentes Químicos (mg/l) | NORMAS DE VERTIDOS SEGUN SU CLASIFICACION | | | |
|--|---|------|-------|----------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | Vertidos al alcantarillado |
| Temperatura °C | 30 | 30 | --- | 45 |
| pH | 6.5-8.5 | --- | --- | 6.5-9.5 |
| Mat. en suspensión | --- | --- | 1,000 | 20-100 |
| DBO ₅ (media en 24 hrs) | 15 | 30 | 50 | --- |
| DQO (media en 24 hrs) | --- | 500 | --- | --- |
| Fluoruros (en F ⁻) | --- | 10 | --- | --- |
| Sulfatos (en SO ₃ ⁻²) | --- | 2000 | --- | --- |
| Cianuros (en CN ⁻) | --- | 0.5 | --- | --- |
| Hierro (Fe) | --- | 2 | --- | --- |
| Manganeso (Mn) | --- | 1 | --- | --- |
| Plomo (Pb) | --- | 1 | --- | --- |
| Zinc (Zn) | --- | 5 | --- | --- |
| Aceites y grasas | 100 | --- | --- | 500 |
| Hidrocarburos | 5-15 | --- | --- | --- |

Es interesante destacar los límites minuciosos, con que contemplan los límites en consideración a la fauna piscícola (Decreto 29 de diciembre de 1953).

Otras características:

| | TEMPERATURA MÁXIMA | Contenido de Oxígeno | |
|----------------------|-----------------------|----------------------|---|
| | | % de saturación mg/l | |
| Ríos de salmónidos | 20 °C | 90 | 5 |
| Ríos de aguas mixtas | 23 °C | — | 4 |
| Ríos de ciprínidos | 25 °C | 70 | 3 |

pHentre 6,5 y 8,7

Decantabilidad máxima del efluente (2h).....0,5 ml/l

El cauce receptor no puede sobrepasar el contenido de sólidos en suspensión de60 mg/l.

2.5.2 Francia

Ley de 16 de diciembre de 1964

Circular de 10 de junio de 1976

Principios:

- Supresión de los conflictos de competencia constituyendo un Comité Interministerial.
- Constitución de los "Agences des Bassins" como órgano de ejecución a nivel de cuenca hidrográfica.
- Solidaridad de la gestión del patrimonio constituido por la totalidad de los recursos hidráulicos del país.
- Unidad en la lucha contra la contaminación. El más alto cuerpo consultivo es el Comité Nacional del Agua, con participación en partes iguales de miembros designados por el Estado, Corporaciones Locales y organismos representantes de los usuarios (total, 60 miembros).
- Responsabilidad: "Quién contamina paga y quien depura debe ser ayudado".
- Equidad y eficacia.
- Limitación de competencias.
- Creación de cánones de captación y de contaminación. La base del cálculo es la cifra de habitantes del núcleo, estimándose la carga contaminante, por habitante, a nivel nacional:

S.S. 90 g/h.d.

DBO₅ 57 g/h.d.

A las poblaciones se les aplica unos coeficientes derivados del tamaño del núcleo.

| Habitantes del núcleo | Coeficientes a aplicar |
|-----------------------|------------------------|
| <500 | 0.5 |
| 2,000<<10,000 | 1.0 |
| >50,000 | 1.2 |

- La base de cálculo de la unidad de carga contaminante industrial queda definida por:

$$S.S. + 1/3(2DBO_5 + DQO)$$

- Se prevé la ayuda financiera de las Agencias para construcción de estaciones depuradoras en una cuantía del 15 al 40% del coste, independientemente de la ayuda estatal que puede llegar al 50% del coste.

La ayuda industrial se materializa en subvenciones entre el 30 y 50% del coste.

Resumen de la circular de 10 de Junio de 1976.

"Saneamiento de poblaciones; protección sanitaria de los medios receptores".

(Brochures du Journal Official)

Aguas Residuales

Aguas residuales urbanas e industriales en Francia.

Condiciones de vertido de efluentes.

Caso general. Se concibe el saneamiento en relación con la política de objetivo de calidad de los medios receptores; se definen las características impuestas a un efluente urbano después de su tratamiento y se prevén varias posibilidades: (1) caso general, (2) depuración parcial, (3) tratamientos complementarios para las zonas llamadas de proximidad (zonas en que la distancia entre el punto de restitución del agua tratada y su punto de utilización es inferior a 8 Km) y (4) casos excepcionales.

La circular de además de unas indicaciones sobre la elección del sistema de saneamiento, los procedimientos de depuración que habrán de adoptarse según los casos y la presentación de proyectos a las autoridades sanitarias.

Se precisa la manera de fijar los niveles de vertidos en función del uso del medio receptor (niveles definidos por la resolución del 13 de mayo de 1975). Las prescripciones sólo son exigibles cuando el afluente que ha de tratarse posee las características de un vertido urbano, en el que hay presencia, pero no preponderante, de aguas residuales industriales; en este caso, el afluente debe tener una carga, orgánica y nitrogenada, tal que:

DQO/DBO₅ < 2.5
DQO < 750 mg/l
N Kjeldahl < 100 mg/l

Si no se cumple una o varias de estas condiciones, será preciso investigar los vertidos que dan origen a esta contaminación anormal.

Características del Efluente Tratado. Todo efluente tratado, con independencia de su nivel de tratamiento, debe tener una temperatura < 30°C (25°C para un caudal <10 litros por segundo), un pH comprendido entre 5.5 y 8.5 (vertido al mar 5.5 < pH < 9). No debe causar la muerte de los peces en 50 m aguas abajo del punto de vertido. Su color no debe producir coloración del medio receptor.

Según la contaminación que haya de eliminarse y el uso del medio receptor del agua depurada, habrán de aplicarse tratamientos diferentes. Estos que corresponden a los niveles de vertido por la resolución del 13 de mayo de 1978, se indican en el cuadro siguiente:

| | I | II | III | IV | V | VI | | |
|--|------------------------|--|--|--|-------------------------|---|------|--|
| | | | | | TRATAMIENTOS REFORZADOS | | | |
| Criterio del efluente vertido | Realización por etapas | Tratamientos parciales físico-químicos | Tratamientos parciales que incluyen una fase biológica | Tratamiento normal | Con nitrificación | Excepcionales con tratamiento terciario | Obs. | |
| MES totales Concentración en 2h | | 20% en peso después de 24h partiendo de una muestra bruta no decantada | 100 mg/l | 30 mg/l | 30 mg/l | 20 mg/l | | |
| DQO Medio en 24h Medio en 2h | | | 120 mg/l medida en efluente filtrado | 90 mg/l 120 mg/l | 90 mg/l 120 mg/l | 150 mg/l 80 mg/l | | |
| DBO Medio en 24h | | 50 % en peso después de 24 h partiendo de una muestra bruta no decantada | | 30 mg/l | 20 mg/l | 15 mg/l | | |
| Medio en 2h | | | 40 mg/l medida de efluente filtrado a través de membranas idénticas a las utilizadas para la determinación de la de la MES | 40 mg/l | 30 mg/l | 20 mg/l | | |
| N orgánico Kajidehi Medio en 24h Medio en 2h | | | | 40 mg/l 50 mg/l | 10 mg/l | 7 mg/l | | |
| Ensayo de putrescibilidad | | | | después de 5 días de incubación a 20°C, el efluente no desprende olor pútrido ni amoníaco alguno | | | | |
| Sulfuros (en SE) Mercurio (Hg) Hidrocarburos Fenoles Disueltos orgánicos | | | | | Con Nitrificación | Excepcionales con tratamiento terciario | | |

Casos Particulares

- Vertidos a lagos, canales, estanques: deben respetarse las normas adoptadas para las zonas de proximidad.
- Vertidos en capas profundas: sólo se prevé el vertido en casos excepcionales. El empleo de pozos filtrantes queda subordinado a una depuración previa de las aguas.
- Fangos con propiedades agronómicas, procedentes de plantas de tratamiento de aguas:

Norma AFNOR experimental U 44-041 (agosto 1975), aplicable a fangos procedentes de plantas de tratamiento de aguas, que presenten propiedades agronómicas por su riqueza en materia orgánica y/o en productos minerales, y utilizables en agricultura.

Se clasifican los fangos en función de su riqueza en materia orgánica y en nitrógeno, de acuerdo con la tabla 2.4.

| PORCENTAJE DE MATERIA ORGANICA | | | | |
|---|-----------------------------|--|-----------------------------------|--|
| Relación materia orgánica/nitrógeno total | Inferior al 10% | Comprendido entre el 10 y el 25 % | Comprendido entre el 25 y el 60 % | Superior al 60% |
| Comprendido entre 15 y 40 | minerales nitrogenados | ligeramente orgánicos nitrogenados | orgánicos nitrogenados | fuertemente orgánicos nitrogenados |
| Superior a 40 | minerales poco nitrogenados | ligeramente orgánicos, poco nitrogenados | orgánicos poco nitrogenados | fuertemente orgánicos, poco nitrogenados |

Como mínimo el 70 % del volumen del efluente, en tiempo seco, debe ser de origen doméstico. Esta restricción no es aplicable a fangos procedentes de industrias alimentarias.

- Los contenidos de ciertos elementos en los fangos, para que éstos puedan comercializarse como fangos normalizados, no deberán pasar los siguientes valores por materia de tierra seca:

| | | | |
|-----------|-------|----------|-------|
| zinc | 3g | cobalto | 20mg |
| cobre | 1.5g | cadmio | 15mg |
| manganeso | 0.5g | níquel | 100mg |
| romo | 200mg | mercurio | 8mg |
| plomo | 0.3g | | |

- Aditivos. Se admite la adición de los siguientes productos en el tratamiento de efluentes y de fangos:

Aditivos Minerales: Sales de hierro (cloruros, sulfato), sales de aluminio (alambre, cloruros, sulfato), sílice activada por acidificación de silicato sódico, carbón activo, cal, hidróxido sódico, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido fosfórico, cloratos, tiosulfatos, bisulfito sódico y aluminato sódico.

Aditivos Orgánicos: Autorizados para el uso en virtud de la Ley de 72-1139 del 22 de diciembre de 1972 (BOE de 23/12/72).

2.5.3 Gran Bretaña

Rivers Pollution Prevention Act. de 1876.

River Board Act. de 1948.

Rivers (prevention of Pollution) Act. 1951.

Clean Rivers (estuaris and Tidal Water) Act. de 1960.

Rivers (Provention of Pollution) Act. 1961.

Water Ressources Act. 1963.

Sewerage (Scotland) Act. 1968.

Con esta legislación existían 29 River Authoritis con acción reglamentaria efectiva sobre las especificaciones y normas de calidad de los cursos de agua. La competencia operativa de la depuración correspondía a la Administración Local.

NORMAS FRANCESAS

| Vertido al medio natural | | Vertido ajado de captación de agua para abastecimiento, de playes, viveros de marisco o cotos de salmónidos | | | Vertido próximo a capacitaciones de agua para abastecimiento, a playes, viveros de mariscos o cotos de salmónidos |
|---|-----------------|---|--|--|---|
| | | Carga de contaminación industrial | | | |
| | | baja | apreciable, pero no preponderante | preponderante | |
| Dilución o (relación entre el caudal y el caudal del efluente) según la duración de vertido industrial | vertido en 24 h | d<300 | 150<d<300 | d<150 | |
| | vertido en 10 h | d<720 | 360<d<720 | d<360 | |
| pH - caso general | | 5.5 < pH < 6.5 | 5.5 < pH < 6.5 | 5.5 < pH < 6.5 | 5.5 < pH < 6.5 |
| pH en caso de neutralización con cal | | 5.5 < pH < 9.5 | 5.5 < pH < 9.5 | 5.5 < pH < 9.5 | 5.5 < pH < 9.5 |
| Compuesto cíclicos hidrocolados y sus derivados halógenos | | prohibidos | prohibidos | prohibidos | prohibidos |
| Sustancias que pueden favorecer la manifestación de olores, sabores, coloraciones anormales, en aguas utilizadas para el consumo humano | | prohibidos | prohibidos | prohibidos | prohibidos |
| Materias en suspensión totales | | 10 mg/l | 50 mg/l | 30 mg/l | 30 mg/l |
| DBO | | 200 mg/l | 100 mg/l | 40 mg/l | 40 mg/l |
| Nitrógeno total (método Kjeldahl) | | 60 mg/l en N 80 mg/l en NH ₄ | 30 mg/l en N 40 mg/l en NH ₄ | 10 mg/l en N 15 mg/l en NH ₄ | 10 mg/l en N 15 mg/l en NH ₄ |
| Sustancias que pueden causar la muerte de peces aguas abajo del vertido | | prohibidas | prohibidas | prohibidas | prohibidas |
| Temperatura máxima | | 30 °C | 30 °C | 30 °C | 30 °C |

Reforma, 1 de abril de 1974.

Principios:

- Integración en 10 (9 para Inglaterra y 1 para Gales) River Authorities.
- Mejores formas operativas de los recursos hidráulicas.
- Protección completa contra la contaminación de los recursos hidráulicos.
- Creación a nivel nacional del National Water Council.
- En cuanto al reparto de cargas, por depuración considera un coste total

$$C=V+B+S$$

Siendo cada uno de los consumos por unidad de volumen de :

V = coste del pretratamiento aguas urbanas

B = coste de la depuración biológica de aguas urbanas.

S = coste del tratamiento de lodos de aguas urbanas.

Para establecer el coste de los vertidos industriales, cuando éstos se tratan conjuntamente con los urbanos, se utiliza la fórmula:

$$C_i = V + \left(\frac{OD}{OD_m} \right) B + \left(\frac{MES}{MES_m} \right) S$$

Siendo OD la demanda de oxígeno del afluente industrial.

OD_m = ídem. del agua mezclada

MES = MES materiales en suspensión contenidas en el efluente industrial.

MES_m = ídem. del agua mezcla.

El valor de la demanda de oxígeno se calcula según la fórmula de MacGowan.

$$OD = 4.5 [N(AMON) + N(ORG)] + Cte \times PV$$

Siendo:

PV = consumo de permanganato.

N = contenido de nitrógeno (amoniaco y orgánico)

4.5 = peso de oxígeno para oxidar un gramo de nitrógeno.

Cte = estimación basada en la razón DQO/DBO

Las condiciones de vertido varían en las distintas regiones con valor orientativo puede darse la siguiente tabla, correspondiente al Water Protection Act. 1973.

2.5.4 República Federal de Alemania

Ley Federal de 27 de julio de 1957

Ley sobre los detergentes, 5 de septiembre de 1961

Decreto 6 de agosto de 1964 (transporte sustancias nocivas)

Decreto 15 de agosto de 1967 (zonas costeras y vertidos al mar)

NORMAS INGLESAS

| Propiedades Físicas y constituyentes químicos (mg/l) | Ejemplos vertido a río | | | | Vertido a alcantarillado |
|--|------------------------|-----|-----|-------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Temperatura | 26 | 36 | 25 | — | 30-43 |
| pH | 6-9 | 5-9 | 5.9 | 7-8.5 | 6-10 |
| Materiales en suspensión mg/l | 30 | 30 | — | 500 | 100-400 |
| DBO5 (medida en 24 h) | 20 | — | — | — | — |
| N (kjeldahl) | 10 | — | — | — | — |
| Flúoruro en (F-) | — | 10 | — | 10 | — |
| Sulfato en (S-) | — | 1 | — | — | 1200 |
| Sulfatos | — | — | — | — | — |
| Cianuros (en CN2) | 0.1 | — | — | — | 2-10 |
| Cromo (Cr+6) | 0.5 | — | — | — | 2 |
| Hierro (Fe) | 4 | — | — | 0.3 | 10-20 |
| Mercurio (Hg) | 0.01 | — | — | — | — |
| Plomo (Pb) | 0.1 | — | — | — | — |
| Aceites y grasas | 4 | 4 | 50 | 50 | 500 |
| Fenoles | 0.5 | — | — | — | — |
| Hidrocarburos | 0.5-1 | 1 | — | 0.01 | — |
| Disolventes orgánicos | 0 | 0 | 0 | 0 | — |
| Cloro activo (mg Cl2) | 0.5 | 1 | 1 | — | — |

- Se contempla la formación de Asociaciones de ríos, que diseñan, construyen y explotan las instalaciones necesarias de lucha contra la contaminación. Entre éstas pueden destacarse: Emschergerossenschaft, Ruhverband, Lippverband, Niersverband, Wuppverband, Erftverband, etc.
- La ley federal constituye una ley marco para facilitar la gestión de lucha contra la contaminación en los aspectos cualitativos y cuantitativos, integrando las aguas superficiales y subterráneas.
- La ley federal contempla la utilización de agua desde la toma hasta su vertido posterior.
- Protección a ultranza de las aguas destinadas a abastecimiento, creando zonas de protección.
- Protección de aguas superficiales.
- Crear condiciones necesarias para el progreso social y económico de la calidad de vida.
- Ajustar con treinta años de antelación la distribución de recursos a las necesidades.

- Quien contamina debe pagar.
- Se prevén ayudas económicas de subvención, préstamos o deducciones fiscales para facilitar la lucha contra la contaminación.
- Las ciudades tienen la obligación de la depuración biológica de sus aguas. Las industrias están obligadas a una depuración equivalente.
- Conservación de las aguas en su estado de equilibrio natural siempre que sea posible.

| Clasificación del curso agua | Utilización | Calidad mínima en estiaje |
|------------------------------|------------------------------------|--|
| DL (pero calidad) | Usos industriales, minería y riego | Ausencia olores desagradables |
| C | Pesca | Al menos 3-4 mg/l de oxígeno disuelto. DBO ₅ inferior a 5 mg/l |
| B | Baño | Sin contaminación observable de origen de alcantarillado o residuos sólidos. Contaminación bacteriana limitada a menos de 1000 E. Coli por 100 ml. |
| A (primera clase) | Abastecimiento | Cloruris: menos de 250 mg/l |

NORMAS ALEMANAS

| Propiedades físicas y constituyentes químicos (mg/l) | Vertidos a cauces | | | Hacia estación depuradora |
|--|-------------------|-----------|--------|------------------------------|
| | A | B | C | |
| Temperatura °C | 20 | 20-28 | 28 | 35 |
| Materias en suspensión mg/l | 20 | — | — | — |
| pH | 6-9 | 5-10 | 5-10 | 6.5-9.5 |
| DBO5 (media en 24h) | 25 | — | — | — |
| DBO5 (media en 2h) | 80 | — | — | — |
| Oxidabilidad al KMnO4 N (kjeldahl) | 18 | 18-40 | 40 | — |
| Fluoruros (F-) | — | — | — | — |
| Cloruros (Cl-) | 150 | 150-350 | 350 | — |
| Sulfuros (S-) | — | — | — | — |
| Sulfatos (SO4) | — | — | — | 400 |
| Cianuros (CN-) | — | — | — | — |
| Arsénico (As) | — | — | — | — |
| Bario (Ba) | — | — | — | — |
| Cadmio | — | — | — | — |
| Cromo (Cr2) | — | — | — | — |
| Cromo (Cr+6) | — | — | — | — |
| Hierro (Fe) | 0.5 | 0.5-1.5 | 1.5 | — |
| Manganeso (Mn) | 0.25 | 0.25-0.5 | 0.5 | — |
| Mercurio (Hg) | — | — | — | — |
| Niquel (Ni) | — | — | — | 5 |
| Plomo (Pb) | — | — | — | — |
| Cobre (Cu) | — | — | 3 | — |
| Zinc (Zn) | — | — | 5 | — |
| Cd+Cr+Cu+Ni+Zn+Fe | — | — | — | — |
| Aceites y grasas | 0 | trazas | trazas | 20-100 |
| Hidrocarburos | — | — | — | — |
| Fenoles | 0.005 | 0.005-0.1 | 0.1 | 100 |
| Disolventes orgánicos | — | — | — | — |
| Cloro activo (mg Cl2) | — | — | — | — |

2.5.5 Suiza

Constitución Federal de 1953

Ley Federal sobre la protección de aguas contra la contaminación de 1955.

