

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA



DISEÑO DE UN SISTEMA PARA TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA DE
LA CURTIDURIA.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N

J. GUADALUPE CAMARGO AGUINIGA
DANIEL CANTO ALARCON

México, D. F.

68

1976



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CLAS. Jesú
AÑO. 1976
FECHA
PROC. M7 67 71



JURADO:

PRESIDENTE : JORGE SPAMFR GARCIA C.

VOCAL : RAMON VILCHIS ZIMBRON.

SECRETARIO : CARLOS DOORMAN MONTERO.

1er SUPLENTE : JORGE MENCARINI PENICHE.

2o. SUPLENTE : CUTEBERTO RAMIREZ CASTILLO.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: FACULTAD DE CIENCIAS
QUIMICAS, U.N.A.M.

SUSTENTANTES:

J. GUADALUPE CAMARGO AGUÍNICA.

J. Gpe. Camargo A.

DANIEL CANTO ALARCON.

[Handwritten signature]

ASESOR DEL TEMA:

JORGE SPAMFR GARCIA C.

[Handwritten signature]

Indice General.

| | Página. |
|---|---------|
| CONSIDERACIONES----- | 1 |
| INTRODUCCION----- | 2 |
| Clasificación de contaminantes----- | 3 |
| CAPITULO I | |
| LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA EN MEXICO----- | 26 |
| CAPITULO II | |
| PROCESOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA----- | 31 |
| Curtido a base de sales de cromo----- | 31 |
| Curtido mediante agentes vegetales----- | 36 |
| CAPITULO III | |
| Descripción de los usos y principales contaminantes del agua en la industria de la curtiduría----- | 40 |
| CAPITULO IV | |
| DESCRIPCION DE LOS PROCESOS DE USO FACTIBLE PARA EL TRA TAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA DE LA CUR TIDURIA----- | 46 |
| Bases para el tratamiento de desechos----- | 46 |
| Tratamiento preliminar----- | 48 |
| Tratamientos biológicos----- | 52 |
| Tratamiento para la eliminación completa de los conta minantes de las aguas residuales----- | 62 |
| CAPITULO V | |
| ALTERNATIVAS DE DISEÑO PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA MEDIANA DE CURTIDURIA----- | 67 |
| 1 Alternativa tanque de sedimentación de tolva----- | 77 |
| 2 Alternativa tanque de sedimentación con adición de floculante----- | 51 |
| 3 Alternativa tanque de sedimentación primario, tan que de aereación y tanque sedimentador secundario----- | 86 |
| 4 Alternativa laguna de aereación y laguna de sedimer tación----- | 95 |

| | Página. |
|---|---------|
| Uso del agua y recuperación de subproductos----- | 102 |
| CAPITULO VI | |
| ANTEPROYECTO DE COSTOS----- | 106 |
| Tanque de sedimentación de tolva----- | 106 |
| Tanque de sedimentación con adición de floculante----- | 107 |
| Tanque de sedimentación primario, tanque de aerea ción y tanque de sedimentación secundario----- | 108 |
| Laguna de aereación y lagunas de sedimentación----- | 109 |
| CAPITULO VII | |
| CONCLUSIONES----- | 110 |
| BIBLIOGRAFIA----- | 117 |

INDICE DE FIGURAS.

| Figuras. | Página. |
|--|---------|
| 1.- Curtido a base de sales de cromo.----- | 38 |
| 2.- Curtido mediante agentes vegetales----- | 39 |
| 3.- Usos de agua fresca y reactivos----- | 43 |
| 4.- Descarga de agua residual----- | 44 |
| 5.- Esquema de un sedimentador simple----- | 51 |
| 6.- Tratamiento químico de coagulación----- | 53 |
| 7.- Tratamiento químico con CO ₂ ----- | 53 |
| 8.- Sistema de filtro biológico----- | 55 |
| 9.- Sistema de laguna aerobia----- | 56 |
| 10.- Funcionamiento de los sistemas anaerobios----- | 59 |
| 11.- Funcionamiento de los sistemas aerobios-anaerobios----- | 60 |
| 12.- Sistema aerobio-anaerobio----- | 61 |
| 13.- Sistema de lodos activados----- | 63 |
| 14.- Descargas de cada proceso----- | 71 |
| 15.- Diagrama de flujo del tanque de sedimentación de tolva----- | 78 |
| 16.- Balance general de masa del tanque de sedimen tación de tolva----- | 79 |
| 17.- Diagrama de flujo del tanque de sedimentación con adición de floculante----- | 82 |
| 18.- Balance general de masa del sedimentador con adición de floculante----- | 83 |
| 19.- Diagrama de flujo del sistema de lodos activados--- | 88 |
| 20.- Balance parcial de masa en el sedimentador prima rio----- | 90 |
| 21.- Balance parcial de masa del tanque de aereación y sedimentador secundario----- | 90 |

| | |
|--|-----|
| 22.- Balance general de masa en el sistema de lodos activados----- | 91 |
| 23.- Diagrama de flujo del sistema de laguna de aerea ción y laguna de sedimentación----- | 96 |
| 24.- Balance general de masa laguna de aereación y laguna de sedimentación----- | 97 |
| 25.- Recuperación de cromo----- | 104 |

INDICE DE TABLAS.

| Tablas. | Páginas. |
|--|----------|
| 1.- Producción e importación de cueros crudos----- | 27 |
| 2.- Importación de pieles----- | 28 |
| 3.- Principales características por entidad federa <u>tiva</u> ----- | 29 |
| 4.- Exportación de pieles----- | 30 |
| 5.- Características de las descargas de agua resi <u>dual</u> ----- | 45 |
| 6.- Resumen de eficiencias de los sistemas analizados-- | 66 |
| 7.- Analisis de muestras----- | 72 |
| 8.- Puebas de sedimentación----- | 75 |
| 9.- Eficiencias del tanque de sedimentación de tolva--- | 77 |
| 10.- Remociones logradas en el sistema sedimentador con adición de floculante----- | 81 |
| 11.- Remociones logradas por el sistema sedimenta <u>dor</u> , tanque de aereación y tanque de sedimenta <u>ción</u> secundario----- | 86 |
| 12.- Remociones logradas en el sistema laguna de ae <u>reación</u> y lagunas de sedimentación----- | 97 |
| 13.- Concentración de contaminantes en el efluente final----- | 113 |
| 14.- Eficiencias totales en cada una de las alterna <u>tivas</u> ----- | 114 |

INDICE DE GRAFICAS.

| Gráficas. | Página |
|--|--------|
| 1.- Concentración de contaminantes DBO, DQO. y SST----- | 73 |
| 2.- Concentración de contaminantes GyA, Cr ⁺³ , NTK y S ⁼ ----- | 74 |
| 3.- Pruebas de sedimentación----- | 76 |
| 4.- Concentración de contaminantes en efluentes finales-- | 115 |
| 5.- Costos de las alternativas en estudio----- | 116 |

CONSIDERACIONES.

En la última década, las palabras "Ecología," "Contaminación," etc., han tenido una amplia difusión, desde el simple diálogo estudiantil hasta grandes programas difusionales de organizaciones como la O.N.U., es innegable el avance obtenido en contener la deterioración del ambiente, pero es innegable - que tendremos que superar lo que se ha hecho hasta el momento para poder controlar los efectos acumulativos de una creciente "sociedad industrializada" sobre la ecología en nuestro país; es por esto que hemos intentado con el estudio aquí presente, aportar una pequeña colaboración para la resolución de este problema que afecta a toda nuestra sociedad, ya que en nuestro país no existen hasta la fecha tratamientos del agua residual en la industria de la curtiduría a excepción de antiguos tratamientos de cribado.

J.Gpe. Camargo A.

Daniel Cantó A.

INTRODUCCION.

Al hablar de contaminación surgen preguntas tales como: - ¿quien?, ¿como?, ¿cuando? y ¿porque?, empezaron las aguas a -- contaminarse, mas aún, ¿a quien?, ¿cómo?, ¿cuando? y ¿porque?, va a afectar esta contaminación a la sociedad.