Ordenanza de la aplicación de la Ley Federal de 1956.

Directrices del Departamento Federal del Interior aplicables a vertidos residuales sobre cauce natural o a la red de saneamiento (1º de septiembre 1966, B.F., nº39 del 29-IX-1966)

Ordenanza sobre vertidos de aguas residuales de 8 de diciembre 1975.

Principios:

- Las leyes generales dictadas por la Constitución Federal, siendo los cantones soberanos dentro de esta marco.
- Renuncia a la clasificación de ríos, teniendo en cuenta que no deben de sacrificarse los ríos en sus zonas bajas.
- Los municipios cuentan con la ayuda de los cantones entre el 30 y el 60 %. La confederación puede igualmente conceder subvenciones a la lucha contra la contaminación.

Los vertidos deben de mantenerse en los valores mínimos indispensables, en cuanto al vertido directo sobre cauces superficiales, debiendo de llevarse a la red de saneamiento para conducirlos a su depuración.

Las limitaciones exigidas a los vertidos, figuran a continuación. Para contrarrestar la evolución de las exigencias se acompañan los límites de 1º de septiembre de 1966, seguidos de los correspondientes al 8 de diciembre de 1975.

Decreto del 1º de septiembre de 1966 del Departamento Federal del Interior, concerniente a vertido de las aguas residuales (B.F. 29-IX-1966, nº 39, pags. 351-358).

1º Para la mayor parte de las características físicas, químicas y biológicas, los trámites exigidos dependen de que se trate de:

A. Vertido de aguas residuales a un cauce.

B. Vertido de aguas residuales a una red de alcantarillado municipal, en tanto que esté unida a una estación depuradora mecano-biológica municipal.

Resulta de esta distinción que los límites exigidos para el apartado A) se aplican igualmente a aguas residuales de alcantarillado urbano y privado no unido a una estación depuradora fisico-biológica, así como a efluentes de una de estas estaciones municipales o privadas.

2º De forma general los límites exigidos se refieren a las aguas residuales antes de su vertido en un cauce. Los análisis deben realizarse siempre sobre aguas residuales a evacuar y no con la mezcla de estas aguas con las del cauce. A condición de que no tenga nada especial, los valores indicados se refieren a las concentraciones admisibles en tiempo seco.

Las exigencias del apartado B) limitan la concentración de sustancias que presentan un peligro para la red de alcantarillado, que dificultan la conservación, o que comprometen el funcionamiento de la estación depuradora.

3º. En principio, no está permitido cumplir las normas fijadas por medio de la dilución de las aguas residuales, mezclándolas con aguas de refrigeración, limpias u otras aguas claras.

Se exceptúan los casos especiales que deben estar sometidos a examen y aprobación de las autoridades competentes.

4º. Las exigencias del apartado B) no tienen en cuenta los constituyentes que se eliminan, reducen o degradan en una depuración fisio-biológica.

5º. Las Oficinas Cantonales de las aguas pueden, según los casos, y de acuerdo con las condiciones locales de explotación, tolerar concentraciones superiores que se fijen para ciertos residuos. A fin de evitar los inconvenientes debidos a efectos de acumulación, son estas mismas oficinas las que deben formular las exigencias más estrictas para vertidos.

6º. Siempre que sea posible, las aguas residuales industriales o artesanales, cargadas de materias orgánicas, deben mezclarse con las aguas del consumo doméstico con el fin de obtener una depuración biológica más eficaz y económica.

7º En principio, se prohíbe la infiltración de aguas residuales en el subsuelo. En casos especiales las autorizaciones pueden ser concedidas por las autoridades competentes, fijando límites muy severos.

8º. Las autoridades competentes pueden fijar concentraciones límites para sustancias tóxicas no mencionadas en la lista que figura a continuación, siempre que el test de toxicidad para los peces sea negativo.

9º. Las aguas residuales ricas en nutrientes, no deben, en principio, introducirse ni en el cauce ni en la estación depuradora. Es necesario analizar la posibilidad de su utilización en agricultura.

10º. Para evitar un aumento indeseable de la salinidad es admisible, en ciertos casos, neutralizar las aguas ácidas no tóxicas, contando con el poder de neutralización del cauce.

11°. Es necesario el informe sanitario cuando se trate de aguas residuales conteniendo gérmenes y virus patógenos.

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1. Temperatura | A. La temperatura en una agua residual a verter, no debe superar los 30°C. El aumento de la temperatura resultante del vertido de aguas residuales, no debe ser superior a 3°C en el cauce. A continuación del vertido de las aguas residuales. El contenido en oxígeno del cauce no debe bajar de 5 mg/l. B. En los colectores la temperatura del agua residual no debe, después de su mezcla, superar los 30°C. Ver las normas de l'ASPEE' (Asociación suiza de técnicos de la depuración de las aguas), para las alcantarillas. |
| 2. Olor | A. No debe dar lugar a inconvenientes. |
| 3. Color | A. El agua residual no debe ocasionar coloración notoria en el cauce. |
| 4. Transparencia | A. A 50 cm (máximo, >30 cm cuando el caudal del caudal permita una dilución suficiente). |
| 5. Toxicidad | A. Toxicidad referida a los peces: en 24 hrs los peces no deben presentar ningún síntoma, ni siquiera pasajero. Cuando el agua residual esté diluida de 0 a 5 veces, según posibilidades de dilución del cauce. |
| 6. Salinidad | A y B. La concentración en sales no debe provocar efectos nocivos sobre las obras ni alterar la calidad de las aguas subterráneas y superficiales. |
| 7. Materias totales en suspensión | A y B. 20-30mg/l de media en 24 horas (en membrana filtrante) |
| 8. Mat. decantales | A y B. 0.3 mg/l en dos horas (cono de Imhoff). |
| 9. Putrescibilidad | A. Negativa en cinco días (azul de metileno). |
| 10. pH | A. 6.5 a 8.5 |
| 11. Oxígeno | A. A continuación de los vertidos de las aguas residuales el contenido de oxígeno del cauce no debe bajar de 5 mg/l. |
| 12 DBO ₅ | A. Máximo 30 mg/l en punta, pero sin sobre pasar los 20 mg/l de media en 24 horas. |
| 13 Consumo de permanganato | A. Máximo 90 mg/l en punta. Pero sin sobre pasar los 60mg/l de media en 24 horas. |

14. Aluminio A. 10mg de aluminio por l.
15. Arsénico A y B. 1 mg de arsénico por l.
16. Bario A. 10 mg de bario por l.
17. Plomo A y B. 1 mg de plomo por l.
18. Cadmio A y B. 1 mg de cadmio por l.
19. Cromo III A y B. 2 mg de cromo por l.
20. Cromo VI A y B. 0.1 mg de cromo por l.
21. Hierro A. 1 mg de hierro por l
B. Contenido más elevado siempre que el funcionamiento de la estación depuradora lo permita.
22. Cobre A y B. 1 mg de cobre por l.
23. Níquel A y B. 2 mg de níquel por l.
24. Mercurio A y B. 0.1 mg de mercurio por l.
25. Plata A y B. 0.1 mg de plata por l.
26. Zinc A y B. 2 mg de zing por l.
27. Estaño A. 2 mg de estaño por l.
B. Las combinaciones de estaño utilizadas contra hongos son muy tóxicas.
28. Cloro libre A. 0.05 mg de Cl por l.
B. 0.5 a 3 mg de Cl por l.
29. Amoniaco A. A continuación del vertido de las aguas residuales, el contenido de amoniaco libre en el cauce no debe sobre pasar de 0.1 mg/l.
30. Cianuros A. 0.1 mg de CN (tolerancia hasta 0.5 mg por litro cuando el caudal del cauce sea suficiente).
31. Fluoruros A y B. 10 mg de fluor por l.
32. Nitratos Se fijaron los límites en cada caso, principalmente cuando el cauce sea utilizado posteriormente para el abastecimiento de agua potable a poblaciones.
33. Nitritos A. 1 mg de NO_2 por l. B. 10 mg de NO_2 por l.
34. Sulfuros A. 0.1 mg de S^{-2} por l.
B. 1 mg de S^{-2} por litro siempre que no ocasione daños en las canalizaciones y en el funcionamiento de la estación depuradora.
35. Sulfitos A. 1 mg de SO_3^{-2} por l.
B. 10 mg de SO_3^{-2} por l.

- | | |
|----------------------------------|---|
| 36. Fenoles | A. 0.5 mg/l (se tolera hasta 0.2 mg/l si no existe peligro en tomas de agua para consumo, existentes o futuras). |
| 37. Grasas y aceites comestibles | A. 20 mg/l (en total) B. Deben dotarse de cámaras de desengrasado las empresas fabricantes de estos productos. |
| 38. Disolventes Orgánicos | A. Sólo se admiten indicios. B. Se prohíben totalmente los vertidos de derivados clorados (tripercloroetileno, etc.) |
| 39. Hidrocarburos | A. 10 mg/l (en total ausencia de rastros iridiscentes). |
| 40. Acidos y Bases Libres | No se establecen normas especiales, ya que los valores de pH admisibles están fijados. |
| 41. Fosfatos | A. 2 mg/l, media en 24 horas para vertidos en lagos, teniendo en cuenta los aparatos referentes a Toxicidad y Putrescibilidad. B. Si se trata de soluciones concentradas o fosfatos, deben precipitarse. |
| 42. Detergentes | Una comisión general de expertos se ocupa de preparar las normas. |
| 43. Sustancias Radioactivas | Ver las ordenanza del 19 de abril de 1963, de la ley federal sobre la utilización pacifica de la energía atómica, de la protección contra las radiaciones. |
| 44. Mercaptanos | A y B. No detectables. |

- Casos Especiales

La lista de industrias mencionadas a continuación no pretende ser completa. En principio, las exigencias generales son aisladas para estos casos. Sin embargo, como los procedimientos conocidos actualmente para depurar las aguas residuales de ciertas industrias no permite aún satisfacer todas las normas prescritas, se recomienda en virtud del apartado 5, ajustarse por el momento a los valores límites fijados a continuación. Las exigencias se aumentarán para las industrias con aguas residuales más cargadas o que presentan peligro particular.

Para las industrias no mencionadas, a continuación los valores límites especiales se fijarán en cada caso.

I. Aguas residuales de industria sobre el metal:

- | | |
|--------------|--|
| 1. Toxicidad | A. Toxicidad referida a los peces. Los peces no deben presentar ningún síntoma cuando el agua residual esté diluida de 0 a 5 veces (tolerancia máxima diez veces). |
| 2. Bario | A y B. 100 mg de bario por l. |
| 3. Sulfitos | A y B. 10 mg de SO_3^{-2} por l. |

II. Aguas residuales de destilerías, cervecías, madererías y siderías.

- | | |
|----------------------------|--|
| 1. Toxicidad | A. La toxicidad referida a los peces: Los peces no deben presentar ningún síntoma cuando el agua residual esté diluida diez veces. |
| 2. DBO_5 | A. 25 mg/l de media en 24 horas (en puntas de corta duración hasta un máximo de 80 mg/l). |
| 3. Consumo de permanganato | A. 80 mg/l de media en 24 horas (las puntas de corta duración se toleran hasta un límite de 150 mg/l). |

III. Aguas residuales de fábricas de levaduras.

- | | |
|----------------------------|--|
| 1. Toxicidad | A. La toxicidad referida a los peces: Los peces no deben presentar ningún síntoma cuando el agua residual esté diluida cinco veces (máximo diez veces) |
| 2. DBO_5 | A. 25 mg/l de media en 24 horas (en puntas de corta duración hasta un máximo de 80 mg/l). |
| 3. Consumo de permanganato | A. 80 mg/l de media en 24 horas (las puntas de corta duración se toleran hasta un límite de 150 mg/l). |

IV. Aguas residuales de industrias de productos alimenticios.

- | | |
|-------------------|--|
| 1. Toxicidad | A. La toxicidad referida a los peces: Los peces no deben presentar ningún síntoma cuando el agua residual esté diluida cinco veces (máximo diez veces) |
| 2. DBO_5 | A. 25 mg/l de media en 24 horas (en puntas de corta duración hasta un máximo de 80 mg/l). |

3. Consumo de permanganato A. 80 mg/l de media en 24 horas (las puntas de corta duración se toleran hasta un límite de 150 mg/l).
4. Sulfitos A. 10 mg/l de S_3^{-2} .

V. Aguas residuales de fábricas de papel y celulosa.

1. DBO_5 A. 25 mg/l de media en 24 horas (en puntas de corta duración hasta un máximo de 80 mg/l).
2. Consumo de permanganato A. 80 mg/l de media en 24 horas (las puntas de corta duración se toleran hasta un límite de 150 mg/l).
4. Sulfuros A. 10 mg/l de S^{-2} .
5. Sulfitos A. 10 mg/l de S_3^{-2} .

VI. Aguas residuales de industrias textiles.

1. pH A. 6.5-8.5. Pueden permitirse valores más bajos si el poder neutralizante del cauce lo permite.
2. DBO_5 A. 25 mg/l de media en 24 horas (en puntas de corta duración hasta un máximo de 80 mg/l).
3. Consumo de permanganato A. 80 mg/l de media en 24 horas (las puntas de corta duración se toleran hasta un límite de 150 mg/l).

VII. Aguas residuales de curtidos.

1. Olor A y B. No deben originar problemas
2. DBO_5 A. 25 mg/l de media en 24 horas (en puntas de corta duración hasta un máximo de 80 mg/l).
3. Consumo de permanganato A. 80 mg/l de media en 24 horas (las puntas de corta duración se toleran hasta un límite de 150 mg/l).

VIII. Aguas residuales de refinerías de petróleo

1. Sulfuros A. 0.2 mg/l de S^{-2} como máximo, de media diaria, 0.5 mg/l de S^{-2} de media diaria.
2. Fenoles A. 0.2 mg/l máximo en media diaria. 0.5 mg/l de media diaria.

3. Hidrocarburos A. 1.000 kg por año 100 kg por mes 5 kg por día 5 mg/l (en total).
4. Mercaptanos A. 0.2 mg/l como máximo de media diaria; 0.5 mg/l de media diaria.

NORMAS SUIZAS

| Propiedades físicas y constituyentes químicos (mg/l) | Vertidos a cauces | Vertidos a alcantarillado o antes estación depuradora |
|--|-------------------|---|
| Temperatura °C | 30 | 60 |
| Materias en suspensión mg/l | 20 | — |
| pH | 6.5-8.5 | 6.5-9 |
| DBO5 (media en 24h) | 20+ | — |
| Oxidabilidad al KMnO4 | — | — |
| N (kjeldahl) | — | 10 |
| Flores (F-) | 10 | 10 |
| Cloruros (Cl-) | — | — |
| Sulfuros (S-) | 0.1 | 1 |
| Sulfatos (SO3) | — | 300 |
| Cianuros (CN-) | 0.1 | 0.5 |
| Arsénico (As) | 0.1 | 0.1 |
| Bario (Ba) | 5 | — |
| Cadmio | 0.1 | 0.1 |
| Cromo (Cr3) | 2 | 2 |
| Cromo (Cr+6) | 0.1 | 0.5 |
| Hierro (Fe) | 2 | 20 |
| Manganeso (Mn) | — | — |
| Mercurio (Hg) | 0.01 | 0.01 |
| Níquel (Ni) | 2 | 2 |
| Plomo (Pb) | 0.5 | 0.5 |
| Cobre (Cu) | 0.5 | 1 |
| Zinc (Zn) | 2 | 2 |
| Cd+Cr+Cu+Ni+Zn+Fe | — | — |
| Aceites y grasas | 20 | — |
| Hidrocarburos | 10 | 20 |
| Fenoles | 0.05 | 1.5 |
| Disolventes orgánicos | — | — |
| Cloro activo (mg ClV) | 0.05 | 0.5-3 |

2.5.5 España

Orden del 4 de septiembre de 1959 por el que se reglamenta el vertido de aguas residuales.

Orden del 23 de marzo de 1960 por el que se aprueban normas complementarias.

Ley de aguas 2 de agosto de 1965.

- Investigar causas de contaminación.
- Protección de las aguas superficiales.
- Todo vertido o depósito de materias que pongan en peligro la vida humana, directa o indirectamente, debe prohibirse con todo rigor.
- Es indispensable que la legislación en el campo de lucha contra la contaminación de las aguas se aplique rigurosamente.
- Quien contamina debe pagar.
- Se prevén ayudas económicas por parte del estado, préstamos o deducciones fiscales para facilitar la lucha contra la contaminación de las aguas.
- Deben conservarse las aguas en su estado de equilibrio natural.
- Las industrias tienen la obligación de depurar sus aguas residuales hasta los límites permisibles. Las ciudades deben hacer lo mismo con sus aguas.

Si un determinado parámetro tuviese definidos sus objetivos de calidad en el medio receptor, se admitirá que en el condicionado de las autoridades de vertido pueda superarse el límite fijado en la tabla 1 para tal parámetro, siempre que la dilución normal del efluente permita el cumplimiento de dichos objetivos de calidad.

- A) La disposición del efluente a 50 metros del punto de vertido debe conducir un pH comprendido entre 6.5 y 8.5.
- B) No atraviesan una membrana filtrante de 0.45 micras.
- C) Medidas en cono Imhoff en dos horas.
- D) Para efluentes industriales, con oxidabilidad muy diferente a un efluente doméstico, la concentración límite se referirá al 70% de la DBO total.
- E) Determinación al dicromato potásico
- F) En ríos, el incremento de temperatura media de una sección fluvial tras la zona de dispersión no superará los 3°C.

- G) La apreciación del color se estima sobre 10 centímetros de mezcla diluida.
- H) El límite se refiere al elemento disuelto, como ion o en forma compleja.
- I) La suma de las fracciones concentración real/límite exigido relativa a los elementos tóxicos (arsénico, cadmio, cromo VI, níquel, mercurio, plomo, selenio, cobre y cinc) no supere el valor de 3.
- J) Si el vertido se produce en lagos o embalses, el límite se reduce a 0.5, en prevención de brotes eutróficas.
- K) En lagos o embalses el nitrógeno total no debe superar 10 mg/l expresado en nitrógeno.
- L) Expresado en $C_{30}H_{46}$.
- M) Expresado en lauril-sulfato.
- N) Si se tratase exclusivamente de pesticidas fosforados puede admitirse un máximo de 0.1 mg/l.

NORMAS ESPAÑOLAS

| Parámetro Unidad | Nota | Valores límites | | |
|-------------------------------|------|-----------------------------|----------|----------|
| | | TABLA 1 | TABLA 2 | TABLA 3 |
| pH | A | Comprendido entre 5,5 y 9,5 | | |
| Sólidos en suspensión (mg/l) | B | 300 | 150 | 80 |
| Materias sedimentables (mg/l) | C | 2 | 1 | |
| Sólidos gruesos | | Ausentes | Ausentes | Ausentes |
| DBO5 (mg/l) | D | 300 | 60 | 40 |
| DQO (mg/l) | E | 500 | 200 | 160 |
| Temperatura (°C) | F | 3 | 3 | 3 |
| Color | G | Inapreciable en disolución | | |
| | | 1/40 | 1/30 | 1/20 |
| Aluminio (mg/l) | H | 20 | 1 | 1 |
| Arsénico (mg/l) | H | 1.0 | 0.5 | 0.5 |
| Bario (mg/l) | H | 20 | 20 | 20 |
| Boro (mg/l) | H | 10 | 5 | 2 |
| Cadmio (mg/l) | H | 0.5 | 0.2 | 0.1 |
| Cromo III (mg/l) | H | 4 | 3 | 2 |
| Cromo IV (mg/l) | H | 0.5 | 0.2 | 0.1 |
| Hierro (mg/l) | H | 10 | 3 | 2 |
| Magnesio (mg/l) | H | 10 | 3 | 2 |
| Níquel (mg/l) | H | 10 | 3 | 2 |
| Mercurio (mg/l) | H | 0.1 | 0.05 | 0.05 |
| Piomo (mg/l) | H | 0.5 | 0.2 | 0.2 |
| Selenio (mg/l) | H | 0.1 | 0.003 | 0.03 |
| Estaño (mg/l) | H | 10 | 10 | 10 |
| Cobre (mg/l) | H | 10 | 0.5 | 0.2 |
| Zinc (mg/l) | H | 20 | 10 | 3 |
| Tóxicos metálicos | J | 3 | 3 | 3 |
| Cianuros (mg/l) | --- | 1 | 0.5 | 0.5 |
| Cloruros (mg/l) | --- | 2000 | 2000 | 2000 |
| Sulfuros (mg/l) | --- | 2 | 1 | 1 |
| Sulfitos (mg/l) | --- | 2 | 1 | 1 |
| Sulfatos (mg/l) | --- | 2000 | 2000 | 2000 |
| Fluoruros (mg/l) | --- | 12 | 6 | 6 |
| Fósforo total (mg/l) | K | 20 | 20 | 10 |
| Ídem | K | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Amoníaco (mg/l) | L | 50 | 50 | 15 |
| Nitrógeno nítrico (mg/l) | L | 20 | 12 | 10 |
| Aceites y grasas (mg/l) | --- | 40 | 25 | 20 |
| Fenoles (mg/l) | M | 1 | 0.5 | 0.5 |
| Aldehídos (mg/l) | --- | 2 | 1 | 1 |
| Detergentes (mg/l) | N | 6 | 3 | 2 |
| Pesticidas (mg/l) | P | 0.05 | 0.05 | 0.05 |

CAPITULO 3

NORMAS Y REGLAMENTOS NACIONALES

3.1 ANALISIS DE LA LEGISLACION MEXICANA EN MATERIA DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES

Para los fines de las normas y reglamentos nacionales se entiende por:

Medio Ambiente: el conjunto de leyes, influencias e interrelaciones de orden físico, químico o biológico, que permiten, proteger y gobernar la vida en todas sus formas.
Deterioro de la calidad del agua: alteración negativa de las características del agua.

Contaminación: alteración de la calidad ambiental resultante de actividades que indirectamente o indirectamente:

- a) perjudican la salud, el bienestar y seguridad de las poblaciones;
- b) las descargas de las aguas residuales crean condiciones adversas a las actividades sociales y económicas del país;
- c) creen condiciones negativas que afecten desfavorablemente la flora y fauna marina;
- d) perjudiquen las condiciones naturales estéticas y sanitarias del medio ambiente;
- e) se descarguen materias tóxicas contraviniendo las normas establecidas.

Contaminador: Es toda aquella persona natural o jurídica, con derecho público o privado, que directa o indirectamente sea la responsable de causar estragos en el medio ambiente.

Recursos Ambientales: Las aguas del interior superficial o subterráneas, la atmósfera, los estuarios, el mar territorial, el suelo, el subsuelo y los demás elementos de la biosfera.

El problema de la contaminación de las aguas esta plenamente recogido en nuestro ordenamiento jurídico. Las normas existentes en las últimas décadas tenían su origen en criterios dispares, dependiendo de la Secretaría que las dictara (Agricultura, Industria, Gobernación, etc.).

El problema de las descargas de aguas residuales no es un tema nuevo a contemplar en nuestras leyes dado que en sexenios anteriores ya se prevén acciones a tomar contra la contaminación de las aguas. Sin embargo, la definición

de la contaminación y su control no fueron suficientemente eficaces.

La lucha contra la contaminación exigía que debería existir una ley adecuada a nuestra situación actual, existiendo además la posibilidad de acción, debiendo contar con personal altamente capacitado, los medios técnicos adecuados, fuerza colectiva e información pública que garantiza la posibilidad de acción.

El control de la contaminación de las aguas exigía un único organismo central responsable, dotado de los poderes administrativos suficientes y encargado de hacer aplicar y que se cumplan correctamente las normas establecidas en materia de vertidos industriales. Así como adoptar las medidas necesarias y convenientes contra dicha contaminación de las aguas. Es decir, toda materia tóxica vertida a las aguas que ponga en peligro la vida humana y el equilibrio ecológico de las aguas debe prohibirse con todo rigor.

Consideramos que la legislación sobre descarga de aguas residuales, tiene y debe aplicarse estrictamente, y en caso de infracción las sanciones administrativas y penales sean lo suficientemente severas contra el contaminador. Garantizando con esto el cumplimiento de las normas.

Una consideración que no debe olvidarse es que el principal problema reside en el aspecto económico. Un país sin los suficientes recursos económicos no puede hacer mucho contra la contaminación de las aguas.

Para solucionar esto, es necesario que existan medios financieros para las industrias contaminadoras de las aguas. Con el financiamiento es posible que las industrias creen sus propias plantas de tratamiento de aguas residuales, evitando con esto que dichas aguas se descarguen directamente al manto acuífero.

Nuestra legislación no olvida que, quien contamina debe pagar, tarifas bien planteadas, apoyadas por un sistema ágil, puede otorgar las garantías suficientes para conseguir la atención de la financiación de la iniciativa privada.

Las recaudaciones mediante las tarifas deben atender a una perfecta explotación y conservación de las instalaciones y debe quedar garantizada la devolución de los empréstitos y de las cargas financieras que de ellos resulten

Al parecer resulta aconsejable que la contribución estatal tenga carácter de impuesto inicial, que permita atraer y garantizar otras aportaciones para la puesta en marcha del servicio, ya que conseguida ésta, se podrá mediante una adecuada explotación, subvenirse fácilmente a la atención de sucesivas mejoras y ampliaciones, además de las cargas financieras del primer establecimiento.

Las tarifas han de ser revisables a fin de que tengan la efectividad que de ellas se espera, para compensar las posibles variaciones que se produzcan en los cortes de explotación o por obras nuevas.

La lucha contra la contaminación de las aguas deben tener por objeto la conservación de las mismas, manteniendo en lo posible la calidad natural de las aguas superficiales y subterráneas, así como la reducción del nivel de contaminantes actual con vista a la protección de la salud pública, y con vista al uso de las aguas principalmente. Además de que hay que enfrentar de un modo realizar el problema de la contaminación, debe existir una autentica decisión de búsqueda de solución y acción.

3.2 REGLAMENTO PARA LA PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA

Art. 1 El presente reglamento tiene por objeto proveer en la esfera administrativa, a la observancia de la Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental en toda la República, en lo que se refiere a la prevención y control de la contaminación de las aguas, cualquiera que sea su régimen legal.

Art. 2 Su aplicación compete al Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Salubridad y Asistencia en coordinación con la Secretaría de Recursos Hidráulicos (ahora corresponde a SEDUE). Las demás autoridades que dependan del Ejecutivo Federal, ... auxiliarán a las mencionadas anteriormente, en la aplicación de este reglamento, sin perjuicio de las atribuciones que les son propias.

Art. 7 Las descargas de aguas residuales, con excepción de las provenientes de usos puramente domésticos, deberán registrarse en la Secretaría de Recursos Hidráulicos (ahora corresponde a SEDUE), ...

El cumplimiento de esta obligación corresponde a los propietarios, encargados o representantes de establecimientos, servicios o instalaciones, públicos o privados, que originen o motiven las descargas.

Art. 10 Los plazos para el registro de las descargas de aguas residuales serán los siguientes:

...

IV.- Cuatro meses para las nuevas descargas de aguas residuales provenientes de usos públicos o industriales que vayan a los alcantarillados de las poblaciones, a partir de la fecha de su inicio ...

Art. 14 Los responsables de las descargas de aguas residuales que sean arrojadas en el alcantarillado de las poblaciones, dentro de un plazo de tres años contando a partir de la fecha del registro de la descarga, deberán sujetarse a las normas establecidas en el artículo anterior (13).

Así mismo, podrán optar dentro de un plazo de diez meses, contados a partir de la fecha del registro de la fecha de descarga, por el pago de las cuotas que como derechos fijen las disposiciones locales correspondientes, para cubrir los costos de operación del tratamiento de las aguas residuales del alcantarillado que efectúen las propias autoridades.

En este último caso, en el mismo plazo, los responsables de las descargas deberán presentar un informe preliminar de ingeniería que contenga exclusivamente la fase de trabajos internos a que se refieren ...

La vigilancia del cumplimiento de estas obligaciones estará a cargo de las autoridades municipales correspondientes o del Departamento del Distrito Federal como responsable de las descargas de aguas provenientes de las redes de alcantarillado.

Art. 22 Los responsables de las descargas de aguas residuales que en los términos de este reglamento deban instalar sistemas de tratamiento, estarán obligados a cumplir en sus fechas, con el programa contenido en el informe preliminar de ingeniería

La Secretaría (ahora SEDUE), vigilará el cumplimiento de esta obligación y en su caso impondrá las sanciones que correspondan.

Art. 29 Fuera de los casos previstos en este reglamento, queda prohibido arrojar o depositar basura y otros desechos humanos, sólidos gruesos, jales, lodos industriales y similares en ríos, cauces, vasos, estuarios, y demás cuerpos receptores.

Art. 40 La Secretaría (ahora SEDUE) ... Vigilará el cumplimiento de las disposiciones de la Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental en lo referente al agua y de las de este reglamento.

Art. 41 La Secretaría de Recursos Hidráulicos (ahora corresponde a SEDUE) vigilará que las descargas de aguas residuales se ajusten en los establecido en la tabla No. 1 y en su caso a las condiciones particulares fijadas para cada descarga .

3.3 PROYECTO DE REGLAMENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EN EL DISTRITO FEDERAL.

Art. 1 La prestación del servicio de alcantarillado en el D.F. será de utilidad pública e interés social y estará a cargo del DDF, conforme a las disposiciones de este reglamento.

Art. 3 Corresponde al Departamento:

VI.- Suspender las autorizaciones de descarga de agua residual por el período que requiera la acción para evitar una amenaza a la salud pública, ...

VII.- Resolver sobre la aceptación de las aguas residuales de las negociaciones industriales y comerciales.

VIII.- Inspeccionar el aforo, muestreo o análisis físico-químico de las aguas residuales que efectúen los usuarios.

Art. 9 Los usuarios ...

Se prohíbe arrojar dentro del sistema de alcantarillado, cuerpos sólidos susceptibles de sedimentación y de obturar los conductos; grasas, líquidos, gases o sustancias inflamables, tóxicas, corrosivas o explosivas y en general ...

Art. 18 No se autorizarán concesiones interiores entre predios para desaguar por el albañal de uno de ellos, y sólo se permitirá para las aguas residuales que requieran tratamiento de una planta para servicio de varios predios, siempre que los proyectos respectivos de instalaciones y planta de tratamiento sean aprobados por la Dirección, a la que corresponde la supervisión de la construcción y la inspección durante su operación.

Art. 32 El agua residual de las descargas provenientes de procesos industriales o de establecimientos comerciales que deban conectarse al sistema de alcantarillado no contendrá sustancias de naturaleza y en cantidades tales que amenacen a la salud pública; dañen los conductos, maquinaria y estructura accesoria del sistema; obstruyan o interfieran el flujo; pueda causar daño al personal operador y dificulten los procesos de tratamiento indispensables para el rehuso.

Art. 34 Para autorizar la conexión de las descargas de aguas residuales se prevendrá en su caso, un pretratamiento y regularización de gastos pico ... prohibición de descargar ciertos componentes ... o carga de contaminantes que excedan la tolerancia que se establece en el artículo 48 del Reglamento. El exceso de carga contaminante sólo podrá autorizarse en casos especiales sin perjuicio ...

Art. 36 Los usuarios no podrán descargar aguas residuales que excedan el caudal autorizado por los límites de calidad que fija el reglamento ...

Art. 37 En la solicitud para la conexión ... además ... se acompañarán las características físico-químicas y biológicas del agua residual resultante tanto en los procesos como después del tratamiento a que se someta, sin mezclarla con las descargas provenientes de los muebles sanitarios

Art. 38 La solicitud ...

La dirección, previamente a la autorización de obra e instalaciones para la descarga o tratamiento de las aguas residuales, deberá escuchar la opinión en materia de Ingeniería Sanitaria de la Secretaría de Salud y del Instituto de Servicios de Salud del D.F.

Art. 42 La Dirección resolverá en cada caso sobre la aceptación de las aguas residuales de las negociaciones industriales y comerciales, en vista de los caudales con sus fluctuaciones, así como de las condiciones físico-químicas y bacteriológicas, las instalaciones de recolección, pretratamiento y descarga, después de ponderar su permanencia o variabilidad.

Art. 43 Queda prohibido descargar al sistema gasolina, benceno, ... así como desechos líquidos que contengan sustancias sólidas, líquidas o gaseosas que sean tóxicas por sí o en combinación con otras sustancias y las que puedan afectar las condiciones ambientales o causar daños a la población o al propio sistema.

También esta prohibido descargar al sistema con pH menor de 6 que ... ni mayor que 9 ... así como descargar al sistema sustancias sólidas o viscosas que puedan causar obstrucciones ... o interferir con las operaciones de las plantas de tratamiento ...

Art. 44 Queda prohibido para fines de cumplir con los requisitos de concentración máxima de sustancias en las aguas residuales de comercios o giros industriales, el ajuste temporal a las concentraciones límite que fija el Reglamento, obteniendo con la mezcla con agua residual doméstica, pluvial o de otra calidad.

Art. 45 Se prohíbe descargas aguas residuales que contengan dispersantes a base de aceite, de los llamados aceites solubles que forman emulsiones permanentes con el agua; o cualquier otra excesiva concentración de productos refinados del petróleo o aceites no biodegradables.

Art. 46 Los usuarios no podrán descargar agua residual que contenga sustancias en concentraciones fuera de los límites fijados por el artículo 48 del reglamento y en general:

- I.- Materia orgánica de rápida putrefacción y en estado de septización.
- II.- Desechos líquidos de olor desagradable o que puedan crearlo.

III.- Grasas y aceites no biodegradables dispersadas.

IV.- Sustancias que generen o desprendan gases tóxicos.

V.- Agua deionizada proveniente de purga de calderas.

VI.- Vapor condensado de agua destilada sin airar.

VII.- Sustancias que puedan solidificarse, precipitarse o aumentar su viscosidad entre temperaturas de 10 a 38°C

VIII.- Sustancias que coloren el agua residual o los efluentes de las plantas de tratamiento.

IX.- Agua de purga de las torres de enfriamiento o de vapores para enfriamiento cuando queden 1/3 del volumen completo, y

X.- El agua de enfriadores de un sólo paso.

Art. 48 Las tolerancias de concentraciones límite del agua residual procedentes de giros comerciales o industriales, antes de que se diluyan o mezclen con otras aguas, para permitir el rehuso y proteger las instalaciones del sistema, así como su correcto funcionamiento, serán las siguientes:

Se regulan 49 parámetros de calidad, entre los que destacan: color 50 U pt/Co, turbiedad 5 UNT, conductividad 800 umhos/cm, sólidos totales 800 mg./l, sólidos sedimentables 1.0 ml/l, nitratos 7 mg./l, DBO soluble 140 mg./l, DQO soluble 250 mg./l, grasa y aceites 60 mg./l, SAAM 8 mg./l, oxígeno disuelto 2 mg./l.

Art. 53 La Dirección fijará en cada caso los análisis físico-químicos que deban efectuarse para comprobar el cumplimiento de las concentraciones límites a que se refiere el artículo 48.

Art. 55 Cuando las descargas de aguas residuales vayan a una de las plantas de tratamiento para el uso del agua, se podrá aceptar en dichas aguas, a juicio de la Dirección concentraciones de contaminantes que excedan los límites que fija el artículo 48 y el interesado este conforme en pagar el costo del tratamiento que corresponde a los excedentes, calculados con la siguiente formula:

(se presenta una forma que obliga a determinar los costos unitarios de tratamiento para cada proceso y aplicarlos a las concentraciones excedentes a las normas del artículo 48 medidas en la descarga).

Art. 66 Las infracciones a las disposiciones del Reglamento se sancionarán con una multa de una a seiscientos veces el salario mínimo general diario vigente en el D.F., considerando la gravedad de la falta cometida.

3.4 RELACION DE NORMAS EMITIDAS PARA LA INDUSTRIA ELABORADORA DE BIENES Y SERVICIOS.

La ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, establece que todas las descargas de aguas residuales en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas, y demás depósitos o corrientes de agua, deberán satisfacer las normas técnicas ecológicas a fin de asegurar una calidad de agua satisfactoria para el bienestar de la población y equilibrio ecológico.

Que para prevenir el deterioro ecológico en las principales cuencas hidrológicas del país, se requiere controlar, entre otras, las descargas de aguas residuales del sector industrial.

Que la industria de la transformación, generan desechos orgánicos e inorgánicos mezclados con aguas excedentes de los procesos de enfriamiento, así como las aguas de servicio, las cuales, al ser descargadas en los cuerpos de agua, modifican las características físico-químicas y biológicas naturales de estos cuerpos. disminuyendo en consecuencia su capacidad de auto depuración.

Que por el tipo y la cantidad de contaminantes que caracterizan a las aguas residuales de las industrias de la transformación, sus descargas a los cuerpos de agua, además de impedir o limitar su uso, producen efectos adversos en los ecosistemas, por lo que es necesario fijar los límites máximos permisibles de contaminantes en estas descargas.