No es la intención de este trabajo desarrollar a su máxima capacidad las respuestas inherentes a cada una de las precedentes preguntas, pero se intenta dar un bosquejo de los factores más importantes en el avance constante de la contaminación de las aguas.

Antes que nada, se tiene que definir, el término "contaminación en las aguas", se define como: "modificaciones a una serie de propiedades físicas, químicas y bioquímicas preestablecidas, según el uso de las aguas".

La mayoría de los seres vivos se adaptan al medio que los rodea, no así el hombre, que para sus comodidades adapta el medio a sus necesidades mas indispensables y aún para su recreo y diversión; es pues, la especie humana, la que al remper el - ciclo biológico que rige en los sistemas ecológicos, crea la - contaminación en todos los ámbitos, siendo la causa principal el crecimiento desmesurado de los centros de población, que -- con sus inevitables desechos han destruido el equilibrio natural.

Son pues, las grandes concentraciones humanas, y por lo - tanto industriales, las que de una forma irreversible han destruido los sistemas naturales y con el acumulamiento constan-

te de basuras en los canales naturales de desahogo, ríos, lagos, manantiales, mares ó cualquier depósito de agua, han originado la contaminación de las aguas.

El agua, como recurso vital es base de la actividad del hombre y por este motivo, con el crecimiento demográfico y el constante desarrollo tecnológico, cada vez van siendo mayores los volúmenes de agua que se utilizan y con ello, mas cuantiosos y en mayor grado, los volúmenes de agua que se contaminan.

Las fuentes de contaminación del agua más importantes, -- son: las aguas residuales provenientes de usos domésticos y municipales, industriales, termoeléctricos, así como por desechos de minas, actividad petrolera, basuras y otros tipos de residuos.

Los contaminantes de las aguas varían mucho dependiendo del lugar de donde provengan.

CLASIFICACION DE CONTAMINANTES.

CONTAMINANTES INORGANICOS:

NITROGENO.

ORIGEN: La relación que existe entre las diversas formas en que el N_2 puede presentarse en la naturaleza han sido observadas y relacionadas en su ciclo, de ahí que su identificación ya sea como NO_3 ó NO_2 da el grado de estabilización que ha sufrido el N_2 orgánico en los procesos de autopurificación de los ríos y en el tratamiento de las aguas residuales en condiciones aeróbicas, también bajo este estado de oxidación se -----

encuentra en las aguas residuales de las fábricas de fertilizantes. Su identificación como N_2 orgánico ya sea como tal o como albuminoides o amoniacal nos indican el grado de reducción que ha alcanzado en el proceso de desnitrificación en el tratamiento de las aguas residuales en condiciones anaeróbicas así como su origen protéico ya sea animal o vegetal de ahí que sea un constituyente en las aguas residuales domésticas frescas y en las aguas naturales provistas de vida acuática, también se le identifica en las aguas de retorno de riego como consecuencia de los fertilizantes que se han utilizado con el fin de abonar las tierras.

EFFECTO: Como NO_3^- obstruye la permeabilidad de los suelos, en altas concentraciones produce en los infantes la enfermedad llamada metahemoglobinemia o cianosis de los nitratos y junto con otras sustancias el bocio, en concentraciones elevadas — también afecta a los rumiantes, en la industria tanto como NO_3^- ó NO_3^- es indeseable tanto por los problemas que causan en el teñido de lanas y sedas, así como en la industria de la fermentación y de la malta.

Como N_2 orgánico en exceso contribuye a la eutroficación o sea la sobrepoblación de flora acuática y como N_2 amoniacal corroe las estructuras de concreto.

POSFORO (P^{+5} .)

ORIGEN: Las formas más comunmente encontradas en la naturaleza son ortofosfatos, fosfatos condensados (piro, meta y polifosfatos) y fosfatos orgánicos pueden presentarse en forma soluble en partículas de detritus ó en los cuerpos de los organismos acuáticos, de ahí, que ocurran como uno de los productos estabilizados de la descomposición de la materia orgánica. Los-

fosfatos orgánicos se forman principalmente en los procesos biológicos, por lo tanto llegan a las aguas de desecho como residuos de alimentos, o pueden formarse de los ortofosfatos en los procesos de tratamiento biológico ó por la vida presente en el cuerpo receptor. También estan presentes en las aguas residuales de la industria de fertilizantes y en las aguas que arrastran un suelo que ha sido fertilizado en exceso, siendo los fosfatos los principales componentes de los detergentes sintéticos; aparecen en los desechos de las aguas domésticas ó cualquier otra operación de lavado o limpieza en la industria, los fosfatos condensados, no están presentes normalmente en aguas naturales, sino que son frecuentemente agregados durante el tratamiento de agua usada para calderas y enfriamiento, los polifosfatos se hidrolizan gradualmente en solución acuosa y se convierten a ortofosfatos de los cuales se derivan. Los fosfatos también pueden provenir de sedimentos en lodos biológicos como formas inorgánicas precipitadas e incorporadas en los compuestos orgánicos.

EFEECTO: Las aguas, residuales agrícolas, municipales e industriales que contengan fosfatos, si son descargadas a un cuerpo receptor pueden estimular el crecimiento de micro y macro-organismos acuáticos fotosintéticos con el consiguiente abatimiento del oxígeno disuelto que dá lugar a una pronta acumulación de lodos afectando también otras vidas acuáticas.

Concentraciones excesivas en la industria alimenticia y preparación de alimentos generan efectos indeseables, ya que tienen una acción reguladora sobre los ácidos estomacales causando vómitos y diarreas. Previenen la formación de incrustaciones, inhiben la corrosión en calderas. En los tratamientos de aguas residuales interfieren con la coagulación, floculación y tratamiento con carbonato de sodio.

AZUFRE ($S^{=}$.)

ORIGEN: El azufre en la naturaleza se halla presente en diversos estados de oxidación, estos se han estudiado y observado en su ciclo; por lo tanto se encuentran en sus más altos estados de oxidación como sulfitos y sulfatos, lo cual es representativo del grado de estabilización que ha sufrido el azufre orgánico en condiciones aeróbicas, su determinación indica el grado de estabilización tanto en plantas de tratamiento como en la autopurificación de los ríos, también bajo este mismo estado se halla presente en las aguas residuales de industrias como la curtiduría, fertilizantes, papeleras y textiles. Y como resultado de arrastres en suelos, lechos de yeso y otros minerales comunes y en las aguas residuales domésticas por ser uno de los principales constituyentes de los detergentes sintéticos. Cuando se halla en sus valores máximos de reducción como sulfuros estos indican el grado de estabilización que ha sufrido en los procesos naturales ó de tratamiento bajo condiciones anaeróbicas de ahí que sean constituyentes de la materia orgánica en descomposición por lo tanto se identifican en aguas negras, sépticas ó pantanos y algunas descargas industriales como son la de la industria de curtiduría, papelera y la del envasado de frutas y legumbres y rastros como productos de descomposición.

EFEECTO: Como ión sulfato, a muy altas concentraciones tiene efectos dañinos en los animales y el hombre, incrementa la corrosividad del agua en torres de concreto, tuberías y equipo hecho con asbesto. En agua de irrigación los iones pueden causar una precipitación de calcio siendo por ello tóxico a las plantas. En conjunto con el sulfito es tóxico para la vida acuática a concentraciones pasadas de límites estudiados.

Como ión sulfito en aguas domésticas baja el valor del pH por lo tanto incrementa su corrosividad, a una alta concentración de sulfito en aguas causa eczema en el hombre y animales, como ión sulfuro, causa malos olores, la toxicidad de las soluciones de sulfuros en los peces se incrementa en tanto el pH disminuye, la concentración de sulfuros en ciertas aguas industriales tal como la alimenticia y de fermentación, son limitadas.

ARSENICO (As^{+5}).

ORIGEN: Proviene de desechos industriales metalúrgicos, - manufactura del vidrio y cerámica, efluentes de tenerías, tintes y de la industria química como pesticidas fungicidas.

EFFECTO: El arsénico es notorio por su toxicidad en los hmanos, dosis considerables acumulativas pueden producir cancer de arsénico. La presencia de arsénico soluble excedido en aguas de riego reduce el rendimiento de cosechas. En grandes dosis - es letal para los animales, y vida acuática.

BARIO (Ba^{+2}).

ORIGEN: Proviene de las aguas residuales de la industria metalúrgica, cementera, cerámica y manufactura de vidrio.

EFFECTO: En alta concentración es fatal para el hombre, en irrigación es venenoso para muchas plantas, es fatal para cierto tipo de peces pasando la concentración de los límites establecidos, algunas de sus sales en exceso son tóxicas para la vida acuática.

BORO (B^{+3}).

ORIGEN: Está presente en la naturaleza como bórag, colenanita, en depósitos minerales y aguas naturales, proviene de los

desechos de metalurgia e instalaciones nucleares. En aguas residuales en la manufactura de vidrio, porcelana, cosméticos y productos fotográficos, etc.

EFEECTO: La ingestión de dosis excesivas de boratos puede causar náuseas, calambres, convulsiones, estados de coma, que pueden ser fatales; en altas concentraciones daña el producto de ciertas plantas como espárragos, dátiles, alfalfa, zanahorias y cebollas.

CADMIO (Cd^{+2}).

ORIGEN: está presente en aguas residuales de la industria metalúrgica, acabado de metales, aleaciones en acabado de metales, cerámica, pigmentación, productos fotográficos y reactores nucleares.

EFEECTO: La ingestión de una alta concentración es venenoso al hombre, produce enfermedades cardiovasculares, náuseas, vómitos y diarrea, inhibe la reproducción de moluscos y es tóxico a la vida acuática.

COBRE (Cu^{+2}).

ORIGEN: Proviene de aguas superficiales en pequeñas cantidades, su presencia es generalmente el resultado de contaminación debido a los desechos industriales, tales como plantas de textiles, pigmentos, teñidos, productos fotográficos, acabado de metales, insecticidas, fungicidas y de otros procesos industriales.

EFEECTO: En el hombre la ingestión de cantidades considerables causa gastroenteritis con náusea e irritación intestinal. En la industria de conservas alimenticias el cobre causa indeseables reacciones con color, formando sulfuros. En la indus-

tria lechera actúa como catalizador en la oxidación de las materias grasosas causando hidrólisis y produciendo sabores a pescado, trazas de cobre en el recubrimiento de metales afecta el brillo y dureza de los metales depositados. En fotografía se pierde visibilidad, acelera la corrosión en los metales galvanizados y cromados, la presencia del cobre en el agua deteriora el procesado de hule, afecta también en la industria lanera, es limitado en la industria alimenticia y de fermentación; la toxicidad del cobre en organismos acuáticos varía según las especies y características químicas y físicas del agua.

CROMO (Cr^{+6}).

ORIGEN: Presente en los desechos industriales de la curtición, en efluentes del recubrimiento de metales, anodizado, en desechos de fabricación de tintes, pinturas, cerámica, explosivos y papel.

EFEECTO: Actúa como un inhibidor de corrosión en sistemas de enfriamiento, produce efectos nocivos en intestinos, empujón estomacal, nefritis y náuseas. El cromo es tóxico en cualquier concentración en las plantas. La toxicidad en peces y otras vidas acuáticas varía con respecto a las especies, temperatura, pH y valencia del cromo.

MERCURIO (Hg^{+1}).

ORIGEN: Presente en aguas residuales en la manufactura de desinfectantes, manufactura de tintes, recubrimiento de metales, desechos químicos, en la metalurgia de plomo, y de explosivos.

EFEECTO: Altamente tóxico al hombre, afecta el sistema gástrico intestinal es un desbastador de la vida acuática como el fitoplancton, es más tóxico que el cobre, cromo, zinc, níquel y plomo.

PLOMO (Pb^{+2}).

ORIGEN: Aparece en aguas residuales de minería, aguas que se conducen por tuberías de plomo formando compuestos, efluentes de desechos industriales que manejan plomo.

EFEECTO: En el cuerpo humano actúa como un veneno acumulativo, los síntomas son constipación, anemia, pérdida de apetito, parálisis gradual, trazas de plomo en aguas industriales, causan pérdidas de brillos metálicos y afectan la dureza de depósitos en un recubrimiento de metales. En la agricultura, alta concentración de plomo puede ser tóxica a las plantas.

SELENIO (Se^{+4}).

ORIGEN: Se encuentra en las aguas residuales en la manufactura de metales ligeros (aleaciones), pigmentos en pinturas, tintes, en la fabricación de vidrio, celdas fotoeléctricas, aparatos eléctricos.

EFEECTO: Es altamente tóxico para el hombre, produce caries dental, los vegetales son dañados por el selenio de los suelos. Se absorbe y se concentra en yerbas y cereales hasta el punto en que puede causar envenenamiento o intoxicación al ingerirse estos productos contaminados.

ALUMINIO (Al^{+3}).

ORIGEN: Está presente en las aguas residuales de plantas de tratamiento de aguas, en la manufactura de aleaciones en metalurgia, en la fabricación de tintes, en operaciones de refinación y desinfección.

EFEECTO: En concentraciones considerables, causa problemas

en la industria de aguas minerales y en lavanderías, es limitado en la manufactura de varias plantas, ingerido en exceso interfiere en el metabolismo del fósforo causando síntomas secundarios de deficiencia de fósforo. La presencia de sales de aluminio en la alimentación bajan la toxicidad del fluoruro de calcio que ocurren en combinación con fosfatos naturales.

PIERRO (Fe^{+3}).

ORIGEN: Está presente en aguas superficiales que por deslaves de tierras y por la solubilidad de las sales de hierro se contaminan, proviene también de la industria minera, metalúrgica, cerámica, vidriera, etc., desechando principalmente sales de hierro.

EFEECTO: Concentraciones excesivas en el agua son perjudiciales en varias industrias tal como, de fermentación acabado de metales, alimenticia, fábricas de papel, azucarera, procesos de teñido, etc. Por lo cual es necesario limitar las concentraciones de iones hierro. La adición de sales de hierro solubles en el agua bajan el pH llegando a un nivel de toxicidad para la vida acuática. Estimula crecimiento de filiformes crenothrix y gallionella, obstruyendo el flujo en tuberías, y en plantas de tratamiento.

MAGNESIO (Mg^{+2}).

ORIGEN: Existe en la naturaleza formando sales que al ser muy solubles son arrastradas por aguas superficiales, se encuentra en los desechos de aguas que provienen de la industria metalúrgica y en la manufactura de aparatos ópticos y eléctricos.

EFEECTO: En altas concentraciones produce efectos cardiovasculares, incapacita al jabón a producir espuma, algunas sa--

les de magnesio son tóxicas para plantas agrícolas, en el cuerpo humano. dietas altas en magnesio y bajas en calcio pueden producir raquitismo, en la industria produce incrustaciones en equipo y tuberías.

ESTRONCIO (Sr^{+2}).

ORIGEN: Presenta en los desechos de plantas manufactureras de vidrios y efluentes de fábricas de aleaciones de estaño y plomo, en pirotecnia, en desechos de plantas refinadoras de azúcar, pinturas, cerámica y algunas medicinales.

EFEECTO: Causa irritaciones dérmicas tiene una tendencia acumulativa en estructuras óseas. Es fatal en algunas clases de vida acuática en concentraciones altas.

ZINC (Zn^{+2}).

ORIGEN: Proviene de aguas residuales de plantas galvanizadoras, fábricas de aleaciones, manufactura de tintes y desechos de procesos de tintes, está presente en los efluentes de plantas de pinturas, cosméticos, productos farmacéuticos e insecticidas, como sales de zinc.

En aguas potables proviene del deterioro de las tuberías de fierro galvanizado y del latón.