Que para la determinación de los límites máximos permisibles, se estudiaron las posibilidades técnicas de remoción de contaminates que genera la industria de la transformación de acuerdo con las experiencias nacionales y la bibliografía internacional al respecto Así mismo se consideró la factibilidad técnica y económica de instrumentar procesos de depuración por parte de los responsables

de las descargas y la efectividad de estos procesos en el control de las fuentes generadoras.

Norma

NTE-CCA-001-88

4-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de agua residuales provenientes de las centrales termoeléctricas convencionales.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 100 | 120 |
| Grasas y aceites (mg./l) | 15 | 18 |
| Cobre (mg./l) | 1.0 | 1.2 |
| Fosfato (mg./l) | 10 | 12 |
| Bifenilos policlorados (mg./l) | ausente | |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: remoción de grasas y aceites, coagulación química y Sedimentación.

Norma

NTE-CCA-002-88

4-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de las industrias productoras de azúcar de caña.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| DBO (mg./l) | 60 | 72 |
| Grasas y aceites (mg./l) | 20 | 24 |
| Sólidos sedimentables (mg./l) | 1.0 | 1.2 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: Sedimentación, tratamiento biológico, igualación.

Norma

NTE-CCA-003/88

4-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de refinación del petróleo crudo, sus derivados y petroquímica básica.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| DBO (mg./l) | 60 | 72 |
| Grasas y aceites (mg./l) | 40 | 48 |
| DQO (mg./l) | 100 | 120 |
| Sulfuros (mg./l) | 0.5 | 1.0 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 70 | 85 |
| Cromo total (mg./l) | 1.0 | 1.2 |
| Cromo hexavalente (mg./l) | 0.2 | 0.25 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: igualación, separación de grasas y aceites, precipitación del química del cromo, oxidación de sulfuros, Sedimentación y tratamiento biológico.

Norma

NTE-CCA-004/88

4-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminates en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de fabricación de fertilizantes excepto las que produzcan ácido fosfórico como producto intermedio.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| Fósforo total(mg./l) | 60 | 72 |
| Nitrógeno total (mg./l) | 50 | 70 |
| Sulfuros(mg./l) | 0.5 | 1.0 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 30 | 35 |
| Fluoruros (mg./l) | 20 | 25 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: ajuste del pH y adición de óxido de calcio, nitrificación, desnitrificación.

Norma
NTE-CCA-005/88

4-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de productos plásticos y polímeros sintéticos.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| DBO (mg./l) | 100 | 120 |
| Grasas y aceites (mg./l) | 20 | 24 |
| DQO (mg./l) | 300 | 360 |
| Fluoruros (mg./l) | 20 | 24 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 70 | 85 |
| Sólidos sedimentables (mg./l) | 1.0 | 1.2 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: pretratamiento, coagulación química y tratamiento biológico.

Norma
NTE-CCA-006/88

6-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de fabricación de harinas, en cuerpos de agua.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| DBO (mg./l) | 200 | 240 |
| DQO (mg./l) | 400 | 480 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 200 | 240 |
| Sólidos sedimentables (mg./l) | 1.0 | 1.2 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: Sedimentación, igualación y tratamiento biológico.

Norma

NTE-CCA-007/88

4-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de la cerveza y la malta.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| DBO (mg./l) | 200 | 240 |
| Grasas y aceites (mg./l) | 30 | 30 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 200 | 240 |
| Sólidos sedimentables (mg./l) | 1.0 | 1.2 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados

similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: neutralización, igualación, Sedimentación y tratamiento biológico.

Norma

NTE-CCA-008/88

6-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de fabricación de asbesto de construcción, en cuerpos de agua.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6 |
| DBO (mg./l) | 60 | 72 |
| Grasas y aceites (mg./l) | 10 | 12 |
| DQO (mg./l) | 100 | 120 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 60 | 72 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: pretratamiento, Sedimentación y coagulación química.

Norma

NTE-CCA-009/88

4-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria elaboradora de leche y sus derivados.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6 - 9 |
| DBO (mg./l) | 100 | 120 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 100 | 120 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: pretratamiento, Sedimentación y tratamiento biológico.

Norma

NTE-CCA-010/88

6-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de manufactura de vidrio plano, en cuerpos de agua.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| DBO (mg./l) | 10 | 12 |
| Grasas y aceites (mg./l) | 70 | 85 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 40 | 48 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: cribado, desarenado, tanque separador de grasas, coagulación química y filtración.

Norma
NTE-CCA-011/88

6-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de productos de vidrio, prensado y soplado, en cuerpos de agua.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 30 | 35 |
| Grasas y aceites (mg./l) | 10 | 12 |
| Fluoruros (mg./l) | 30 | 35 |
| Amonio (mg./l) | 30 | 30 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: pretratamiento, coagulación química y eliminación de amoníaco por aereación.

Norma
NTE-CCA-012/88

6-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de fabricación de caucho sintético, llantas y cámaras, en cuerpos de agua.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| DBO (mg./l) | 50 | 60 |

| | | |
|-------------------------------------|-----|-----|
| Grasas y aceites (mg./l) | 10 | 12 |
| DQO (mg./l) | 250 | 300 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 60 | 72 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: pretratamiento, coagulación química y tratamiento biológico.

Norma

NTE-CCA-013/88

4-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria del hierro y del acero.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| Grasas y aceites (mg./l) | 20 | 24 |
| Sólidos suspendidos totales(mg./l) | 30 | 36 |
| N-amoniaco NH4 (mg./l) | 30 | 36 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: pretratamiento, coagulación química y eliminación de amoniaco por aereación.

Norma
NTE-CCA-014/88

4-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria textil.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|------------------------|--------------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| DBO (mg./l) | 100 | 120 |
| Cobre (mg./l) | 1.0 | 1.2 |
| Cromo (mg./l) | 1.0 | 1.2 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 50 | 70 |
| Sólidos sedimentables (mg./l) | 1.0 | 1.2 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: neutralización, precipitación química de metales, recarbonatación y tratamiento biológico.

Norma
NTE-CCA-015/88

4-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de celulosa y papel.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| DBO (mg./l) | 200 | 240 |
| Grasas y aceites (mg./l) | 50 | 60 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 200 | 240 |
| Sólidos sedimentables (mg./l) | 8 | 8.2 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: pretratamiento, Sedimentación y tratamiento biológico.

Norma

NTE-CCA-016/88

4-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de bebidas gaseosas.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| DBO (mg./l) | 50 | 60 |
| Grasas y aceites (mg./l) | 30 | 36 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 50 | 60 |
| Sólidos sedimentables (mg./l) | 1.0 | 1.2 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados

similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: neutralización igualación y tratamiento biológico.

Norma

NTE-CCA-017/88

4-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de acabados metálicos.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| Grasas y aceites (mg./l) | 10 | 15 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 50 | 60 |
| Sólidos sedimentables (mg./l) | 1.0 | 1.2 |
| Cromo hexavalente (mg./l) | 0.1 | 0.2 |
| Cromo total (mg./l) | 0.5 | 1.0 |
| Cobre (mg./l) | 0.5 | 1.0 |
| Níquel (mg./l) | 2.0 | 2.4 |
| Fierro (mg./l) | 1.0 | 1.2 |
| Zinc (mg./l) | 0.5 | 1.0 |
| Cianuro (mg./l) | 0.1 | 0.2 |
| Cadmio (mg./l) | 0.2 | 0.4 |
| Plomo (mg./l) | 0.1 | 0.2 |
| Aluminio (mg./l) | 1.0 | 1.2 |
| Bario (mg./l) | 2.0 | 2.4 |
| Manganeso (mg./l) | 2.0 | 2.4 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados

similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: igualación, coagulación química y Sedimentación.

Norma

NTE-CCA-018/88

6-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de fabricación de laminación, extrusión y estiraje de cobre y sus aleaciones, en cuerpos de agua.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| Grasas y aceites (mg./l) | 10 | 12 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 30 | 35 |
| Cobre (mg./l) | 1.0 | 1.2 |
| Cromo (mg./l) | 1.0 | 1.2 |
| Zinc (mg./l) | 10 | 12 |
| Cadmio (mg./l) | 0.01 | 0.12 |
| Plomo (mg./l) | 5 | 7 |
| Arsénico (mg./l) | 5 | 6 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: igualación, precipitación con cal y Sedimentación, reducción química del cromo.

Norma
NTE-CCA-019/88

6-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistema de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de impregnación de productos de aserradero.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| DBO (mg./l) | 200 | 240 |
| Grasas y aceites (mg./l) | 100 | 120 |
| Fenoles (mg./l) | 1 | 1.2 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 150 | 180 |
| Sólidos sedimentables (mg./l) | 1.0 | 1.2 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: Separación de grasas y aceites, coagulación química (floculación-sedimentación), filtración lenta en arena y tratamiento biológico.

Norma
NTE-CCA-020/88

6-VI-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de asbestos textiles, materiales de fricción y selladores, en cuerpos de agua.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| DBO (mg./l) | 30 | 35 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 30 | 35 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: Pretratamiento, Sedimentación y tratamiento biológico.

Norma

NTE-CCA-021/88

4-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria del curtido y acabado de pieles.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| DBO (mg./l) | 250 | 300 |
| Grasas y aceites (mg./l) | 50 | 60 |
| Cromo total (mg./l) | 5 | 6 |
| Cromo hexavalente (mg./l) | 0.1 | 0.12 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 250 | 300 |
| Sólidos sedimentables (mg./l) | 1.0 | 1.2 |
| Sulfuros (mg./l) | 25 | 30 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: Cribado, igualación ajuste de pH, oxidación de sulfuros, precipitación de cromo y coagulación química (floculación-sedimentación).

Norma

NTE-CCA-022/88

4-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de matanza de animales y empacado de cárnicos.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| DBO (mg./l) | 75 | 90 |
| Grasas y aceites (mg./l) | 10 | 12 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 125 | 137.5 |
| Sólidos sedimentables (mg./l) | 1.0 | 1.2 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: Pretratamiento, Sedimentación y tratamiento biológico

Norma

NTE-CCA-023/88

4-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria

de envasado de conservas alimenticias.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| DBO (mg./l) | 150 | 180 |
| Grasas y aceites (mg./l) | 10 | 12 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 150 | 180 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: Pretratamiento, Sedimentación y tratamiento biológico.

Norma
NTE-CCA-024/88

4-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria elaboradora de papel a partir de celulosa virgen.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| DBO (mg./l) | 125 | 150 |
| Grasas y aceites (mg./l) | 30 | 36 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 125 | 150 |
| Sólidos sedimentables (mg./l) | 4 | 5 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: Pretratamiento, Sedimentación y tratamiento biológico.

Norma

NTE-CCA-025/88

4-VIII-88

Límites máximos permisibles y sistemas de tratamiento para la remoción de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria elaboradora de papel a partir de fibra celulósica reciclada.

Límites Máximos Permisibles

| Parámetro | Promedio diario | Instantáneo |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|
| pH | 6-9 | 6-9 |
| DBO (mg./l) | 200 | 240 |
| Grasas y aceites (mg./l) | 50 | 60 |
| Sólidos suspendidos totales (mg./l) | 200 | 240 |
| Sólidos sedimentables (mg./l) | 8 | 9.6 |

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las diferentes industrias, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: Pretratamiento, Sedimentación y tratamiento biológico.

3.5 MEDIDAS TOMADAS POR EL GOBIERNO PARA GARANTIZAR EL EQUILIBRIO ECOLOGICO

La política Nacional del Medio Ambiente tiene por objetivo la preservación de la calidad del agua, así como la mejora y la recuperación de la calidad ambiental

necesaria para el desarrollo de la vida, a fin de garantizar condiciones óptimas para el desarrollo socioeconómico del país.

- Establecimiento de normas de calidad de agua residual, y de disposiciones relativas al uso y manejo de los recursos Hidráulicos.

- Intervención gubernamental en la preservación del equilibrio ecológico, considerando el medio ambiente como un patrimonio nacional, que debe ser protegido teniendo como referencia el uso colectivo de los ciudadanos futuros.

- Protección de los ecosistemas, con la preservación de áreas representativas, donde se vertían aguas de tipo industrial.

- Otorgación de incentivos a los estudios y la investigación de tecnologías orientadas al tratamiento de aguas residuales.

- Creación de dependencias gubernamentales, que garanticen el seguimiento del estado y calidad de las aguas residuales.

- Recuperación de áreas deterioradas por la descarga de contaminantes industriales vertidos a través de las aguas residuales.

- Protección de las aguas superficiales o subterráneas en peligro de deterioro.

- Creación de campañas de concientización y educación ambiental a todos los niveles de enseñanza.

- Para la lucha contra la contaminación de las aguas, se creo un organismo central responsable (SEDUE) , dotado de poderes administrativos suficientes y encargado de hacer aplicar la reglamentación necesaria y adoptar medidas contra dicha contaminación de las aguas.

- Todo vertido o deposito de materia que pongan en peligro la vida humana directa o indirectamente esta prohibido.

- La preservación y restauración de los recursos hidráulicas con vistas a su utilización racional y disponibilidad permanente, contribuyendo para el mantenimiento del equilibrio ecológico propicio para la vida.

- La imposición, al contaminador de las aguas superficiales o subterráneas, de la obligación de recuperar y/o indemnizar los daños causados, a la nación.

- El establecimiento de instituciones y desarrollo de investigaciones internas y de tecnologías nacionales orientadas al uso racional del agua y su conservación.

- La difusión de tecnología de manejo del agua, la divulgación de datos e informaciones ambientales y la formación de una conciencia publica sobre la necesidad de la preservación de la calidad del agua y del equilibrio ecológico.

- Creación de incentivos a la producción e instalación de equipos, aplicables para el mejoramiento de la calidad de las aguas.
- Sanciones disciplinarias al incumplimiento de las medidas para la preservación o corrección del deterioro de las aguas.

3.6 COMPARACION DE LAS NORMAS NACIONALES CON LAS INTERNACIONALES

Los límites de calidad para las aguas residuales, presentados aquí son un complemento de las normas nacionales e internacionales. Al establecer límites máximos permisibles de contaminantes se garantiza una barrera de anticontaminación a fin de preservar una mejor calidad del agua satisfactoria para el equilibrio ecológico y el bienestar de la población. Estos límites garantizan, que las propiedades físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua no se modifiquen, considerablemente. Permitiendo su uso posterior para otras actividades como:

- Recarga de acuíferos
- Riego de áreas verdes
- Agricultura e industria
- Usos recreativos

Aunque los límites aquí propuestos para la descarga del agua residual, representa la mejor información disponible sobre recomendaciones, criterio y normas de calidad para el vertido de aguas, existen ciertas limitaciones que es importante mencionar antes de definir los límites máximos permisibles de contaminantes.

En alguno de los criterios de calidad no existe información científica suficiente y lo concluyente que permita fijar los niveles de calidad sobre bases técnicas indiscutibles.

Existen diferentes grados de profundidad en la información científica que sustenta los criterios .

Se emplean diferentes factores de seguridad en la fijación de los criterios de calidad, debido a la falta de información científica concluyente.

En algunos casos, se emplean bases diferentes a la de protección de la salud pública para el establecimiento de los criterios de calidad propuestos.

La investigación científica sobre los efectos de los contaminantes en el medio ambiente puede conducir a cambios de importancia en los criterios establecidos en la tabla 3.1

Los parámetros de mayor importancia para la descarga de aguas residuales tanto a nivel nacional como internacional son los que se enlistan a continuación

- PH
- Temperatura
- Materias en suspensión
- D.B.O
- D.Q.O
- Grasas y aceites
- Metales pesados.

Las normas nacionales dan un rango de PH de 6 a 9 mientras que las normas internacionales tienen un rango de 6 a 8.5. Este criterio fue el que se tomo en cuenta, por el rango de PH es el mas cercano al PH neutro.

De acuerdo a lo reportado por las normas internacionales es primordial el control de la temperatura en la descarga de las aguas residuales, estas normas tienen un rango de temperatura de 36 a 25 grados centígrados. A este respecto la normas nacionales no reportan ningún dato. Las temperaturas altas causan la disminución del oxígeno disuelto en el agua, necesario para la vida acuática. Según lo reportado por la bibliografía las temperaturas elevadas del agua, no resultan aptas para el desarrollo y sobre vivencia de los seres vivos. Por lo tanto es conveniente que las aguas residuales no excedan el valor recomendado por las normas internacionales 36 grados centígrados.

La cantidad y calidad de los sólidos disueltos es un factor determinante en la presentación de las características naturales del agua. Los sólidos disueltos, tanto son empleados como nutrientes, como pueden causar problemas a los seres vivos y toxicidad directa a partir de ciertos niveles. La dureza de las aguas superficiales es un componente de los sólidos disueltos totales, estando principalmente compuesta por iones de calcio y magnesio. Este parámetro se emplea como índice general de calidad del agua.

Los sólidos suspendidos y sedimentables afectan la penetración de la luz, la temperatura y la solubilidad de productos en el agua. Los sólidos sedimentables pueden producir depósitos de lodo que de contener materia orgánica, pueden reducir sustancialmente el oxígeno disuelto y el PH producir gases dañinos a la vida acuática.

La concentración permitida de sólidos en suspensión en el agua residual, por las normas internacionales va desde 20 mg/l hasta 100 mg/l. las normas nacionales son menos estrictas en el parámetro permitiendo desde 30 a 240 mg/l. teniendo en cuenta los efectos tóxicos que pueda causar la materia en suspensión por lo señalado anteriormente, se recomienda un máximo de 100 mg/l. de sólidos en suspensión.

Controlando la concentración de sólidos en suspensión en el agua residual, se puede satisfacer los requerimientos de oxígeno en el agua necesario para su auto depuración. De esta forma es posible no rebasar los límites marcados por las normas nacionales, de demanda bioquímica y química de oxígeno de 50 a 360 mg/l.

En cuanto a la concentración permitida en el agua residual para los metales pesados las normas nacionales permiten concentraciones hasta de 10 mg/l. para el Zinc, 5 mg/l. para el plomo y arsénico, sabiendo que son elementos de alto índice tóxico. Que da como consecuencia que el agua donde son descargadas las aguas residuales no cumplan con los requerimientos de calidad necesarios para usos posteriores. Sin embargo algunas normas internacionales reportan valores máximos de concentración que oscilan desde 0.1 a 3 mg/l. Por lo que algunos valores reportados por las normas internacionales, fueron reproducidos en la tabla 3.1.

Del análisis hecho de las normas internacionales y nacionales realizado en los capítulos anteriores 2 y 3 y por lo señalado anteriormente. Se establecieron los valores de los principales parámetros, que se deben cumplir en la descarga de aguas residuales del sector industrial a los cuerpos de agua. Estos valores son presentados en la siguiente tabla 3.1

TABLA 3.1

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES EN LA DESCARGA
DE AGUA RESIDUAL.

| PARAMETRO | VALOR mg/l |
|-------------------------------|------------|
| temperatura ° C | 30 |
| PH (Unidades) | 6.5-8.5 |
| Materias en suspensión | 20 |
| Nitrógeno | 10 |
| Bario | 5 |
| Hierro | 2 |
| Manganeso | 1 |
| Piomo | 0.5 |
| Cadmio | 0.1 |
| Mercurio | 0.01 |
| Arsénico | 0.1 |
| Estañio | 2 |
| Cromo | 0.1 |
| Cobre | 1 |
| Níquel | 0.5 |
| Zinc | 3 |
| Demanda bioquímica de oxígeno | 20 |
| Demanda química de oxígeno | 20 |
| Grasas y aceites | 15 |
| Cloruros | 150 |
| Fluoruros | 10 |
| Sulfuros | 0.1 |
| Sulfatos | 1 |
| Sulfitos | 1 |
| Cianuros | 0.1 |
| Fenoles | 0.05 |
| Hidrocarburos | 1 |
| Disolventes | 0.005 |
| Cloro | 0.05 |

CAPITULO 4

METODOS PARA LA REMOCION DE CONTAMINANTES DE LAS AGUAS RESIDUALES

4.0 INTRODUCCION

Este capítulo tiene como objetivo el análisis de la aplicabilidad y confiabilidad de diversos procesos unitarios para la remoción de contaminantes en aguas residuales con niveles de concentración semejantes a aquellos encontrados en las aguas residuales de origen domestico con mediana influencia de descargas de diversos sectores industriales, como es el caso de las aguas captadas en prácticamente todo el sistema de drenaje del Distrito Federal. Los procesos unitarios aquí analizados son los mas empleados en sistemas de tratamiento de aguas residuales en todo el mundo.

Algunos de los procesos terciarios aquí analizados no son tan comunes, pero si han probado ser efectivos para la remoción de contaminantes específicos

En la estimación de las eficiencias de remoción de contaminantes de cada uno de los procesos estudiados en esta sección se siguieron en gran parte los resultados obtenidos en un estudio realizado en 1979 por la Oficina de Investigación de Agua y Tecnología de los EUA.

4.1 TRATAMIENTO PRELIMINAR Y TRATAMIENTO PRIMARIO

Se conoce como tratamiento preliminar al siguiente conjunto de procesos unitarios de tratamientos:

- Remoción de material grueso por medio de rejillas
- Desmenuzado
- Desarenado

En el tratamiento preliminar el agua es pasada por unas rejillas con objeto de retener sólidos de gran tamaño: el material retenido es removido, mecánica o manualmente, para su disposición final. Los desmenuzadores son equipos mecánicos provistos de cuchillas que tienen por objeto cortar en pedazos pequeños el material que acompaña al agua residual y permitir su paso al siguiente proceso.

Una vez que el agua ha sido sometida a los procesos anteriores (ya sea uno, u otro o los dos), es conducida a un tanque en el que serán removidas las arenas,

gravas y otros sólidos pesados inertes, con objeto de proteger los equipos (especialmente las bombas) aguas abajo de este proceso y evitar depósitos indeseables en tuberías y tanques. Las arenas aquí recolectadas son dispuestas en general como desechos sólidos.

El siguiente paso en el proceso es la sedimentación primaria de las aguas residuales. Este proceso es empleado para la remoción de los sólidos, ya sean sedimentables o flotantes, que contengan el agua residual. En este proceso se separan los sólidos sedimentables. Estos sólidos son recolectados por rastras en el fondo del tanque-grasas, aceites y otros materiales flotantes pueden también ser removidos en estas unidades por medio de desnatadores en la superficie. Los lodos producidos en este proceso pueden ser espesados, desaguados y/o digeridos biologicamente para su disposición final en el suelo o en rellenos sanitarios.

La cloración de las aguas residuales se incluye algunas veces como parte del tratamiento primario por cualquiera de las siguientes dos razones: (1) para el control de olores que se generan al haber condiciones sépticas en las aguas residuales y (2) como un agente desinfectante para el control de patógenos en el efluente.

La separación de sólidos en el proceso de sedimentación primaria puede ser mas eficiente si se adicionan ciertos productos químicos como cal, alumbre, sales de hierro o polímeros, que actúan como coagulantes e incrementan las eficiencias de remoción no sólo de los sólidos sedimentables, sino también del fósforo y ciertos metales pesados.

Una ventaja del tratamiento primario es que requiere relativamente poca atención durante su operación. Los colectores de lodos primarios y el equipo de bombeo existente deben estar sujetos a un mantenimiento preventivo para evitar fallas de emergencia. La atención preferente del operador deberá enfocarse al control de la extracción intermitente de los lodos primarios, para asegurar que éstos son removidos del sistema en forma adecuada. Cualquier falla en el proceso de tratamiento primario puede conducir a una reducción en las eficiencias de los procesos que le siguen en el tren de tratamiento, o a la descarga de aguas residuales sin tratamiento.

En el tratamiento preliminar los requerimientos de operación son (1) las rejillas deben ser limpiadas periódicamente, o si son mecánicas, debe darse servicio al equipo en forma regular, (2) los desmenuzadores requieren de mayor atención, ya que en ocasiones están sujetos a obstrucciones, además de que sus navajas deben de afilarse periódicamente, (3) en los sistemas de desarenado, los equipos mecánicos deben ser periódicamente revisados y sujetos un mantenimiento preventivo.

En la tabla 4.1 se presentan las eficiencias promedio de remoción de contaminantes en el tratamiento primario.

Como puede observarse en dicha tabla la D.B.O. se reduce en aproximadamente 40%, los sólidos suspendidos y las grasas y aceites en 60%, y la remoción de metales pesados varía del 30 al 50%

Es importante indicar que las eficiencias aquí indicadas no incluyen los beneficios que se podrían derivar de la adición de coagulantes químicos en el proceso hecho que se discutirá en la sección correspondiente a coagulación sedimentación; en general.

4.2 ESPUMACION

4.2.1. Descripción

En México se emplean detergentes refractarios y, muy probablemente, esta práctica continuara durante los próximos años. El resultado de esta práctica es el problema tan común en las plantas de tratamiento de todo el país de formaciones de espumas. Otros efectos, menos visibles pero igualmente importantes, son la reducción en las eficiencias de transferencia de oxígeno en los tanques de aeración y la presencia de detergentes en los efluentes de las plantas de tratamiento. Para su remoción la DGCOH ha realizado diversas investigaciones a nivel de laboratorio y a nivel de planta piloto para la remoción de este tipo de contaminantes. El proceso empleado ya a nivel de plantas prototipo es el de espumación. En este proceso se aprovechan las propiedades surfactantes de estos compuestos para su remoción por medios de espumas. Las espumas se forman por

medio de la adición de burbujas finas en el fondo del tanque y las espumas son removidas de la superficie aprovechando el arrastre del mismo aire inyectado. La profundidad media de estos tanques varia entre 2 y 3 m, el tiempo de retención es de 5 a 15 minutos y las relaciones volumétricas aire y agua empleadas varían entre 4 y 8. Un elemento clave para la buena operación de este proceso es la pronta y eficiente remoción de las espumas formadas, previniendo su colapso dentro del tanque de aeración, lo que resultaría en el retorno de los detergentes al agua.

4.2.2. Eficiencias

Las eficiencias prácticas de remoción de detergentes, medidas como sustancias activas al azul de metileno (SAAM), que se han obtenido con el proceso de espumación varían entre 60 y 90 %.

4.3 LODOS ACTIVADOS

4.3.1 Descripción

Los lodos activados son un proceso biológico en el cual la materia orgánica es utilizada como alimento por microorganismos. Este proceso se logra mediante la agitación y aereación de una mezcla de aguas residuales y lodos biológicos (microorganismos). Los sólidos son posteriormente separados de la mezcla en el tanque de sedimentación y una fracción de los lodos separados es regresada de acuerdo a las necesidades propias del proceso al tanque de aeración. Existen numerosas variantes del proceso de lodos activados, entre ellas se cuentan las que a continuación se mencionan.

Flujo Pistón

El flujo hidráulico a través del reactor es tipo pistón, lo que posibilita la adición de aire a lo largo del reactor en cantidades variables.

Mezcla Completa

En los reactores de mezcla completa las concentraciones de alimento, microorganismos y aire son uniformes en todo el tanque.

Aeración por Pasos

Una variante, intermedia entre las dos antes mencionadas es la de aeración por pasos. En este caso, el influente y el aire son alimentados al reactor en diversos puntos a lo largo del proceso buscándose con esto un aprovechamiento más eficiente del oxígeno suministrado. En este sistema es posible recibir cargas de D.B.O. más altas, ya que los orgánicos solubles son removidos en un periodo relativamente corto de tiempo.

Oxigenación con Oxígeno Puro.

Una variante del proceso que ha ganado aceptación recientemente, es la correspondiente al empleo de oxígeno puro en vez de aire.

Esto permite el uso de una mezcla más concentrada de sólidos en el reactor y consecuentemente una reducción en los tiempos de aeración.

Aeración Extendida.

El sistema de tratamiento mediante aeración extendida es también una variante del proceso de lodos activados, se caracteriza, como su nombre lo indica, por tiempos de aeración más largos y cargas uniformes de D.B.O. y sólidos suspendidos (ss) en todo el reactor. El largo periodo de aeración (usualmente 24 horas), así como la alta concentración de sólidos suspendidos en el licor mezclado, permiten a los microorganismos mantener un estado de respiración endógena, produciendo un efluente altamente nitrificado.

Plantas Paquete.

Frecuentemente, los sistemas de tratamiento por aeración extendida se ofrecen en plantas "paquete" para caudales menores a 25 lps, en estos sistemas se

elimina, generalmente, la sedimentación primaria los tanques son frecuentemente de acero.

Zanjas de Oxidación.

Para plantas grandes (hasta unos 500 lps) una variante de la aeración extendida es la de zanjas de oxidación. Una ventaja de esta modalidad es que los lodos producidos por el sistema están altamente estabilizados al haber sido digeridos aeróbicamente en el proceso, por lo que no requieren tratamiento adicional, con excepción de secado, antes de su disposición final.

En términos generales el proceso de aeración extendida es recomendable por su facilidad de operación, y por producir lodos mineralizados y por que el gran volumen del reactor permite asimilar fluctuaciones en carga hidráulica, u orgánica, que en un sistema convencional podrían causar perturbaciones en el proceso biológico.

Independientemente del tipo de sistema de lodos activados que se utilice para tratamiento biológico, las unidades de sedimentación secundaria, situadas aguas abajo del tanque de aeración, son un elemento crítico en el funcionamiento del sistema en su conjunto. La mayor parte de la DBO arrastrada por el efluente de la planta de tratamiento puede ser atribuida al arrastre de sólidos en el sedimentador secundario, por lo que una buena separación de sólidos en el proceso de sedimentación es esencial para producir un efluente de buena calidad.

El sistema de lodos activados es el método más común de proporcionar tratamiento "secundario" a las aguas residuales. Este puede ser (1) el proceso final de un sistema de tratamiento, seguido exclusivamente de desinfección, o (2) un proceso intermedio seguido de tratamiento terciario cuando se requiera un efluente de mucho mayor calidad.

Desde el punto de vista operativo, en el proceso de lodos activados se debe poner especial atención a la tasa de generación de lodos y al contenido de oxígeno disuelto en el reactor. Con estos dos parámetros que son fáciles de analizar, se puede contar con una base adecuada para juzgar la bondad del sistema o en su caso realizar las modificaciones correspondientes, como puede ser la tasa de

retorno de lodos del sedimentador secundario al tanque de aeración así como la purga de los mismos.

4.3.2. Eficiencias

En general, la eficiencia del proceso de lodos activados se juzga en función de la remoción de DBO, DQO y sólidos suspendidos, aunque la remoción de otros parámetros es también relevante en este sistema. En la tabla 4.1 se presentan las remociones promedio de este proceso. La remoción de DBO es cercana al 90% y la de sólidos suspendidos cercana al 80%. Es importante mencionar que estas remociones tienden a ser mayores para sistemas completamente mezclados y menores para los de flujo de pistón. También el proceso ocurre una nitrificación parcial, alcanzándose valores de remoción del $N-NH_3$ de 30%; el grado de remoción de este compuesto dependerá del diseño y la forma de operación del proceso.

En cuanto a los metales pesados, la mayoría son removidos en un cierto grado y algunos pocos en porcentajes significativos; en este caso existen dos mecanismos fundamentales que intervienen en su remoción: (1) la precipitación de hidróxidos de los metales y (2) la adsorción de los metales en los lodos activados.

En la tabla 4.1 puede observarse que en términos generales puede afirmarse que el proceso de lodos activados es un proceso con un alto grado de confiabilidad. Es importante destacar que en gran medida la confiabilidad de un proceso de lodos activados se ve afectada en forma relevante por el diseño y operación adecuados del sistema de clarificación secundaria que lo compone, ya que la pérdida de lodos en los sedimentadores afecta severamente la calidad del efluente del proceso.

La aeración extendida no sólo remueve cantidades elevadas de DBO y SST las aguas residuales, sino que también es muy eficiente para reducir el nitrógeno amoniacal a niveles bajos. Consecuentemente, los niveles esperados de nitratos en el sistema son altos, como puede observarse en la tabla 4.1 En cuanto a los demás parámetros, la eficiencia de la aeración extendida es comparable a los lodos activados y es por ello que los valores medios de remoción esperados son los mismos que se indican en la tabla 4.1

En cuanto a su confiabilidad, el proceso de aeración extendida puede considerarse muy confiable y poco sujeto a variaciones estacionales, de caudal o de calidad de influencia; su empleo, como fue antes mencionado, está determinado por la disponibilidad de terreno para ubicar las instalaciones necesarias.

4.4 NITRIFICACION

4.4.1 Descripción

El nitrógeno reducido se encuentra presente en las aguas residuales en dos formas: nitrógeno amoniacal y nitrógeno orgánico. La remoción de nitrógeno amoniacal es de gran importancia debido a sus efectos bioestimulativos al ser liberado al medio ambiente.

La nitrificación, que es la oxidación del nitrógeno amoniacal a nitrógeno de nitratos, puede llevarse a cabo mediante el empleo de procesos de tratamiento biológico. Para el caso se han empleado sistemas de nitrificación tanto de uno como de dos pasos; sin embargo, el proceso de lodos activados convencional es el más efectivo de los sistemas de un sólo paso para llevar a cabo la nitrificación, después de que ha tenido lugar la remoción de carbón orgánico. En este caso tanto el tiempo de aeración como el tiempo de retención de sólidos en el reactor deben incrementarse para dar lugar al desarrollo de las bacterias que llevan a cabo el proceso de nitrificación cuyo crecimiento es más lento que las necesarias para llevar a cabo la remoción de la DBO.

Los sistemas de aeración extendida son también eficientes en nitrificación, siempre y cuando se lleve a cabo un adecuado control en el manejo de sólidos en el sistema.

La nitrificación de dos pasos implica la utilización de dos reactores de aeración separados: uno para llevar a cabo la remoción de la materia carbonacea y el otro para la remoción de nitrógeno. Este sistema es empleado fundamentalmente en climas fríos en los que el proceso de nitrificación se ve seriamente reducido en el invierno; por lo tanto es necesario enriquecer el segundo reactor con bacterias nitrificantes para contrarrestar el efecto de las bajas temperaturas.

Desde el punto de vista operativo, los sistemas de nitrificación son prácticamente iguales a los lodos activados convencionales. En este caso, los factores que determinan una operación exitosa del sistema son: un control adecuado del pH (el pH considerado óptimo para este proceso es de 8.5) y mantenerse alertas de variaciones importantes de temperatura, en especial si esta descende, ya que será necesario aumentar, tanto el tiempo de retención como la tasa de recirculación de lodos. Así mismo, debido a la mayor sensibilidad de las bacterias que intervienen en este proceso a compuestos orgánicos y metales pesados, es importante llevar un mejor control de la calidad del agua del influente al sistema.

4.4.2. Eficiencias

El objetivo de empleo del proceso de nitrificación es la remoción de nitrógeno amoniacal del efluente, así como remover DBO, SS y metales pesados en forma similar al proceso de lodos activados.

En la tabla 4.1 se presentan los promedios de remoción resultantes del empleo de este proceso.

En las plantas del DDF la nitrificación es un proceso que ocurre en forma no planeada, debido principalmente a que las plantas trabajan generalmente a gastos por debajo de los gastos de diseño, lo que da como resultado mayores tiempos de retención y edades de lodos por encima de las de diseño.

4.5 DENITRIFICACION

4.5.1. Descripción

La denitrificación es un proceso biológico en el que el nitrógeno de nitratos es reducido a gas nitrógeno. Este proceso puede llevarse a cabo por varios tipos de bacterias, sin embargo, en condiciones normales de operación de una planta de tratamiento, esta reducción es relativamente lenta. Para acelerar el proceso, se debe adicionar una fuente complementaria de carbón, como es el caso del metanol.

La denitrificación se puede llevar a cabo en un reactor mezclado mecánicamente, similar a los reactores para aeración; sin embargo, en este caso la cantidad de mezcla debe controlarse en forma precisa para evitar la oxigenación de las aguas residuales.

Desde el punto de vista operativo, el aspecto más crítico lo constituye la dosificación de metanol, la que generalmente se controla automáticamente en función de la concentración de nitrógeno en el influente de la planta. Una baja dosificación implicaría una menor eficiencia de denitrificación, mientras un exceso del mismo redundaría en una mayor concentración de DBO en el efluente.

4.5.2 Eficiencias.

En la tabla 4.1. se presentan los valores correspondientes a remociones promedio para el proceso de denitrificación.

4.6 FILTROS PERCOLADORES

4.6.1. Descripción

Los filtros percoladores constituyen un sistema de tratamiento biológico de aguas residuales con la biomasa adherida en un medio fijo. En su forma más general, este medio fijo lo constituye un lecho de piedras de 1 a 3 metros de altura, en las que se adhieren y desarrollan los microorganismos que intervienen en el proceso de oxidación de la materia orgánica ante la presencia de aire. En estos filtros, el agua residual (usualmente después de tratamiento primario) es rociada sobre el lecho de piedras y percolada a través de ellas para ser recolectada en el fondo.

Al paso de las aguas residuales por el medio filtrante en las piedras se forma una película bacteriana que aprovecha la materia orgánica contenida en las aguas residuales como alimento al entrar en contacto con ella. Al crecer esta película bacteriana, los microorganismos se ven limitados en la cantidad de alimento que reciben y eventualmente mueren y son arrastrados por el flujo de aguas residuales. Debido a lo anterior, es necesario contar con sedimentadores secundarios después

de los filtros, con objeto de retener, antes de la descarga del sistema, los sólidos arrastrados del proceso.

En algunos casos y con objeto de proporcionar tratamiento adicional a las aguas residuales y/o mantener humedo el medio filtrante, es común la recirculación del efluente del sedimentador secundario al filtro rociador o la del efluente del propio filtro.

Recientemente avances considerables en tecnología de materiales, han permitido sustituir el medio filtrante convencional (piedra) por elementos plásticos. cuyo peso y diseño permiten incrementar la profundidad del filtro hasta 6 o 7 metros, reduciendo considerablemente el área requerida para su implantación.

Operativamente, los filtros percoladores son el sistema biológico más sencillo de operar, ya que con una adecuada observación de las características del influente con objeto de evitar mediante recirculación, cargas de choque en el medio filtrante, se puede garantizar una eficiencia confiable del sistema. En cuanto a los sedimentadores secundarios, las dificultades de operación son esencialmente las mismas que para otros sistemas biológicos descritos previamente.