EFEECTO: Las sales de zinc producen en aguas alcalinas un sabor astringente desagradable y una opalescencia. A muy alta concentración produce efectos fisiológicos, tales como: náuseas y desmayos. Da una apariencia lechosa al agua, conteniendo zinc, no pueden ser usadas en la industria de bebidas gaseosas, de sabores cítricos, ya que formarían citrato de zinc o cualquier otro ácido orgánico que podría resultar venenoso., la deficiencia del zinc en los suelos afecta el crecimiento de las plantas, es altamente tóxico en organismos acuáticos, cuando se encuentra en concentraciones fuera de lo normal.

LITIO (Li^{+1}).

ORIGEN: Está presente en agua de desecho de industrias - metalúrgicas, aguas residuales en la industria del vidrio, en acumuladores, en baterías, y en la fabricación de medicinas.

EFEECTO: Afecta a los cítricos, produce envenenamiento en los hombres al ingerirse cantidades considerables. Afecta a los huevecillos y larvas de la vida acuática.

MOLIBDENO (Mo).

Origen: Presente en aguas residuales en la manufactura de aleaciones de acero e industria metalúrgica, eléctrica, fabricación de aparatos electrónicos, efluentes de la industria del vidrio, cerámica y producción de pigmentos.

EFEECTO: Afecta grandemente a los vegetales cuando se encuentra en concentraciones altas, en los animales produce anorexia, pérdida de peso y cólicos, en grandes dosis produce envenenamiento en el hombre.

NIQUEL (Ni).

ORIGEN: Presente en aguas residuales del recubrimiento de metales en forma de sales y desechos de plantas químicas.

EFEECTO: Su toxicidad en el hombre es muy baja, el níquel es extremadamente tóxico para los cítricos, es dañino en general para las demás plantas. Parece ser que el níquel es menos tóxico que el cobre, zinc y fierro para la vida acuática.

ESTAÑO (Sn).

ORIGEN: Se encuentra en aguas residuales de la siguientes industrias: fungicidas, insecticidas, estampado de telas, decorado de porcelana, trabajo de vidrio y en la manufactura - de pulidores.

EFEECTO: No es muy tóxico para los animales, limitando - sus concentraciones y produce envenenamiento sólo en grandes- cantidades, trazas de este elemento en el agua acelera el cre- cimiento de unos peces, aunque a más altas concentraciones da- ña la vida acuática.

ANTIMONIO (Sb^{+5}).

ORIGEN: Presente en aguas residuales de la industria tex- til, metalúrgica, de tintes, pinturas, en la manufactura de go- mas, cerámica y vidrio.

EFEECTO: Es muy tóxico en el hombre, con síntomas similares al envenenamiento por arsénico, produce anomalías cardiovascu- lares, erupciones en la piel, pulmonía, daña órganos internos humanos, produce debilidad y muerte, daña la vida acuática en altas concentraciones.

BERILIO (Be^{+2}).

ORIGEN: Proviene de aguas residuales metalúrgicas, y en la fabricación de aleaciones especiales, en la manufactura de tubos de difracción de rayos X y electrodos para anuncios de - neón y en la fabricación de reactores nucleares.

EFEECTO: Nocivo al sistema respiratorio produce intoxica- ción en hombres y animales, altamente tóxico en plantas a con- centraciones elevadas, retarda el crecimiento de ciertas plan- tas.

COBALTO (Co).

ORIGEN: Se encuentra en aguas residuales provenientes de la manufactura de aleaciones, tecnología nuclear, pigmentos e industria de vidrio.

EFEECTO: Es baja su toxicidad en el hombre, produce náuseas, vómitos, irritaciones intestinales y respiratorias, afecta el contenido de hemoglobina en la sangre, todo esto a altas concentraciones; afecta considerablemente las plantas principalmente, azúcar, y tomate.

PLATA (Ag^{+1}).

ORIGEN: Efluentes de acabado de metales, fotogratinado, — manufactura de tinta, coloreado de porcelana, trazas de plata pueden esperarse en desechos naturales.

EFEECTO: No tiene acciones tóxicas en los humanos, solamente a una concentración extremadamente alta, tiene como antiséptico varios usos, no interfiere con el sabor del agua, la administración crónica produce "argiria".

VANADIO (Va^{+5}).

ORIGEN: Presente en aguas residuales que provienen de metalurgia, manufactura de vidrio, fotografía, como fijador de tintas e impresos.

EFEECTO: La ingestión de cantidades considerables inhiben la síntesis del colesterol y acelera su metabolismo, reduce la incidencia de caries dental, pequeñas dosis incrementa el crecimiento de plantas.

CALCIO (Ca^{+2}).

ORIGEN: Proviene de las aguas residuales de muchas industrias, también de aguas superficiales que por deslave de suelos solubilizan las sales de calcio.

EFEECTO: Excesivas concentraciones de calcio en agua ingerida afecta a los riñones y vejiga, formándose algunas piedreci-

llas o "cálculos", aunque es también evidente los efectos adversos por una insuficiencia de calcio en el agua, ya que produce raquitismo, en fotografía afecta grandemente ya que causa la precipitación de sulfato de calcio, en fermentación puede causar la precipitación de fosfato de calcio interfiriendo el proceso, y en la industria en general causa incrustaciones y otros efectos indeseables, como reacciones con soluciones alcalinas formando grumos especialmente en operaciones de lavado usando jabón, interfiere con la formación de emulsiones donde el calcio tiende a romperlas, interfiere en el proceso de otros coloides, causa dificultades en el acabado de metales, por otro lado el calcio tiende a inhibir la corrosión de fierro, acero, y reduce la toxicidad de otros compuestos químicos.

MANGANESO

ORIGEN: Está presente en aguas residuales en la manufactura de vidrios y cerámicas, pinturas y barnices, en tintes, en la fabricación de fósforos y fuegos artificiales.

EFEECTO: Dietas deficientes en manganeso causan un crecimiento anormal, síntomas de alteraciones en el sistema nervioso, anemia y posible interferencia a las funciones reproductoras, causa desagradables sabores de aguas domésticas, aumenta el crecimiento de algunos microorganismos en depósitos, filtros y sistemas de distribución, imparte un sabor metálico al agua, es indeseable en exceso para muchas industrias incluyendo la textil, procesamiento de alimentos, tintes, destilación y fermentación y en la industria papelera.

SILICIO.

ORIGEN: Está presente en la naturaleza como arena o cuarzo y silicato en feldespatos, caolinitas y otros minerales, ----- aunque es insoluble en agua puede estar en aguas naturales fina-

mente dividido o como materia coloidal suspendida. Se encuentra en aguas residuales de la industria metalúrgica, vidriera, cerámica, manufactura de abrasivos y producción petrolera.

EFEECTO: En concentraciones grandes puede causar dificultades elevando la turbiedad, su presencia es limitada en aguas de proceso de muchas industrias, es indeseables en aguas de alimentación a calderas porque se deposita en tuberías, la abundancia de sílice en el agua favorece el crecimiento de algas diatomeas "asterionella", y posiblemente otras algas.

CLORUROS.

ORIGEN: Son encontrados generalmente en todas las aguas naturales, que pueden ser de origen mineral o derivados de: contaminación de aguas de mar provenientes del subsuelo, de aguas regadas sobre campos para propósitos agrícolas, de desechos animales y humanos, o de efluentes industriales tal como fábricas de papel, plantas de galvanizado, plantas de aguas suavizadas y refinerías de petróleo.

EFEECTO: Los cloruros pueden ser dañinos para algunos pacientes enfermos del corazón o del riñón, en la industria tiene efectos adversos sobre la velocidad de corrosión del acero y aluminio y es dañino en industrias de bebidas carbonatadas, lecherías, empackado y enlatado en carnes, pulpa y papel, manufactura del acero, azucarera y textil, en agricultura generalmente es más nocivo que los sulfatos para algunas plantas tales como; limoneros, alfalfa, árboles frutales, etc.