4.6.2 Eficiencias

Los filtros percoladores son bastante eficientes para la remoción de materia orgánica de las aguas residuales, aunque la calidad del efluente obtenido con este proceso no es tan alta como la obtenida con el proceso de lodos activados, además que la remoción de otros contaminantes diferentes de la materia orgánica como metales pesados e inorgánicos es menor.

Así mismo, en los filtros percoladores no hay una remoción importante de nitrógeno y fósforo (1), sin embargo, combinado con un sedimentador primario el efluente de este proceso puede ser empleado en algunos usos no restrictivos en cuanto a calidad del efluente.

Uno de los factores que más afectan la eficiencia de los filtros percoladores es la temperatura ambiente, ya que a bajas temperaturas se reduce

considerablemente la actividad biológica en el proceso y es por ello que su diseño debe hacerse para las condiciones críticas de temperatura de invierno.

4.7 DISCOS BIOLOGICOS

4.7.1. Descripción

Este proceso de tratamiento biológico fue desarrollado en Europa como un sistema alternativo a los filtros percoladores, En este caso, en vez de que el agua residual sea la que a su paso entre en contacto con el medio fijo, es el medio el que entra en contacto con el agua residual, moviéndose alternativamente entre el agua y el aire.

Lo anterior se logra a través de un sistema rotativo de discos paralelos de material plástico, los que se encuentran parcialmente sumergidos en los reactores de contacto. La película bacteriana se forma en la superficie del medio plástico, y en forma similar a los filtros percoladores, esta es desechada para su recolección en sedimentadores secundarios.

En este sistema, a diferencia de los filtros rociadores, no existe recirculación del efluente, tanto del sedimentador secundario como de los propios reactores, reduciendo con este hecho los problemas de operación del sistema.

La operación de los sedimentadores secundarios es similar a los casos anteriormente mencionados, con la atención adicional que debe darse a la extracción de lodos sedimentados para evitar problemas de septicidad y arrastre de lodos en el efluente.

4.7.2. Eficiencias

Las eficiencias en este proceso, aunque de historia reciente, han demostrado ser en general ligeramente mayores y más consistentes que las obtenidas en el proceso de lodos activados en lo que se refiere a DBO y SS, además de que en este proceso se obtiene en general una mayor remoción de N-NH₃. Por lo que respecta a otros parámetros, como metales, la eficiencia de los discos biológicos

puede considerarse comparable a la obtenida en un proceso de sedimentación con el auxilio de productos químicos.

4.8 COAGULACION SEDIMENTACION

4.8.1. Descripción

El proceso de coagulación-sedimentación consiste en:

-Adición de productos químicos (coagulantes) a las aguas residuales para la remoción de sólidos y otros contaminantes mediante precipitación.

-Mezclado rápido de los productos químicos con el agua para dispersar éstos en forma homogénea.

-Mezcla lenta para permitir la formación de flóculos resultado de la adición de productos químicos.

-Sedimentación en condiciones de calma para permitir la separación de los flóculos formados de las aguas residuales.

Los productos químicos más empleados como coagulantes se pueden dividir en cuatro categorías: cal, sales de aluminio, sales de hierro, y polímeros; cada uno de ellos con propiedades y aplicaciones propias características del producto.

La cal es usada como coagulante para la remoción tanto de fósforo como dureza de calcio. También es eficiente en la remoción de sólidos suspendidos, turbiedad y muchos de los contaminantes presentes sólo en trazos en el agua residual. El efluente de este proceso presenta un pH elevado que, de no requerirse para procesos subsecuentes, debe ser reducido antes de la descarga del efluente. Para la reducción del pH, el proceso de recarbonatación es empleado comúnmente, aunque para plantas pequeñas (100 lps) el empleo de algún ácido es una alternativa viable.

Otro aspecto de interés en el empleo de cal como coagulante es su recuperación, en especial en plantas grandes, ya que esto ha resultado económicamente factible, mediante el empleo de hornos de recalcinación de los lodos sedimentados en el proceso.

El aluminio, en la forma de sulfato de aluminio, reacciona con los ortofosfatos y la alcalinidad. En esta aplicación la remoción de fósforo tiende a ser la más alta, si el producto se dosifica durante o después del tratamiento biológico, ya que es cuando la proporción de ortofosfatos es mayor comparada con otras asociaciones del fósforo. En este caso no existe a la fecha un método económicamente factible para la recuperación del sulfato de aluminio, por lo que su manejo y disposición recae dentro del manejo de lodos del sistema en su conjunto.

Las sales de hierro, principalmente cloruro férrico, son efectivas en la remoción de sólidos suspendidos y fósforo de las aguas residuales. Estas sales se dosifican en general conjuntamente con cal e hidróxido de sodio, con objeto de aumentar el pH del agua y con esto producir un buen flóculo. Como en el caso de las sales de aluminio, no existe un método económico para la recuperación del producto.

Los polímeros y los polielectrolitos son usados frecuentemente como ayudas adicionales de sedimentación. Estos productos incrementan la sedimentabilidad de flóculos finos y ligeros. La selección y dosificación de estos productos se hace en forma general mediante ensayos de prueba y error, que pueden realizarse desde el laboratorio hasta pruebas en las plantas.

La operación y mantenimiento de sistemas de clarificación química es compleja por varias razones. En primer lugar, el manejo de productos químicos requiere mayores medidas de seguridad en la planta de tratamiento; así mismo, los sistemas de dosificación de productos químicos requiere de mucha atención para garantizar que las cantidades sean las correctas y que se apliquen en forma continua (una aplicación baja de productos reduce considerablemente la eficiencia del sistema, mientras que un exceso de ellos es, además de costoso, causa de un efluente de baja calidad); finalmente, el equipo mecánico necesario para este proceso debe recibir un adecuado mantenimiento preventivo.

4.8.2. Eficiencias

Del análisis de la información puede concluirse que la adición de cal y sales de hierro con algún polímero son los procesos que tienen las mayores eficiencias; sin embargo, la selección del tipo adecuado de coagulante para cada caso en

particular deberá derivarse de los análisis de laboratorio y , en muchos casos, a nivel de planta en operación.

La remoción de metales pesados en este proceso se logra mediante la precipitación química de los hidróxidos de dichos metales, obteniéndose mayores remociones a mayores valores del pH. En general una regla aplicable en estos casos es la que indica que la calidad del efluente depende en muy poco de la del influente y si en mucho del proceso químico que se efectúe, sin embargo, la pérdida de sólidos en el proceso de sedimentación puede ser determinante en la calidad de efluente.

Al igual que en las eficiencias promedio, la confiabilidad de los procesos aquí descritos, es mayor para el caso de sales de hierro con cal, según puede apreciarse en los cuadros ya mencionados.

En los DETAAR las eficiencias medidas de remoción de fosfatos con cal fueron consistentemente mayores de 90% a pH de 10.5%; en este mismo proceso se remueve también una parte del color de las aguas; en los DETAAR la eficiencia de remoción de color para las condiciones señaladas fue del orden de 40 a 60%.

4.9 FILTRACION

4.9.1. Descripción

La filtración es el proceso más utilizado cuando se desea obtener un efluente de calidad inmediata superior a la de un efluente secundario convencional. Este sistema combina procesos físicos y químicos para la remoción de sólidos de las aguas residuales.

El proceso de filtración ha sido usado, tanto como un último paso de tratamiento, previo a la desinfección, como uno de los pasos que pueden integrar un sistema de tratamiento terciario.

En este sistema, el efluente que ha recibido tratamiento biológico o físico-químico es percolado a través de un lecho de medio filtrante granular, en el que los sólidos son retenidos hasta que dicho lecho se obstruye a tal grado que es

necesario provocar un flujo invertido (retrolavado) para limpiar y desfogar los sólidos acumulados durante la operación normal del filtro.

En su desarrollo original, el diseño de los sistemas de filtración fue similar al empleado para el proceso de potabilización de agua; sin embargo, dadas las características particulares de los sólidos en las aguas residuales, se desarrollaron equipos y variaciones al proceso que lo hicieron más adecuado para este tipo de aguas.

Entre los factores más relevantes en estas modificaciones al proceso, destaca el empleo de medios filtrantes compuestos de dos o más lechos distintos. Las combinaciones más comunes hoy día incluyen; arena y antracita, arena y carbón activado, lechos de resinas y arena, lechos de resina y antracita, y carbón activado , entre otros.

Las unidades de filtración pueden ser operadas por gravedad o por presión, dependiendo su elección de la relación que guarda el proceso de filtración con otros procesos de tratamiento en la planta, del efecto que produce el reciclado de aguas de retrolavado en el sistema en su conjunto y del espacio disponible para su implantación.

Operativamente, el proceso de filtración requiere, de una atención cuidadosa y un mantenimiento rutinario frecuente, aunque en el caso de plantas importantes es posible automatizar todo el sistema operativo.

Aunque la operación de retrolavado se lleva a cabo mediante programas pre-establecidos, la calidad del efluente debe ser constantemente monitoreada para detectar cualquier variación de importancia en el sistema. Así mismo, el retrolavado debe llevarse a cabo con extremo cuidado para prevenir arrastrar con él al medio filtrante. En términos generales puede decirse que la eficiencia de los procesos que anteceden a la filtración, así como las concentraciones de sólidos aplicadas a los filtros, son los elementos determinantes en la obtención de un efluente de alta calidad como es de esperarse en este proceso.

4.9.2. Eficiencias

Las eficiencias de remoción de materia suspendida en este proceso dependen en gran medida de los procesos de tratamiento con los que se cuente antes de la filtración, ya que el tipo de floculo depende del proceso biológico o fisico-químico que lo anteceda.

Para el caso de filtración de un efluente de tratamiento biológico, la concentración de sólidos provenientes de un proceso de lodos activados es del orden de 3 a 10 mg/l; para estabilización por contacto y filtros percoladores de dos pasos de 6 a 15 mg/l; y para filtros percoladores de alta tasa de 10 a 20 mg/l. La remoción de sólidos puede mejorarse considerablemente mediante el empleo de polímeros o coagulantes.

Es importante mencionar que la consistencia obtenida en las eficiencias de remoción, mediante el empleo del proceso de filtración, es dependiente en gran medida de la forma como se operen los filtros, así como en el control que se obtenga sobre los procesos que los anteceden. Para lograr una eficiente operación de este proceso, es necesario llevar un control estricto sobre la calidad del efluente que permita determinar adecuadamente el ciclo de retrolavado de los filtros. Un retrolavado frecuente, garantiza un efluente de alta calidad.

4.10 RECARBONATACION

4.10.1 Descripción

La recarbonatación es un proceso usado tradicionalmente después de un sistema de ablandamiento cal-soda de agua para abastecimiento público o industrial. Sin embargo, a partir de hace algunos años, el proceso ha sido empleado con éxito después de un tratamiento con cal de aguas residuales.

Este proceso consiste en la adición de CO₂ al agua tratada con cal con objeto de reducir su pH y con esto evitar la sedimentación posterior de depósitos de calcio que ocurriría a valores mayores de pH.

La recarbonatación puede llevarse a cabo en una o dos fases. El proceso de un sólo paso es la forma sencilla, y menos costosa, pero implica obtener un efluente con una dureza mayor. Por el contrario, el proceso de dos fases produce en la primera fase un flóculo de carbonato de calcio que es sedimentado (que puede ser regenerado y aprovechado como cal) y en el segundo paso el pH es conservado en valores cercanos a 7.0 para que el agua sea sometida a algún tratamiento adicional, rehusada o descargada.

Entre las fuentes principales de dióxido de carbono para recarbonatación destacan: gas lavado de chimeneas de incineradores; dióxido de carbón líquido comercial; o la quema de combustible.

La selección de la fuente de CO₂ a emplear dependerá de las condiciones particulares de la planta en cuestión.

El proceso alternativo a la recarbonatación, empleado particularmente en plantas pequeñas, es el reducir el pH después del proceso de tratamiento con cal, mediante el empleo de un ácido débil. Este proceso reduce el pH para prevenir la formación de depósitos, pero no remueve el calcio del efluente.

La recarbonatación es un proceso de muy fácil operación. El correspondiente a una fase cuenta con un tanque de contacto e inyectores de CO₂, mientras el de dos fases cuenta con dos tanques de contacto separados por un sedimentador intermedio.

Este sedimentador está equipado en forma similar a un clarificador rectangular con rastras movidas por un sistema de cadenas, para recolectar los precipitados de calcio. La operación y mantenimiento de este proceso no representa, por lo general, dificultades a personal adecuadamente entrenado.

4.10.2. Eficiencias

A diferencia de otros procesos unitarios aquí analizados, la recarbonatación no es normalmente considerada un factor incidente en la calidad del efluente, ya que su propósito fundamental es el de reducir el pH de las aguas tratadas

mediante el proceso de adición de cal y no como un proceso específico para remover contaminantes.

En cuanto a su confiabilidad, esta se considera alta y consistente, según se observa de los valores químicos mediante el empleo de cal.

Un factor económico importante en la operación del proceso de recarbonatación es el de la eficiencia de transferencia al agua del CO₂ gaseoso alimentado. Las ecuaciones estequiométricas del proceso permiten estimar las dosis teóricas para las reacciones del CO₂ con los iones OH y los iones de carbonatos.

4.11 ADSORCION CON CARBON ACTIVADO

4.11.1 Descripción

El carbón activado es empleado en el tratamiento de aguas residuales para remover materia orgánica soluble que permanece en el efluente después de otros procesos previos de tratamiento. Estos orgánicos son adsorbidos en los poros de las partículas de carbón. Cuando se ha agotado la capacidad de adsorción del carbón, este puede ser regenerado o reactivado mediante calentamiento, lo que produce que los orgánicos adsorbidos sean retirados de los poros, permitiendo rehusar de nuevo el carbón regenerado.

La adsorción con carbón activado es un proceso apropiado prácticamente para cualquier instalación de tratamiento: sin embargo, las consideraciones en el diseño del mismo difieren de acuerdo al tamaño del sistema.

El carbón activado se encuentra en el mercado en dos formas; granular y en polvo. El primero es el empleado mas frecuentemente en instalaciones de tratamiento de aguas, pero existen también numerosas instalaciones que emplean carbón en polvo en la purificación de las aguas.

Las unidades de adsorción con carbón activado son similares a las unidades de filtración, pudiendo ser operadas por gravedad o a presión, dependiendo de las características particulares de cada proyecto.

Los factores más importantes en el diseño de este tipo de sistemas incluyen; características y concentraciones de los contaminantes por remover; características de carbón activado; características de las aguas residuales; y tipo de sistemas a emplear y su forma de operación.

La adsorción con carbón activado es un proceso que se emplea comúnmente después de la filtración (ya que las partículas gruesas tienden a bloquear el sistema de adsorción) y algunas veces después de cloración a punto de quiebre, en sistemas terciarios de tratamiento (la cloración a punto de quiebre reduce la posibilidad de crecimiento bacteriano en las columnas de carbón, previniendo bloqueo prematuro en las mismas). Una alternativa para evitar el bloqueo prematuro es el empleo de lechos expandidos de flujo ascendente con inyección de oxígeno en el punto de alimentación para asegurar condiciones aerobias.

En su operación, las columnas de carbón activado son similares a las unidades de filtración discutidas previamente, y por lo tanto sus demandas de operación y mantenimiento son básicamente las mismas, con excepción que en este caso no se requiere de retrolavado. La regeneración del carbón o su reemplazo es una necesidad periódica, que se detecta mediante la medición de las concentraciones de orgánicos en el efluente del proceso.

4.11.2 Eficiencias

Una de las formas principales de medir la efectividad del empleo del proceso de adsorción mediante el empleo de carbón activado es mediante la medición del COT o del DQO del efluente de dicho proceso. La remoción de metales pesados en este proceso es muy variable, dependiendo del metal de que se trate, variando desde un 73% para el hierro, a remociones insignificativas para mercurio, selenio, cadmio y arsénico.

4.12 INTERCAMBIO IONICO SELECTIVO

4.12.1 Descripción

El intercambio ionico es un proceso a través del cual iones, de una clase dada, son desplazados de un material de intercambio insoluble por iones, de una clase diferente, que se encuentran en solución.

En el caso de remoción de amoníaco, sódio y calcio son removidos de una resina natural de zeolita (clinoptilonita) y reemplazados por los iones de amoníaco contenidos en el agua residual. Este proceso se denomina selectivo, ya que la resina remueve "selectivamente", iones de amoníaco de una solución que también contiene iones de sódio, calcio y magnesio . En este proceso el agua es percolada a través de un lecho de la resina selectiva, en la que se desarrolla el proceso de intercambio antes descrito. Cuando en el efluente del proceso se empiezan a presentar concentraciones de amoníaco superiores a las condiciones de diseño, se presenta la necesidad de regenerar la resina para devolverle su capacidad de intercambio original. Este procedimiento de regeneración se lleva a cabo al pasar una solución concentrada de sales a través del lecho de la resina. El efluente obtenido de este proceso de regeneración con un alto contenido de amoníaco, es conducido a un tipo de tratamiento para removerlo, como puede ser torres de separación, separación por vapor, electrólisis, etc.

Una de las ventajas del empleo de intercambio ionico selectivo es que este proceso es poco sensible a cambios de temperatura, a la vez que adiciona cantidades relativamente pequeñas de sólidos disueltos a las aguas tratadas con este medio. Así mismo, la capacidad de remoción de amoníaco con esta resina es muy predecible al conocerse la concentración de iones de amoníaco en el influente del proceso, sin requerirse estudios pilotos para ello. En este proceso es común el empleo de reactores a presión, similares a los empleados en filtración y para regenerar la resina se emplea una solución de cloruro de sodio al 2%. El sulfato de amonio obtenido en el tratamiento del regenerador en plantas grandes, puede ser empleado como fertilizante. La operación de este proceso combina tanto las necesidades ya comentadas para el proceso de filtración, como aquellas relativas a torres de separación de amoníaco. Como punto de importancia en el control del

proceso, está la medición rutinaria de la concentración de amoníaco en el efluente del mismo, para determinar la necesidad de regenerar la resina selectiva.

4.12.2 Eficiencias.

Las eficiencias de remoción de $N-NH_3$ mediante el proceso de intercambio iónico selectivo se presenta en la tabla 4.1 en donde puede observarse una remoción promedio de éste compuesto del 84% .

4.13 CLORACION A PUNTO DE QUIEBRE

4.13.1 Descripción

Este proceso consiste en la aplicación de cloro en concentraciones tales que su demanda sea satisfecha en su totalidad y que cualquier dosificación adicional permanezca como cloro libre residual.

Ya que este proceso consume cantidades importantes de cloro, su empleo se encuentra generalmente limitado a casos en los que la concentración de amoníaco ha sido reducida considerablemente en comparación con la del influente de la planta de tratamiento. El proceso es muy eficiente para la reducción de amoníaco a concentraciones menores a 1 mg/l, por lo tanto es usado frecuentemente después de procesos como separación en torres o intercambio iónico selectivo (antes descritos), y cuando los requerimientos del efluente de la planta son muy restrictivos en este parámetro.

La aplicación de cloro en aguas residuales es un proceso relativamente sencillo. En este caso es necesario diseñar un reactor de mezcla con un tiempo de contacto de aproximadamente un minuto para lograr el contacto entre el agua residual y el oxidante. Debido a que el empleo de grandes cantidades de cloro tienen un efecto acidificante sobre el agua, es necesario el empleo de un compuesto amortiguador alcalino (usualmente cal), con objeto de mantener un pH neutral

En algunos casos puede ser necesario la remoción de cloro después del proceso (decloración), antes de descargar el efluente o de someter a este a otro proceso de tratamiento . Si existen compuestos orgánicos que remover, el empleo de carbón activado puede ser un mecanismo adecuado de decloración, de no ser así, puede emplearse dióxido de azufre para lograr la decloración del efluente.

La cloración al punto de quiebre es un proceso que puede ser automatizado y requerir de muy poca atención desde el punto de vista operativo; sin embargo, dado que el cloro es un oxidante muy fuerte y peligroso , debe ponerse especial cuidado en su manejo y aplicación .

4.13.2 Eficiencias

La cloración al punto de quiebre es un proceso que remueve prácticamente todo el nitrógeno amoniacal de las aguas residuales y es igualmente efectivo para cualquier concentración de amoníaco en las aguas residuales, pero no igualmente económico.

Por esta razón, su aplicación es complementaria a otros procesos de remoción de amoníaco, como torres de separación e intercambio iónico selectivo. Este proceso está considerado como altamente confiable, aunque la reacción química que lo integra es más eficiente en cuanto mayor sea el nivel de tratamiento previo al empleo de este proceso.

En los DETAAR se condujeron numerosas pruebas de cloración al punto de quiebre con resultados muy exitosos. La demanda de cloro, se encontró, reflejada fielmente en la eficiencia de cada proceso en la remoción de materia orgánica y de nitrógeno amoniacal, resultados típicos de esta experimentación fueron los siguientes:

| Origen del agua | Demanda de cloro |
|---------------------------------|------------------|
| Efluente secundario | 27 mg/l |
| Efluente de espumación | 22 mg/l |
| Efluente de tratamiento químico | 12 mg/l |
| Efluente de filtración | 11 mg/l |
| Efluente de carbón activado | 3 mg/l |

4.14 OSMOSIS INVERSA

4.14.1 Descripción

El fenómeno de ósmosis ocurre cuando 2 soluciones con diferentes concentraciones de sales se encuentran separadas por una membrana semi-impermeable. En este proceso el agua fluye a través de la membrana de la solución con menor concentración de sales hacia el lado que contiene el agua con mayor concentración, hasta que en ambos lados se obtenga una misma concentración de sólidos disueltos totales llegándose a un equilibrio.

Este proceso puede ser invertido, al someter el líquido con mayor concentración de sales a una presión tal que se invierta el sentido del flujo en la membrana.

La ósmosis inversa ha sido empleada en diversas aplicaciones que van desde el tratamiento de aguas para calderas de alta presión hasta la desalación de agua de mar.

El tipo de membrana que ha tenido la mayor aceptación en el proceso es la de película de acetato de celulosa, si bien otras formulaciones han sido también empleadas exitosamente. Esta se fabrica en diversas formas, destacando las de fibra hueca y las membranas planas enrolladas.

El problema de operación más importante que se presenta en el empleo de este proceso es el taponamiento u obstrucción de la membranas por la presencia de orgánicos disueltos, sólidos en forma coloidal o sales de baja solubilidad que

tienden a producir este problema. En general con un alto grado de pretratamiento antes de la aplicación de este proceso los problemas de mantenimientos se ven minimizados; sin embargo, las unidades de ósmosis inversa requieren un control y vigilancia cuidadosa y frecuente, por lo que se recomienda operadores de alto nivel.

4.14.2 Eficiencias

Este proceso ha demostrado ser particularmente efectivo en la remoción de un gran porcentaje de turbiedad presente en las aguas residuales, así como materia orgánica bacterias, virus y sales inorgánicas. La eficiencia alcanzada con este proceso es en parte dependiente del tratamiento previo suministrado a las aguas residuales. En la tabla 4.1 se encuentran los porcentajes de remoción.

En la DGCOH se han realizado experimentaciones sobre el proceso de ósmosis inversa con diferentes membranas con resultados muy alentadores la conductividades obtenidas del permeado con membranas de poliamida fueron del orden de 15 a 25 umhos/cm y remociones prácticamente totales de color y turbiedad. La remoción de virus en el proceso de ósmosis inversa esta siendo actualmente investigada por la misma DGCOH.

4.15 CLORACION

4.15.1 Descripción

El cloro es el oxidante más económico que puede emplearse en la desinfección de aguas residuales tratadas, además de tener la ventaja de proporcionar un residual medible al ser aplicado en cantidad suficiente.

La efectividad del cloro como desinfectante depende de numerosos, factores como; temperatura, pH y turbiedad de las aguas residuales; la presencia de sustancias inhibitoras; la concentración del cloro disponible; la configuración del tanque de contacto; y el grado de mezcla alcanzando entre el agua residual y el cloro.

En general las instalaciones para cloración se diseñan para proporcionar un tiempo de contacto de 15 a 30 minutos, con objeto de permitir una reacción adecuada entre el cloro y las bacterias presentes en el agua residual. Las dosificaciones más típicas son :

| Proceso de Tratamiento | Dosificación (mg/l) |
|------------------------|---------------------|
| Sedimentación Primaria | 5-20 |
| Precipitación Química | 2-6 |
| Filtros Percoladores | 3-15 |
| Lodos Activados (LA) | 2-8 |
| La Filtración | 1-5 |

La decloración es un proceso que se requiere algunas veces para el empleo de aguas residuales en cierto tipo de uso. En sistemas de tratamiento secundario la decloración es usualmente llevada a cabo mediante la mezcla de dióxido de azufre con el efluente ya desinfectado con cloro.

En materia de operación y mantenimiento, las consideraciones hechas en el proceso de cloración a punto de quiebre son aplicables; con la excepción que en este caso el monitoreo del cloro residual después del tanque de contacto, es el factor que determina la dosificación de cloro que deba aplicarse al agua residual.

4.15.2 Eficiencias

La evidencia más palpable de la eficiencia del cloro como agente desinfectante de las aguas residuales está en la desaparición de prácticamente todas las enfermedades de origen hídrico, en aquellos lugares en donde ésta se emplea en forma adecuada y extensiva. Desde el punto de vista de su confiabilidad, ésta radica en una desinfección consistente mediante un adecuado diseño de las instalaciones para este fin, en las que puedan ajustarse las dosificaciones a variaciones en el contenido de materia orgánica e inorgánica.

4.16 OZONACION

4.16.1 Descripción

El ozono es un producto empleado en forma extensiva en Europa para la desinfección del agua potable, habiendo incrementado su popularidad recientemente para la desinfección de aguas residuales. En los Estados Unidos su empleo se ha visto restringido debido, entre otras causas a que su empleo no garantiza un poder residual de desinfección como en el caso del cloro, aunque se ha empleado como un pretratamiento de desinfección, para reducir la aplicación de cloro exclusivamente a cantidades que garanticen un residual en el efluente.

El ozono (O₃) es una forma muy inestable del gas oxígeno, que se descompone rápidamente a O₂, cuyo beneficio colateral es el de aumentar la concentración de oxígeno disuelto en el agua tratada, por otra parte, el empleo de ozono presenta ciertas desventajas en comparación con el cloro, una de ellas es que el ozono no pueda almacenarse, sino que se generan de aire u oxígeno filtrado y seco en el sitio de aplicación y el único método práctico para la producción de ozono en gran escala es mediante el empleo de descargas eléctricas producida por dos electrodos de alto potencial, que convierten el oxígeno en ozono, lo que representa un alto consumo de energía eléctrica.

El ozono producido en el generador eléctrico es emulsionado en el agua residual para desinfectarla, diseñando el método de contacto de tal forma que se maximice la interfase agua-gas, maximizando así las propiedades desinfectantes del ozono, para este fin, se han empleado con éxito difusores porosos. La operación del proceso de ozonación es menos flexible que la del proceso de cloración ya que para el primero la producción y dosificación son difíciles de ajustar a variaciones importantes en caudal y calidad del influente. Por otra parte, ya que el ozono es generado "in situ" y empleado en bajas concentraciones, representa mucho menor peligro en su aplicación que el cloro; así mismo, el ozono tiene un olor penetrante y distintivo que lo hace detectable a concentraciones que aún no resultan tóxicas para el ser humano.

4.16.2 Eficiencias

El elevado poder oxidante del ozono lo hace un elemento germicida de gran efectividad. El ozono destruye o inactiva a prácticamente el 100% de virus, bacterias y otros patógenos presentes en la aguas residuales. Así mismo, el ozono es muy efectivo en la remoción de olor, sabor y color del agua tratada.

De igual forma que en la cloración, la efectividad del ozono depende de la presencia o ausencia de contaminantes que interfieran en su acción oxidante, como puede ser el caso de la turbiedad y la cantidad de materia orgánica e inorgánica oxidable. La confiabilidad de este proceso es muy alta en tanto no se presenten variaciones de consideración en la cantidad y calidad del influente al proceso.

Por otra parte, aunque el ozono es muy efectivo como agente desinfectante, tiene la desventaja de decaer rápidamente y por lo tanto no permite garantizar una protección desinfectante residual. Para evitar este fenómeno es necesario adicionar cloro al agua tratada, para prevenir que se contamine de nuevo.

**TABLA 4.1 REMOCION ESPERADA DE CONTAMINANTES POR
PROCESO UNITARIO DE TRATAMIENTO. (EFICIENCIAS EN
TERMINOS DE PORCENTAJE DE REMOCION)**

PROCESO UNITARIO DE TRATAMIENTO

| PARAMETRO | TP | LA | NI | DN | FP | DB | CF | FA | AC | II | CP | OI | CL | OZ |
|-----------------------|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| DBO | 42 | 89 | 75 | 47 | 89 | 94 | 82 | 39 | 53 | 40 | | 91 | | 0 |
| DQO | 38 | 72 | 58 | 35 | 58 | | 61 | 34 | 47 | 28 | | 92 | | + |
| SST | 53 | 81 | 61 | 42 | 63 | 889 | 67 | 73 | 64 | 62 | | + | | |
| NH3-N | 18 | 63 | 97 | 32 | | 74 | 14 | 33 | 39 | 84 | + | + | | |
| NO3-N | 0 | + | | 89 | | | | 56 | 5 | | | | | |
| FOSFORO | 27 | 45 | 50 | 52 | | | 71 | 57 | 88 | | | + | | |
| ALCALINIDAD | + | 38 | | | | | 36 | 83 | + | | | | | |
| GRASAS Y ACEITES | 65 | 82 | + | | | | 91 | 67 | 47 | | | | | |
| COLIFORMES TOTALES | | + | + | | 0 | | | + | | | + | | + | |
| ARSENICO | 34 | 28 | X | | | | 49 | | 0 | | | | | |
| BARIO | 0 | 31 | 0 | | | | | | X | | | | | |
| CADMIO | 38 | 54 | + | | 0 | 31 | 88 | 32 | 0 | | | | | |
| CROMO | 44 | 74 | + | | 0 | 93 | 87 | 53 | 48 | | | | | |
| COBRE | 49 | 76 | + | | 56 | 89 | 91 | | 49 | | | | | |
| FLUOR | X | X | | | 44 | | X | | X | | | | | |
| FIERRO | 43 | 72 | + | | X | 84 | 43 | 56 | 73 | | | | | |
| PLOMO | 52 | 89 | + | | X | 86 | 93 | 18 | 32 | | | | | |
| MANGANESO | 20 | 33 | X | | 16 | | + | 80 | 32 | | | + | | |
| MERCURIO | 11 | 13 | 0 | | 0 | 82 | 18 | 33 | 0 | | | | | |
| SELENIO | 0 | 7 | 0 | | | | 0 | 90 | 0 | | | | | |
| PLATA | 55 | 79 | + | | 48 | | 89 | | 27 | | | | | |
| ZINC | 38 | 49 | + | | 57 | 71 | 72 | | 66 | | | | | |
| COLOR | 15 | 48 | X | | 0 | | 73 | 31 | 70 | | | + | | + |
| SAAM | 27 | 71 | + | | + | | 42 | | 84 | | | + | | 0 |
| COT | X | + | + | 0 | X | | + | X | + | 0 | | + | | + |
| TURBEDAD | 31 | 81 | 89 | 0 | X | | 88 | 71 | 73 | | | + | | |

Simbología:

+= Mayor a 50%

x= 25 - 50%

0= 0 - 25%

si no se indica nada es que no existen resultados concluyentes o pudiera representar un incremento en el parámetro.

TP=Tratamiento Primario

AL=Lodos Activados

NI=Nitrificación

DN=Denitrificación

FP=Filtros percoladores

DB=Discos biológicos

CF=Coagulación Floculación Sedimentación

FA=Filtración después de Lodos Activados

AC=Adsorción con Carbón Activado

II=Intercambio Ionico

CP=Cloración a punto de quiebre

OI=Osmosis Inversa

CL=Cloración

OZ=Ozonación.

Fuente de información (18)

4.17 APLICACION PRACTICA ELABORACION DE UN D.F.P., DTI y PLANO DE LOCALIZACIÓN DE UNA PLANTA PARA TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.

A continuación se describe la elaboración de los diagramas de flujo de proceso y de tubería y instrumentación para una planta de tratamientos de aguas residuales, en la ciudad de México.

El objetivo de la unidad es eliminar el exceso de contaminantes en el agua residual, antes de ser descargadas a los cuerpos de agua, o sistemas de alcantarillado.

Para la elaboración de los diagramas se establecieron las bases de diseño , para el proceso de lodos activados para llevar a cabo la reducción de contaminantes en el agua residual, hasta satisfacer las normas en materia de descarga de aguas.

4.18 BASES DE DISEÑO

1.0 GENERALIDADES

1.1 FUNCION DE LA PLANTA.

El objeto de la unidad de tratamiento de aguas residuales es eliminar o reducir los contaminantes de la corriente de agua residual proveniente de un planto químico.

1.2 TIPO DE PROCESO

El proceso consiste de dos etapas un tratamiento primario y un tratamiento secundario por medio del proceso de lodos activados.

2.0 CAPACIDAD , RENDIMIENTO Y FLEXIBILIDAD.

2.1 FACTOR DE SERVICIO

El factor de servicio al cual operara la planta será de 0.94.

2.2 CAPACIDAD

La planta deberá tener capacidad suficiente para manejar un flujo de agua residual de 5.3 ft³/s

La capacidad minima será de 0.60 del flujo antes especificado .

2.3 FLEXIBILIDAD

La planta no operara a falla de electricidad, aire de instrumentos a cualquier falla de estos servicios la carga se eliminará en forma normal.

La unidad deberá tener facilidad para realizar un paro ordenado de la planta.

No se requiere proveer aumento de capacidad para futuras ampliaciones.

3.0 ESPECIFICACION DE LAS ALIMENTACIONES

La planta será diseñada para procesar la alimentación con la siguiente concentración ; tabla 4.2.

TABLA 4.2

Concentracion en mg/l excepto si se indican otras unidades.

Referencia (13)

| COMPONENTE | VALOR |
|---|-------|
| PH (unidades) | 7.86 |
| Color (u. pt / co) | 327.4 |
| Turbidez (UNT) | 302.6 |
| Alcalinidad total (Ca CO ₃) | 461.0 |
| Alcalinidad fenolftaleína | 10 |
| Carbonatos | 10 |
| Bicarbonatos | 467 |
| Hidróxidos | 10 |
| Conductividad eléctrica umhios/cm | 1555 |
| Cloruros | 177 |
| Boro | 1.328 |
| Sólidos totales | 1137 |
| Sólidos totales fijos | 833 |
| Sólidos totales volátiles | 388 |
| Sólidos disueltos totales | 899 |
| Sólidos disueltos fijos | 728 |

| | |
|-------------------------------|-------|
| Sólidos disueltos volátiles | 245 |
| Sólidos suspendidos totales | 235.8 |
| Sólidos suspendidos fijos | 64.8 |
| Sólidos suspendidos volátiles | 205 |
| Sólidos sedimentales (mg/l) | 1.25 |
| Nitrógeno Amoniacal | 28.5 |
| Nitrógeno total | 39.8 |
| Nitratos | |
| Fósforo total | 12.5 |
| Calcio Soluble | 43.7 |
| Magnesio Soluble | 32.4 |
| Potasio soluble | 37.5 |
| Calcio Total | 46.9 |
| Magnesio Total | 33.2 |
| Sodio total | 181.8 |
| Potasio total | 38.4 |
| Hierro soluble | 0.262 |
| Manganeso soluble | 0.262 |
| Plomo soluble | 0.05 |
| Cadmio soluble | 0.778 |
| Mercurio soluble | 0.002 |
| Arsénico soluble | 0.002 |
| Cromo soluble | 0.155 |
| Hierro total | 2.01 |
| Manganeso total | 0.382 |
| Plomo total | 0.098 |
| Cadmio total | 0.262 |
| Mercurio total | 0.032 |
| Arsénico total | 0.222 |
| Cromo total | 0.546 |
| DBO soluble | 243.9 |
| PQO soluble | 333 |
| Grasas y aceites | 57.5 |
| S.A.A.M. | 57.5 |

4.0 ESPECIFICACION DE LOS PRODUCTOS

Las características de los productos fijados para el proceso son :

La corriente de agua tratada tendrá la siguiente concentración, tabla 4.3

5.0 ALIMENTACIONES EN LIMITES DE BATERIA

La planta estará diseñada para recibir las corrientes alimentación con las siguientes condiciones .

| ALIMENTACION | EDO.FISICO | Presión(PSIG) | Temperatura(°F) | FORMA DE RECIBO |
|---------------|------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Agua res.S.T. | Líquido | | 68 | Tubería |
| Aire | GAS | 4.41 | 38 | Tubería |
| Cloro | GAS | | 68 | Tubería |

6.0 PRODUCTOS EN LIMITES DE BATERIA

| ALIMENTACION | EDOC.FISICO | Presión(PSIG) | Temperatura(°F) | FORMA DE RECIBO |
|-----------------|-------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Agua res.Trat | Líquido | | 68 | Tubería |
| Lodos Culinicos | Sol/Liq. | | 68 | Tubería |

7.0 SERVICIOS AUXILIARES

Condiciones de las unidades de procesos a lmites de batería

7.1 AGUA DE PLANTA

| | |
|----------------------------------|----------|
| DISPONIBILIDAD : LA REQUERIDA | |
| Presión mínima | 40 PSIG |
| Presión máxima | 110 PSIG |
| Presión de diseño (Tuberías) | 140 PSIG |
| Temperatura de diseño (Tuberías) | Ambiente |

7.2 AIRE

| DISPONIBILIDAD: LA REQUERIDA | |
|---------------------------------|----------|
| Presión normal | 100 PSIG |
| Presión normal (Equipo) | 90 PSIG |
| Presión normal (Tubería) | 148 PSIG |
| Temperatura | 100 °F |
| Temperatura de diseño (Tubería) | 150 °F |
| Temperatura de rocío | -22 °F |

7.3 ENERGIA ELECTRICA

Características de la alimentación a motores

| | VOLTS | FASES | CICLOS |
|---------------------------|-------|-------|--------|
| Motores menores de 1HP | 115 | 1 | 60 |
| Motores de 1-200 HP | 440 | 3 | 60 |
| Motores mayores de 200 HP | 6600 | 3 | 60 |
| Alumbrado | 125 | 1 | 60 |
| Instrumentos de control | 120 | 1 | 60 |

8.0 CONDICIONES CLIMATOLOGICAS

| | |
|----------------------------------|---------|
| Presión barométrica (PSIG) | 11.3 |
| Temperatura ambiente mínima (°F) | 33 |
| Temperatura ambiente máxima (°F) | 104 |
| Vientos dominantes | SE a NO |
| Vientos reinantes | SE a NO |

Se pretende localizar a la planta de tratamiento de aguas residuales en el estado de México.