BROMO

ORIGEN: Proviene de los desechos industriales en la fabricación de productos medicinales, tientes y antidetonantes para motores de gasolina.

EFEECTO: Por su carácter antiséptico y desinfectante destruye bacterias e interfiere con otros procesos naturales de purificación y tratamiento biológicos de aguas residuales.

YODO

ORIGEN: Se encuentra en aguas residuales de la industria medicinal, en la fabricación de germicidas y química analítica en la manufactura de ioduros y iodatos.

EFEECTO: Solamente en grandes dosis es tóxico y también en estado radioactivo, en pequeñas cantidades es un buen desinfectante.

FLUORUROS

ORIGEN: Proviene de las aguas residuales de la industria de insecticidas, desinfección de aparatos de uso en fermentación, manufactura de vidrios, cerámicas, esmaltes y en industria química.

EFEECTO: En cantidades excesivas es tóxico para el hombre. En dosis altas presenta diversos síntomas, daña el esqueleto, propicia la fluorosis endémica que es acumulativa. En la industria una concentración excesiva es dañina tal como la alimenticia, la de fermentación, donde inhibe la actividad de la levadura, afecta también en la industria farmacéutica. Acelera la velocidad de corrosión en equipo hecho de acero, cobre y plomo. En altas concentraciones afecta algunas plantas: frijol, tomate, etc., ataca directamente a las larvas y huevecillos de peces.

CIANUROS

ORIGEN: En aguas de desecho que provienen de la industria de acero, fabricas de coke, del limpiado de metales, procesos

de acabado de metales y de la industria química.

EFFECTO: Respiración celular; por ionización de la misma produce envenenamiento y muerte en mamíferos, su ingestión -- excedida del límite propicia la poliomielitis y la pelagra en los humanos, su toxicidad en la vida acuática depende de los factores pH, temperatura, oxígeno disuelto, etc.

FENOLES.

ORIGEN: Presentes en las aguas de desecho de la industria de acero. De la manufactura de resinas sintéticas y farmacéu-- tica.

EFFECTO: A cualquier concentración la ingestión causa irri-- tación renal, choques y posible muerte por lo tanto es altamen-- te tóxico afecta grandemente a la industria alimenticia y de -- bebidas, tiene acción tóxica sobre vida acuática.

CARBONATOS.

ORIGEN: Proviene de aguas naturales y aguas contaminadas. La presencia de carbonatos en el agua son función de la tempe-- ratura, pH, cationes y otras sales disueltas.

EFFECTO: Una concentración excesiva de carbonatos interfiere en la industria de fermentación, preparación de bebidas, en fábricas de hielo y con aguas para uso de calderas ya que forman precipitados insolubles, indeseables en equipo y proceso. Por su efecto sobre pH, altera la vida acuática.

BICARBONATOS.

ORIGEN: Proviene de bicarbonatos añadidos al agua o debido a la absorción de CO_2 del aire y la descomposición de materia orgánica.

EFEECTO: Es indeseable su presencia en la industria textil interfiriendo el proceso por la formación de precipitados, causa la hinchazón de cueros en tenerías, perjudicial en la azucarera, alfarerías y altamente dañino en calderas, dañan los cultivos; manzanas y peras, porque precipitan como carbonato de calcio afectando el equilibrio natural del sodio.

DETERGENTES

ORIGEN: Desechos de fábricas de jabones y detergentes, - aguas que provengan del lavado de plantas industriales y desechos en aguas municipales.

EFEECTO: transportadores de bacterias, virus y otros contaminantes biológicos como organismos coliformes. Producen sabores y olores, causa grandes trastornos en la vida acuática y - vegetal por la producción de espumas.

GRASAS Y ACEITES

ORIGEN: Está presente en los desechos de la industria alimenticia, en las de producción de grasas, aguas residuales de mataderos, refinerías, procesado de algodón, textil y lechera.

EFEECTO: Altamente téxico para la vida marina ya que produce sofocación, destruyen algas, plancton. Una película de - aceite puede interferir en la aireación.

PLAGUICIDAS ALDRIN

ORIGEN: Proviene de la elaboración de insecticidas, es decir de las aguas de desecho de la industria de insecticidas, de la irrigación de campos que fueron tratados con exceso.

EFEECTO: Produce efectos agudos y crónicos por todas las - vías de administración, son fatales ya que son absorbidas por-

todo tipo de legumbre, retarda el crecimiento de aves de corral y es mortal a los insectos, altamente tóxico para la vida acuática.

D.D.T. (Dieloro difenil tricloro etano).

ORIGEN: Proviene de las aguas residuales de la industria de insecticidas, incluyendo el lavado de paredes que fueron anteriormente fumigadas con D.D.T.

EFEECTO: Produce una sensación de quemado o hinchazón en la lengua, labios y parte de la cara, también produce convulsiones. Da olor y sabor desagradable. Afecta grandemente a la vida marina, en cualquier concentración.

DIELDRIN, ENDRIN, HEPTACLORO EPOXICO, LINDANO, METOXICLORO, TOXAFENO; FOSFATOS ORGANICOS CON CARBAMATOS.

ORIGEN: Están presentes en aguas residuales de la industria de insecticidas y herbicidas, y en las corrientes de aguas que arrastran un campo agrícola que ha sido fumigado en exceso con ellos.

Son comunmente fatales para el hombre y animales, producen sabores y olores desagradables, algunos son absorbidos por legumbres lo cual es peligroso por la contaminación de éstas. Generalmente en concentraciones excedidas afectan la vida acuática.

HERBICIDAS.

ORIGEN: Iguales características que los anteriores.

EFEECTO: Iguales características que los anteriores.

RADIOACTIVIDAD. Partículas B (Beta) radio 226 estroncio 90.

ORIGEN: Las partículas que se han vuelto radioactivas por el bombardeo de neutrones o por absorción de productos de fisión en una explosión nuclear que son transportadas o distribuidas por las corrientes de aire, la nieve ó la lluvia aceleran su caída; algunos isótopos radioactivos son solubles, pero otros sedimentan en el fondo del agua, donde por envejecimiento se reduce su actividad, de ahí la contaminación de las ---- aguas. También están presentes en aguas residuales de operaciones de reactores nucleares bajo niveles de radiactividad, ---- laboratorios de investigación y hospitales que empleen radio-- isótopos; lavanderías que deriven a dicho laboratorio, hospitales y reactores para lavado de equipo, ropas etc.

EFECTO: Son dañinos para la vida animal y vegetal, ya que no pueden ser destruidas por la acción humana, solo disminuye su peligrosidad con el tiempo, que puede ser de minutos a miles de años, afectando la genética, células, sistemas de reproducción animal y vegetal provocando mutaciones. En el caso del estroncio 90 que además es acumulativo en los huesos de humanos y animales que consumen alimentos contaminados como pueden ser los peces, algas y otros organismos acuáticos.

BIOLOGICOS. Virus

ORIGEN: Están presentes en aguas negras y se originan en las excreciones producidas por las heces de seres infectados. Están presentes también en alimentos.

EFECTO: Son causantes de grandes trastornos en el hombre y animales tales como; la gripe, fiebres, vómitos y somnolencias causadas por el virus L. Choriomeningitis, y existen otros tipos de virus desconocidos que ocasionan pérdidas de apetito, fatigas, náuseas, e infecciones hepáticas.

BACTERIAS.

ORIGEN: Las bacterias están distribuidas en la naturaleza en forma profusa y el agua puede contener muchos tipos de bacterias saprófitas que arrastran del suelo. Su origen principal es intestinal humano o animal también proviene de colonias ya establecidas, de aquí que las principales fuentes de infección son las aguas negras y de desecho. Están presentes en las verduras y vegetales, o frutas, las cuales han sido contaminadas por aguas de riego.

EFEECTO: Tiene grandes efectos sobre los humanos y animales. Todos los animales de sangre caliente albergan en su tracto intestinal bacterias de varios tipos, entre ellas las coliformes, la presencia de bacterias tal como la clostridium causa irritación intestinal, diarreas, constipaciones, etc. Otras bacterias de la clase salmonella causan vómitos, diarreas, y algunas otras pueden causar enfermedades sumamente graves como el cólera, fiebre tifoidea, disentería, etc.