10.0 BASES DE DISEÑO DE EQUIPOS

10.1 Los tiempos de retención de un proceso de las dos actividades de tipo convencional varían en 4 y 8 hrs. bajo estas condiciones será dimensionado el tanque de aeración.

10.2 Las bombas se especificarán con un sobre diseño de 5% en flujo.

10.3 Todos los recipientes, excepto los tanques atmosféricos, serán diseñados para vacío total y se especificará una presión mínima de diseño de 3.5 kg/cm² manométricos.

10.4 Se maximizará el uso de aire, en el reactor biológico de tal forma que permita mantener un valor mínimo de 2 mgls de Oxígeno Disuelto para cualquier valor de carga orgánica y en cualquier punto del tanque.

4.19 DESARROLLO DEL PROCESO

El proceso para llevar a cabo la remoción de contaminantes en el agua es el siguiente:

1.- El agua residual proveniente de la industria pasa al tanque de almacenamiento FB-01. De aquí el agua es bombeada a un tanque separador FB-02, en este recipiente son separados las grasas y arenas del agua y son enviados al drenaje.

2.- La corriente que sale del tanque separador es llevada al tanque de homogeneización FB-03. De este tanque el agua pasa a un sedimentador primario FB-04, en el que los sólidos son separados y enviados a través de la bomba GA-02 al sedimentador FB-06. Posteriormente el agua pasa al tanque de aereación DC-01 en el que se adiciona aire con el doble propósito de proveer el oxígeno que los microorganismos necesitan para subsistir, y por otra parte, mantener en agitación el contenido del tanque.

3.- El efluente del reactor DC-01 es llevado al sedimentador secundario FB-05 donde los flóculos son separados del agua por gravedad; el agua ya clarificada es enviada a desinfección por medio de la adición de cloro en el tanque FB-07. De aquí el agua tratada es enviada a almacenamiento.

4.- Los lodos químicos generados en el sedimentador FB-05 son bombeados con la bomba GA-05 al espesador FB-06 y una parte de ellos es recirculado al tanque de aereación.

5.- Del espesador FB-06 los lodos generados pasan a la unidad de centrifugación FC-01 a fin de concentrarlos aún más, para su deposición final. El agua obtenida en el tanque FC'101 es recirculada a la unidad de espesamiento. Mientras que el efluente del tanque FB-06 se recircula a la entrada del tanque FB-04.

4.5 CONCLUSIONES DEL PROCESO

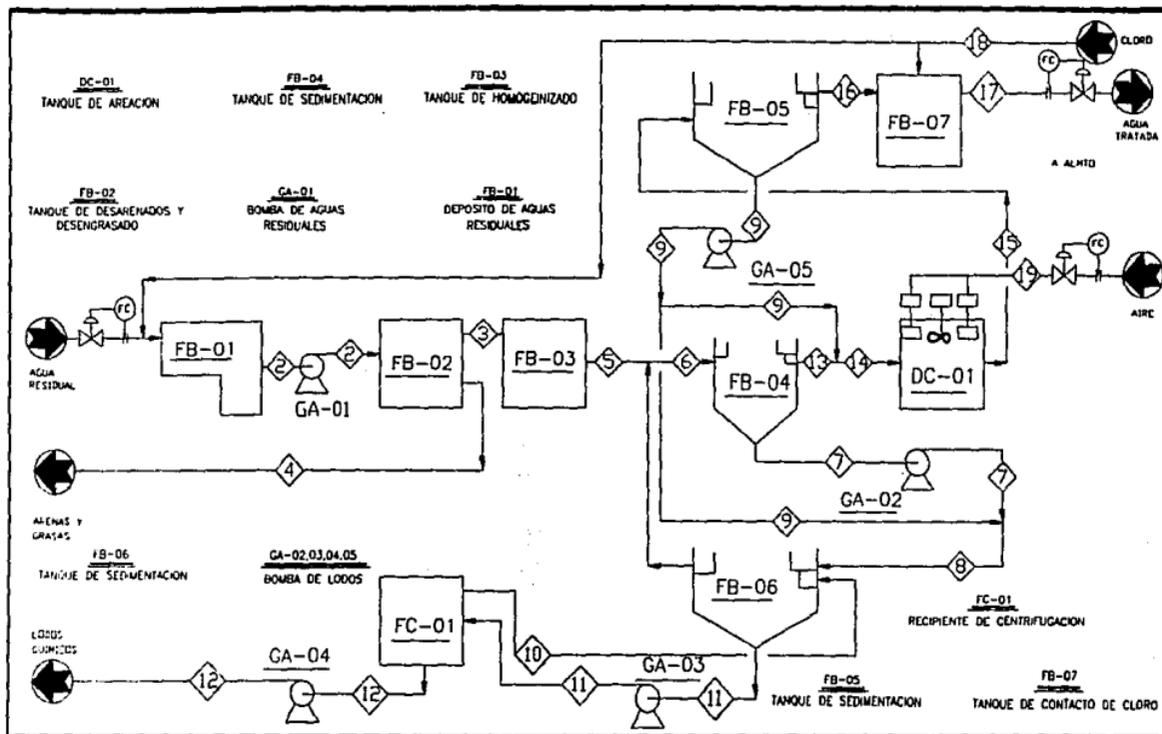
La selección del proceso anterior se hizo en base al costo, el cual es relativamente accesible, por la cantidad de equipos, y mínimos requerimientos de productos químicos y porque el proceso cumple con las condiciones que se especifican en las bases de diseño.

TABLA 4.3

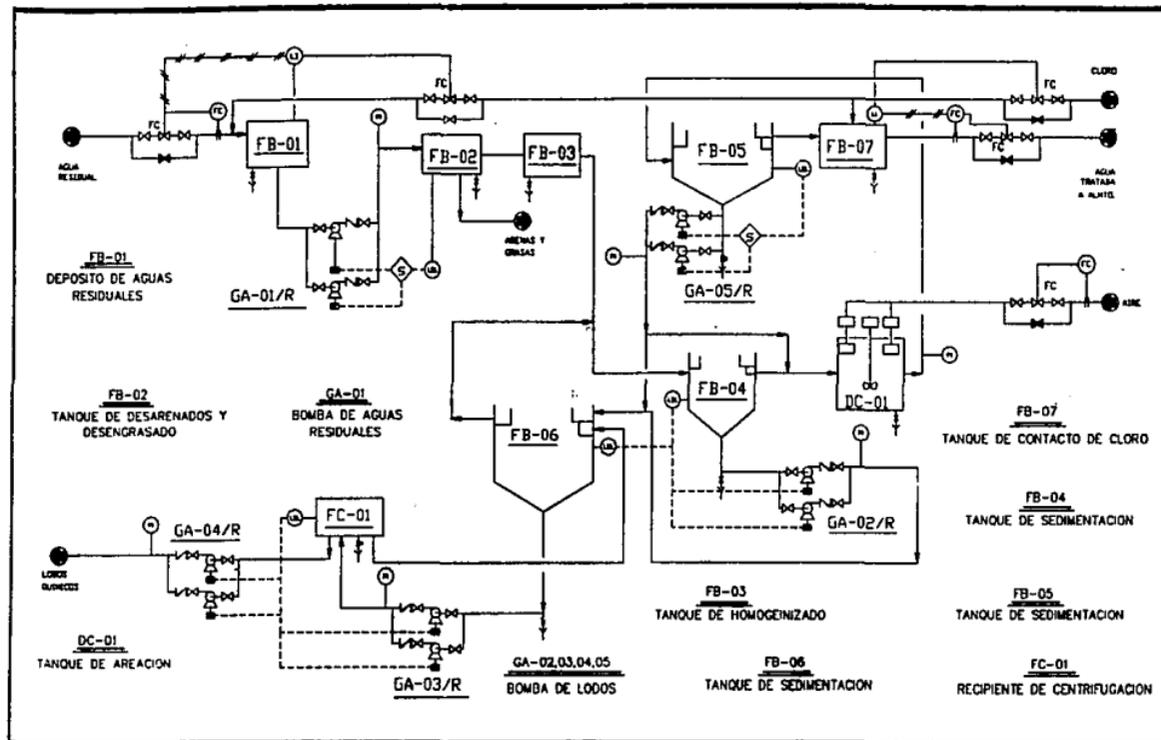
| COMPONENTE | VALOR |
|-------------------------------------|-------|
| PH (unidades) | 7.70 |
| Calor (u. pt/Co) | 37 |
| Turbidez (UNT) | 2.3 |
| Alcalinidad total (Ca Cos) | 289 |
| alcalinidad fenolftaleina | 10 |
| Carbonatos | 10 |
| Bicarbonatos | 186 |
| Hidróxidos | 10 |
| Conductividad eléctrica (umhios/cm) | 655 |
| Cloruros | 56 |
| Boro | 0.44 |
| Sólidos totales | 579 |
| Sólidos totales fijos | 426 |
| Sólidos totales volátiles | 153 |
| Sólidos disueltos totales | 508 |
| Sólidos disueltos fijos | 422 |
| Sólidos disueltos volátiles | 86 |
| Sólidos suspendidos totales | 70 |
| Sólidos suspendidos fijos | 4 |

| | |
|-------------------------------|--------|
| Sólidos suspendidos volátiles | 66 |
| Sólidos sedimentables (ml/l) | 0.01 |
| Nitrógeno amoniacal | 0.44 |
| Nitrógeno total | 2.25 |
| Nitratos | 125 |
| Fósforo total | 4 |
| Calcio soluble | 32 |
| Magnesio soluble | 21 |
| Potasio soluble | 17 |
| Calcio total | 32 |
| Magnesio total | 21 |
| Sodio total | 95 |
| Potasio total | 18 |
| Hierro soluble | 0.038 |
| Manganeso soluble | 0.020 |
| Plomo soluble | 0.008 |
| Cadmio soluble | 0.010 |
| Mercurio soluble | 0.0005 |
| Arsénico soluble | 0.0004 |
| Cromo soluble | 0.01 |
| Hierro total | 0.088 |
| Manganeso total | 0.034 |
| Plomo total | 0.0083 |
| Cadmio total | N.D. |
| Mercurio total | N.D. |
| Arsénico total | 0.0017 |
| Cromo total | N.D. |
| D.B.O. soluble | 2 |
| D.Q.O. soluble | 31 |
| Grasas y Aceites | V.L. |
| S.A.A.M. | 2.61 |

Referencia (13)



| | | | |
|------------------------------------|------------------------|-------------|--|
| FES ZARAGOZA INGENIERIA QUIMICA | CORONA MARTINEZ MANUEL | ING. R.M.M. | DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES |
| | SANTILLAN PINEDA JULIO | | |



FES - ZARAGOZA
INGENIERIA QUIMICA

CORONA MARTINEZ MANUEL
SANTILLAN PINEDA JULIO

ING. R.M.M.

DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION
PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES



ABREVIATURAS:

- = TUBO DE HIERRO
- S.T. = SUBESTACION ELECTRICA
- P. = ANCHO PAVIMENTADO
- = DIRECCION DE VIENTOS
- RECORRIDOS
- = DIRECCION DE VIENTOS DOMINANTES

FB-01
DEPOSITO DE AGUAS RESIDUALES

GA-01
BOMBA DE AGUAS RESIDUALES

FR-02
TANQUE DE DESARLIMADO Y DESENGRASADO

FB-03
TANQUE DE HOMOGENEIZADO

FB-04
TANQUE DE SEDIMENTACION

DC-01
TANQUE DE AERACION

GA-02,03,04,05
BOMBA DE LOGOS

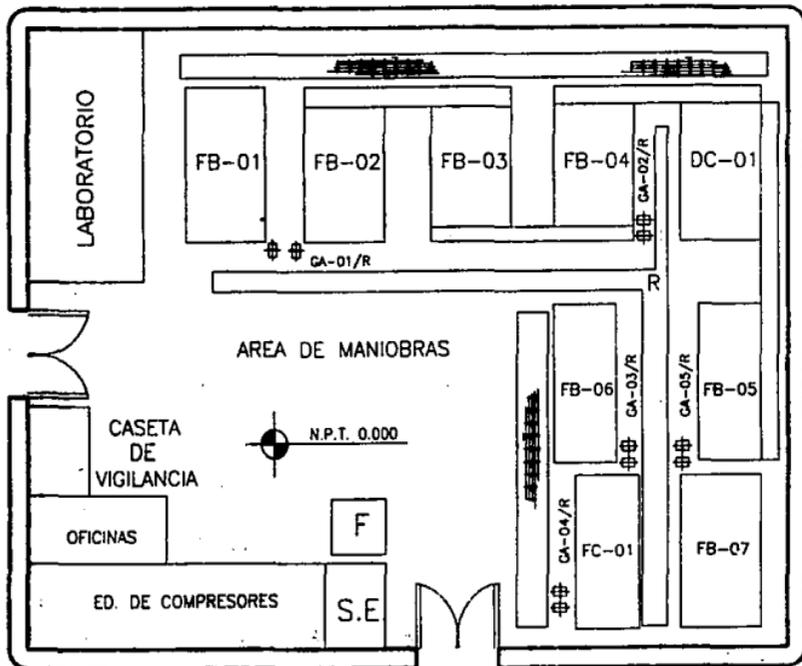
FB-06
TANQUE DE SEDIMENTACION

FC-01
RECIPIENTE DE CENTRIFUGACION

FB-05
TANQUE DE SEDIMENTACION

FB-07
TANQUE DE CONTACTO DE CLORO

CALLE



FES - ZARAGOZA

CORONA MARTINEZ MANUEL

INGENIERIA QUIMICA

SANTILLAN, PINEDA JULIO

ING. R.M.M.

ARREGLO GENERAL
PLANTA

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Los contaminantes presentes en las aguas residuales de tipo industrial, generalmente hacen que estos efluentes resulten inadecuados para su uso posterior, a menos que sean tratados o pasen por algún otro tipo de control. Por lo tanto, el objetivo básico del control de la contaminación del agua, es reducir la concentración de contaminantes hasta niveles que no interfieran con el empleo posterior de las aguas receptoras por parte de los usuarios.

El objetivo del trabajo de tesis fue el análisis de la normatividad para la descarga de aguas residuales de tipo industrial. Donde se destaca la importancia de las normas, para prevenir el deterioro ecológico de las principales cuencas hidrológicas del país necesarios para el bienestar de la población.

Así mismo se recomienda el instrumentar procesos de depuración por parte de los responsables de las descargas de aguas residuales. Con los distintos sistemas de tratamiento, mencionados en el capítulo 4, es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para las distintas industrias.

Del análisis hecho puede considerarse que la legislación Mexicana en materia de descarga de aguas residuales, esta a la altura de las legislaciones de los distintos países analizados.

–Puede concluirse que para garantizar la conservación de las aguas es necesario que:

–Nuestra normatividad en materia de descarga de aguas residuales se cumpla efectivamente.

–Que exista la imposición al contaminador de las aguas superficiales y subterráneas de la obligación de recuperar y/o indemnizar los daños causados, a la nación.

–Todo vertido o deposito de materia que pongan en peligro la vida humana directa o indirectamente debe prohibirse.

-La difusión de tecnología del manejo del agua, la divulgación de datos e informaciones ambientales y la formación de una conciencia pública sobre la necesidad de la preservación de la calidad del agua y equilibrio ecológico.

-Deben crearse incentivos para la producción e instalación de equipos para el mejoramiento de la calidad de las aguas.

Finalmente es necesario mencionar que los parámetros tomados en cuenta por la legislación de los países, generalmente son los mismos. Aunque para el establecimiento de los límites máximos de contaminantes en el agua residual, es muy variable ya que depende del desarrollo científico y tecnológico de cada país.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- **Applied Instrumentation in the Process Industries.**
Andrew W.G..
Guif Publishing Company.

- 2.- **Comportamiento y Remoción de los Contaminantes Tóxicos**
Prioritarios en los Sistemas Convencionales de Aguas Residuales
Flores R. 1989.
Elaborado para SEDUE.

- 3.- **Control de la Calidad del Agua Procesos Físicoquímicos.**
Weber J. Walter.
España; Ed. Reverte, 1979

- 4.- **Control de la Contaminación del Agua. Guías para la Planificación y**
Financiamiento de Proyectos.
Palange Ralph C. y Zavala Alfonso.
Banco Mundial, Washington, D.C.

- 5.- **Curso de Instrumentación y Control.**
Esc. Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas
I.P.N. 1983.

- 6.- **Depuración de Aguas Residuales.**
Hernandez Muñoz Aurelio.
Madrid; Ed. Paraninfo, 1987.

- 7.- **Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica.**
Planta Potabilizadora Iztapalapa Ingeniería Básica Vol. 1;

- 8.- **Evaluación de los Daños por el uso de las Aguas Renovadas.**
Laboratorios ABC, 1982.
Informe Elaborado para el DDF./DGCOH.

- 9.- **Gaceta Ecológica, Vol. 1 No.2.**

Agosto de 1989.

- 10.- **Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso.**
Howard F. Rase, M.H. Barrow.
Compañía Ed. Continental, S.A.
- 11.- **Instrumentos para el Control Automático de Procesos Industriales.**
Proyecto Servicios y Capacitación en Ingeniería, S.A.
- 12.- **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Medio Ambiente.**
1-Marzo-1988.
- 13.- **Manual General para la Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Agua y su Reuso**
SAPSA, 1991
- 14.- **Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.**
23-Noviembre-1988.
- 15.- **Saneamiento y Alcantarillado.**
Hernández Muñoz Aurelio.
Madrid; Ed. Paraninfo 1987
- 16.- **Tratamiento no Convencional para la Remoción de Contaminantes Tóxicos Prioritarios Presentes en las Aguas Residuales.**
Elaborado para SEDUE, 1991.
- 17.- **Techniques for Industrial Pollution Prevention.**
Overcash, Michael.
Michigan; Ed. Lewis Publishers, 1987
- 18.- **Wastewater Engineering.**
Metcalf and Eddy, Boston
New York; Mcc Graw-Hill, 1972.

- 19.- **Water Pollution Control Federation "Financing and Charges for Wastewater Systems". Washington 1982**
- 20.- **Water Reuse and Recycling. Vol 1 y Vol 2.
Culp Wesner.
Prepared for office of Water Research and Technology, Departmen of the Interior.Washington, D.C., 1979.**