HONGOS.

ORIGEN: Se originan por excrementos, aguas residuales de municipios, lodos de agua negras, frutas y vegetales contaminados por moscas y otros insectos.

EFEECTO: Aumenta el número de distintas formas de diseminación de las enfermedades que atacan a los intestinos y aumentan el número de infecciones en el hombre y animales.

PROTOZOARIOS.

ORIGEN: Se originan por quistes excretados por los porta

dores de ellos, sistemas domésticos de drenaje, por conexiones de agua potable cruzadas con suministros ya contaminados. Están presentes en alimentos, frutas, verduras ya contaminados.

EFEECTO: Producen alteraciones en la piel, dañan el sistema digestivo, también producen otro tipo de enfermedades como es el caso de la endamoeba histolytica que produce, diarrea, constipación, pérdida de apetito, etc., síntomas que corresponden a una amibiasis.

HELMINTOS

ORIGEN: Están presentes en toda clase de alimentos que provienen de carnes de puerco, vacas, fruta y verduras que están contaminadas, se originan en los desechos de portadores humanos o animales y por deficiencias en los sistemas de desechos de aguas negras.

EFEECTO: Producen infecciones intestinales en el hombre.

La trichinella produce náuseas, vómitos, diarreas, dolores musculares, etc. Entre otros helmintos tenemos la tenia solium que producen dolores intestinales diarreas, etc., otro ejemplo es la ascaris lumbricoides, que produce también serias enfermedades.

Al ver la infinidad de males que puede traer la contaminación del agua a los seres vivos, surge la pregunta sobre la gravedad del problema, hay varios criterios con respecto a esta pregunta, pero cabe señalar que es un problema mundial que está siendo atacado vehementemente en todos aquellos países en los que su estructura socioeconómica lo amerita, y que grandes capitales y esfuerzos humanos se suman para detener la incalculable pérdida que significa la deterioración de

las aguas.

El objetivo primordial, se basa en hacer un estudio y señalar las posibles alternativas para solucionar la contaminación - en las aguas provocada por la industria de la curtiduría en el país.

Como objetivos paralelos a la solución del problema antes mencionado, se intenta realizar un estudio sobre la industria en sí misma, y describir los tipos de tratamiento que a nuestro juicio, son los mas adaptables en el país, a este tipo de contaminación.

Cap. I

La industria de la curtiduría en México.

Dicha industria aparece en el país en muy remotos tiempos, desde que los antiguos mexicanos curtían las pieles necesarias para su indumentaria y artículos afines a su vida diaria, es de hacerse notar que los datos necesarios para poder afirmar la importancia de esta industria en el país se encuentra únicamente en esta época, debido al esfuerzo de la sociedad por conocer los recursos industriales de un país en pleno desarrollo.

[Como principal objetivo de la industria, se convierte la piel de algunas especies animales, tales como ganado vacuno, ovino, caprino, en artículos provechosos para la sociedad.]

Los datos mas recientes en cuanto a la producción de pieles curtidas en la República, reportados por las tres cámaras de la industria son las siguientes: Cámara Nacional de la Industria de la Curtiduría 4 736 000, Cámara de Industria de Curtiduría del Estado de Guanajuato 1 907 000 y Cámara Regional de la Industria de Curtiduría en Jalisco 1 209 000, cabe hacer notar que no todas las industrias se encuentran registradas en dichas cámaras, estimándose que el 20% del total se encuentran en este caso.

Para poder cubrir la demanda de producción la industria de la curtiduría se ve en la necesidad de importar cueros crudos como se especifica en las tablas No. 1 y No. 2.

Las principales características de la industria se encuentran en la tabla No. 3.

La tabla No. 4 nos indica, la exportación de pieles curtidas en México.

Analizando los datos que se encuentran en las tablas citadas se observa la importancia que representa la industria en el país.

TABLA No. 1

PRODUCCION E IMPORTACION DE CUEROS CRUDOS.

(MILES DE PIELES).

| | <u>PRODUCCION NACIONAL</u> | <u>IMPORTACION</u> | <u>CONSUMO APARENTE</u> |
|----------------|--------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| <u>BOVINO</u> | | | |
| 1968 | 2,176 | 1,890 | 4,066 |
| 1969 | 2,230 | 2,103 | 4,333 |
| 1970 | 2,286 | 2,827 | 5,113 |
| 1971 | 2,394 | 2,676 | 5,070 |
| 1972 | 2,982 | 1,845 | 4,827 |
| 1973 | 3,057 | 2,087 | 5,144 |
| <u>OVINO</u> | | | |
| 1968 | 889 | 76 | 965 |
| 1969 | 896 | 93 | 989 |
| 1970 | 871 | 143 | 1,014 |
| 1971 | 856 | 185 | 1,041 |
| 1972 | 1,099 | 226 | 1,325 |
| 1973 | 1,143 | 241 | 1,384 |
| <u>CAPRINO</u> | | | |
| 1968 | 627 | 190 | 817 |
| 1969 | 724 | 110 | 834 |
| 1970 | 694 | 158 | 852 |
| 1971 | 725 | 173 | 898 |
| 1972 | 987 | 362 | 1,349 |
| 1973 | 1,026 | 389 | 1,415 |

Fuente: Cámara Nacional de la Industria de Curtiduría.

TABLA No. 2

IMPORTACION DE PIELLES (1971).

| | Kg. bruto | Valor en pesos | País |
|---|------------|----------------|--------------|
| De caprimo frescos cuando pesan más de 300g. | 148,521 | 1,031,010 | EEUU. |
| De caprimos secos cuando pesan hasta de 300g. | 17,507 | 54,201 | EEUU. |
| De caprimos secos cuando pesan más de 300g. | 107,764 | 628,219 | EEUU. |
| De ovinos frescos. | 178,428 | 1,536,171 | EEUU. |
| De ovinos secos. | 168,868 | 691,688 | EEUU. |
| De vacuno frescos. | 102,038 | 569,360 | Birmania |
| | 48,537 | 269,666 | Canada |
| | 55,096,852 | 226,991,945 | EEUU. |
| | 4,854 | 24,614 | Honduras |
| | 58,421 | 600,000 | Nva Zelandia |
| De vacuno secas. | 4 | 20 | EEUU. |
| De becerro con peso hasta de 7 Kg. | 111,449 | 1,213,408 | EEUU. |

Fuente: Anuario Estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos.

Mexicanos. 1971.

SIC. Dirección General de Estadística

México 1972

TABLA No. 3
PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS POR ENTIDADES FEDERATIVAS.

| Número de establecimientos considerados | Personal ocupado Total - (Promedio) | Remuneraciones totales al personal ocupado | Capital | Inver- | Activos | Produc- | Materias | Otros | Valor | |
|---|-------------------------------------|--|--------------------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| | | | Inver- | sión-- | Fijos | ción -- | Primas | Insu- | Agrega- | |
| | | | tido | Bruta | Brutos | Bruta | Auxilia- | mos | do | |
| | | | Neto | Total | | Total | res con- | | Censal | |
| | | | al 31 de diciembre | | | | sumidas | | Bruto. | |
| M I L L A R E S D E P E S O S | | | | | | | | | | |
| 2911 Curtido y acabado de cuero y piel | 531 | 7,431 | 124,216 | 620,898 | 44,092 | 234,198 | 879,012 | 483,131 | 101,802 | 294,079 |
| Baja California | 3 | 154 | 6,042 | 9,096 | 94 | 2,131 | 29,942 | 13,167 | 2,603 | 14,172 |
| Colima | 7 | 12 | 25 | 107 | 16 | 60 | 211 | 98 | 2 | 111 |
| Chiapas | 3 | 3 | | 12 | | 10 | 31 | 11 | | 20 |
| Distrito Federal | 90 | 2,430 | 53,591 | 233,203 | 9,777 | 72,081 | 331,912 | 167,661 | 43,280 | 120,971 |
| Guanajuato | 163 | 2,067 | 24,088 | 184,646 | 14,659 | 64,659 | 211,090 | 120,936 | 25,684 | 64,470 |
| Guerrero | 8 | 28 | 122 | 420 | 16 | 281 | 916 | 571 | 6 | 339 |
| Jalisco | 91 | 1,163 | 17,184 | 84,431 | 8,277 | 41,361 | 142,355 | 83,967 | 16,083 | 42,305 |
| México | 17 | 283 | 3,212 | 12,354 | 2,222 | 7,710 | 17,877 | 8,631 | 2,706 | 6,540 |
| Michoacán | 21 | 63 | 343 | 1,439 | 15 | 614 | 2,542 | 1,549 | 92 | 901 |
| Morelos | 3 | 4 | 9 | 17 | | 12 | 78 | 44 | | 34 |
| Nayarit | 8 | 23 | 115 | 452 | 22 | 306 | 769 | 443 | 32 | 294 |
| Nuevo León | 7 | 476 | 9,743 | 44,637 | 6,292 | 26,475 | 67,115 | 42,729 | 2,500 | 21,806 |
| Oaxaca | 21 | 79 | 366 | 625 | 65 | 393 | 1,765 | 915 | 62 | 788 |
| Puebla | 19 | 148 | 2,130 | 7,803 | 78 | 2,474 | 11,873 | 6,592 | 928 | 4,353 |
| S. Luis Potosí | 7 | 12 | 30 | 83 | 5 | 67 | 151 | 64 | 4 | 83 |
| Sinaloa | 13 | 128 | 2,079 | 14,473 | 495 | 3,786 | 18,620 | 10,468 | 2,467 | 5,685 |
| Sonora | 4 | 8 | 37 | 74 | 12 | 59 | 236 | 120 | 6 | 110 |
| Tampulipas | 3 | 5 | | 8 | 1 | 8 | 27 | 15 | | 12 |
| Veracruz | 21 | 192 | 2,657 | 14,903 | 2,739 | 7,571 | 21,144 | 13,280 | 3,073 | 4,791 |
| Yucatán | 10 | 59 | 493 | 1,541 | 91 | 1,292 | 2,445 | 1,235 | 112 | 1,098 |
| Zacatecas | 4 | 8 | 29 | 68 | | 28 | 172 | 87 | 14 | 71 |
| Camp. Hgo. y Tab. | 5 | 15 | 101 | 283 | 11 | 105 | 972 | 596 | 31 | 345 |
| Coah. y Chih. | 3 | 71 | 1,820 | 10,223 | 591 | 2,715 | 16,769 | 9,952 | 2,037 | 4,780 |

TABLA No. 4

EXPORTACION DE PIELES.

Pieles curtidas de ganado ovino y caprino.

| Kg. bruto | Valor en pesos | País |
|-----------|----------------|------------------|
| 1,220 | 109,853 | Costa Rica. |
| 2,434 | 36, 250 | España |
| 14,802 | 2,274,953 | Estados Unidos |
| 358 | 29,765 | Guatemala |
| 50 | 663 | Honduras |
| 56,131 | 10,081,853 | Italia. |
| <u>80</u> | <u>14,990</u> | <u>Venezuela</u> |
| 75,075 | 12,548,327 | T o t a l |

Pieles curtidas de ganado vacuno.

| Kg. bruto | Valor en pesos | País |
|------------|----------------|------------------|
| 40 | 3,200 | Canadá |
| 2,200 | 638,695 | Estados Unidos |
| 13 | 6,000 | Francia. |
| 1,823 | 110,047 | Guatemala. |
| 355 | 101,250 | Japón |
| <u>144</u> | <u>43,135</u> | <u>Venezuela</u> |
| 4,575 | 902,327 | T o t a l |

Fuente: Anuario Estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos. 1971

SIC. Dirección General de Estadística

México 1972

Cap. II.

Procesos utilizados en la industria de la curtiduría.

Esta industria ofrece importantes variables del proceso; la de curtir las pieles a base de sales crómicas y el método de curtido mediante agentes vegetales (taninos), los cuales a su vez ocupan varias operaciones que se describen a continuación.

✓ Curtido a base de sales de cromo.

La vía más frecuente de acceso de materia prima son los rastros y empacadoras de carne en donde las pieles se preparan en una solución de salmuera para su conservación, al llegar a la planta de procesamiento se llevan a cabo las siguientes -- operaciones:

✓ 1.- Remojo y lavado.

Con esta operación se logran los objetivos de reblandecer las pieles, de desechar las sustancias no fibrosas tales como grasas, sangre etc., para tal efecto se utiliza equipo consistente en aspas giratorias de madera denominados paletos ó simples tanques de remojo.

✓ II.- Depilado.

Esta operación puede llevarse a cabo de dos formas; por un proceso mecánico ó por un proceso químico.

El proceso mecánico consiste en un aflojamiento de pelo en la piel mediante un encalado en el que la piel se hincha reblandiendo la estructura fibrosa, y posteriormente se efectúa un estiramiento que deja libre al pelo, de aquí la piel es tratada en máquinas depiladoras que eliminan la mayor parte del pelo.

En el método químico se someten las pieles a un encalado y un tratamiento con solución concentrada de Na_2S , de esta forma el pelo queda disuelto por completo.

✓ III.- Descarnado.

Esta operación, según el proceso de cada planta, antecede a la operación del desencalado o se realiza a con---

tinuación de la misma. Consiste en la separación del tejido grueso suelto, en algunos casos en la separación de algunos restos de músculo, Regularmente se hace utilizando una máquina que cuenta con dos rodillos, uno de metal y otro de hule y la separación se hace cuando se aplica presión de los rodillos sobre la piel y se transporta a través de un cilindro revolvedor equipado con cuchillas en espiral. En plantas cuya tecnología en esta operación es antigua, se hace manualmente. Esta operación permite que los productos químicos para el curtido tengan una mejor penetración. -- Los desperdicios del descarnado se utilizan como materia prima para la fabricación de pegamentos y colas.

IV.- Dividido.

Esta operación se lleva a cabo en máquinas provistas de cuchillas, en donde la piel es cortada al espesor deseado, según el uso que se le vaya a destinar.

La textura deseada se logra mediante el desencañonado de la piel, el cual se efectúa en una máquina especial de cuchillas -- muy afiladas que, sobre un tambor giratorio, enrasan la piel eliminando las desigualdades en el espesor.

V.- Desencalsado.

El principal objetivo de esta operación es la neutralización de la alcalinidad de la piel, utilizando compuestos amortiguadores a base de amonio; además es importante porque permite un fácil manejo de la piel.

VI.- Lavado y rendido.

Mediante el lavado y rendido que es a base de sales de amonio, agua y enzimas, se diluye la alcalinidad para reducir el potencial hidrógeno (pH). Además, se eliminan los productos de --- descomposición al quitar proteínas, lo que al mismo tiempo hace a la piel más suave, resbalosa y le reduce las arrugas. El remojo se hace con agua a temperatura ambiente y después se hace nuevamente el lavado.

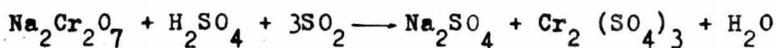
VII.- Lavado ácido.

La función del lavado ácido es la de completar el desencalado de las pieles, dándole la característica de preservación, ya que el material así dispuesto puede durar mucho más tiempo sin descomposición. Previenen la precipitación de las sales de cromo insoluble en la fibra del cuero durante el curtido. Los reactivos típicos usados en las tinajas de lavado son ácido sulfúrico (H_2SO_4) y la sal, ($NaCl$) combinándolas según el tipo y clase de acabado que se le quiere dar a la piel. La sal sirve en este caso para suprimir la hinchazón que el ácido provoca. Todas las pieles que se curten con sales que tienen como base el cromo, se deben someter a esta operación. En la práctica se ha visto que esta operación se efectúa junto con el lavado y rendido, técnica utilizada por la mayoría de los curtidores en la República Mexicana.

VIII.- Curtido.

En el curtido más común de pieles y cueros se utilizan sales de cromo, con la ventaja de que se reduce considerablemente el tiempo de curtido y se producen cueros con más resistencia al calor y a la abrasión, empleándose dos procedimientos; el primero se conoce como curtido de dos baños, se añade a la piel dicromato de sodio acidificado con ácido sulfúrico ($Na_2Cr_2O_7 + H_2SO_4$) en un baño, seguido de la inmersión en un segundo baño conteniendo tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$), el cual actúa como reductor para la obtención de las sales trivalentes de cromo (Cr^{+3}), las cuales logran el curtido al accionar sobre las proteínas de la piel y posteriormente son neutralizadas para obtener el sulfato crómico básico ($Cr(H_2O)_5(OH)SO_4$). En el procedimiento de un solo baño, que es el más empleado hoy en día, se realiza la reducción con dióxido de azufre (SO_2) en el baño antes de introducir en él la piel.

Las reacciones que se llevan a cabo en este proceso son:



Neutralización:



El curtido en tinajas es especialmente usado en el procedimiento de dos baños para el curtido de pieles de cabra y cabrito aunque no necesariamente, ya que también se puede realizar en tambores, y el curtido en tambor se usa principalmente para curtir pieles de ganado vacuno, utilizando el método de un solo baño.

IX.- Recurtido.

Esta operación puede o no requerirse y se efectúa mediante el uso de agentes curtientes vegetales y proporciona a las pieles una calidad superior con mucha mayor resistencia al calor y a la abrasión.

X.- Cortado.

Esta operación se lleva a cabo en mesas en donde se procesa la piel según los requerimientos de la demanda; al mismo tiempo se cortan las partes irregulares que no son utilizables.

XI.- Desmanchado.

El objetivo de esta operación es eliminar las manchas obscuras de la piel, dándole un color más tenue y uniforme, lográndose esto por la adición de productos químicos o curtientes sintéticos a las caras de la piel, o bien por la selección de la técnica de curtido, según los propósitos deseados, en nuestro país es raramente usada esta operación.

XII.- Coloreado.

El teñido o coloreado de una piel, se lleva a cabo por medio de tinturas básicas, ácidas o directas, aunque algunas veces su color se derive fundamentalmente del proceso seguido durante el curtido, como por ejemplo, el color canela natural del curtido vegetal.

XIII.- Engrasado.

El objetivo del engrasado es hacer más suave, flexible, -- fuerte y resistente a la piel, mediante la adición de aceites -- animales, algunos aceites minerales y algunos vegetales, en -- una emulsión formada con una mezcla del aceite bruto y un jabón o aceite sulfatado. Regularmente se realiza en conjunto con la -- operación anterior, porque en la experiencia de los técnicos --- curtidores ha dado mejores resultados.

XIV.- Secado.

Los métodos comunes para el secado de las pieles curtidas -- son:

a).- Secado con pasta.- En este método, se cubre la piel húmeda con pasta de almidón por el lado del poro, se extiende la piel y se alisa sobre placas de vidrio, con el lado del poro hacia abajo, haciéndola pasar por un secador donde circula aire regulado. En una variante de este método, se empasta la piel por el lado de la carne, extendiéndola por esta cara sobre la placa de vidrio.

b).- Secado sin pasta.- Las pieles húmedas, principalmente las usadas para cueros ligeros, se extienden sobre bastidores -- metálicos perforados, sujetadas por medio de pinzas metálicas. A continuación los bastidores se introducen a un tunel secador -- donde se hace circular grandes volúmenes de aire, esta técnica -- es una de las más utilizadas. Todavía en muchas de las tenerías de la República Mexicana, el secado se hace al natural, exponiendo las pieles al sol ya sea clavadas sobre tablas o simplemente extendidas.

XV.- Almacenado.

Las pieles una vez curtidas, se clasifican según su calidad y uso al que se van a destinar. Las pieles ligeras que se venden por decímetros cuadrados, se hacen pasar por una máquina que mide el área de la piel y la registra en un cuadrante, cuando la piel se destina para la manufactura de suelas, o uso pesado, regularmente se expende en base a su peso.

Posteriormente las pieles ya clasificadas, se empaacan en diferentes formas, de acuerdo al uso que se les vaya a destinar.

El diagrama de bloques que se presenta en la figura I corresponde a las operaciones anteriormente descritas.

✓ CURTIDO MEDIANTE AGENTES VEGETALES.

El proceso de curtido mediante agentes vegetales es muy semejante al curtido con sales de cromo, por lo que se mencionan únicamente las variaciones en las operaciones de curtido, recurtido, secado y lavado ácido.

✓ I.- Lavado ácido.

Su propósito es semejante al aplicado para el curtido al cromo, variando únicamente el uso del ácido sulfúrico a ácido clorhídrico, obteniéndose el mismo resultado sobre la piel ya señalado anteriormente.

✓ II.- Curtido.

El curtido vegetal se usa para la producción de suela, cuero para bandas o pieles de tapicería, aunque también se utiliza para hacer cuero con pieles de avestruz, cocodrilo, serpiente, tiburón, etc.

El curtido de pieles se efectúa mediante una mezcla de materias curtientes vegetales (que esencialmente actúan por el contenido de ácido tánico), Las cuales pueden ser extractos de quebracho, cascalote, encino, acacia, castaño y eucalipto, que forman la mayor parte de las mezclas curtientes usadas; las de uso más común son las dos primeras.

Las pieles se curten mediante la inmersión en soluciones de curtido que aumentan en concentración, en pureza y en acidez mientras que el material curtiente penetra las las pieles, por lo que el proceso es lento para evitar así la obstrucción del curtido en la superficie y el insuficiente curtido de la fibra del centro. Cuando las pieles han sido penetradas por el material curtiente, el curtido se completa manteniéndolas durante algún tiempo en -- soluciones más concentradas, según el procedimiento de cada fabricante.

Son muchos los métodos que se han investigado para la reducción en tiempo de curtido vegetal, entre ellos se cuentan el curtido previo, diversos sistemas de agitación y soluciones más -- concentradas, siendo el curtido previo el que más éxito ha tenido. Sin embargo, las técnicas para facilitar el curtido se han -- usado más para la obtención de pieles ligeras que para los cueros destinados para usos industriales.

III.- Recurtido.

Esta operación se ha introducido recientemente después del conocimiento de que un curtido vegetal, seguido del recurtido al cromo proporciona al cuero una calidad superior y mayor resistencia que no se obtiene por ninguno de los dos procedimientos de -- curtido aislado.

IV.- Secado.

Las pieles curtidas con materias vegetales exigen de mucho cuidado para secarlas, pues de lo contrario pueden sufrir alteraciones en el color. En general se secan por los mismos procedimientos que las pieles curtidas al cromo. El cuero para suelas, característico del curtido vegetal, seca en grandes salas fuera de la acción directa de la luz solar, usando solo un calentamiento moderado con aire de recirculación.

El diagrama de la fig. No. 2 complementa el proceso de curtido mediante agentes vegetales.

Existen otros procedimientos de curtido, los cuales tienen usos especiales y que no representan el gran uso que tienen el curtido al cromo y el curtido vegetal, siendo uno de ellos, el -- curtido al zirconio, usado especialmente para la obtención de --- cueros blancos. Para producir pieles de gamuza y cueros para hacer prendas de vestir, se emplean aceites oxidables, como el aceite de bacalao. El curtido con formaldehído se usa en combinación con el alumbre para obtener cueros blancos y al pastel, especialmente cueros para pelotas. El curtido mineral modificado con urea -- melamina y estireno, más anhídrido-maléico es utilizado en algunas ocasiones para producir pieles para guantes y prendas de vestir.

FIG. No. 1

A.- CURTIDO A BASE DE SALES DE CROMO.

Diagrama del proceso

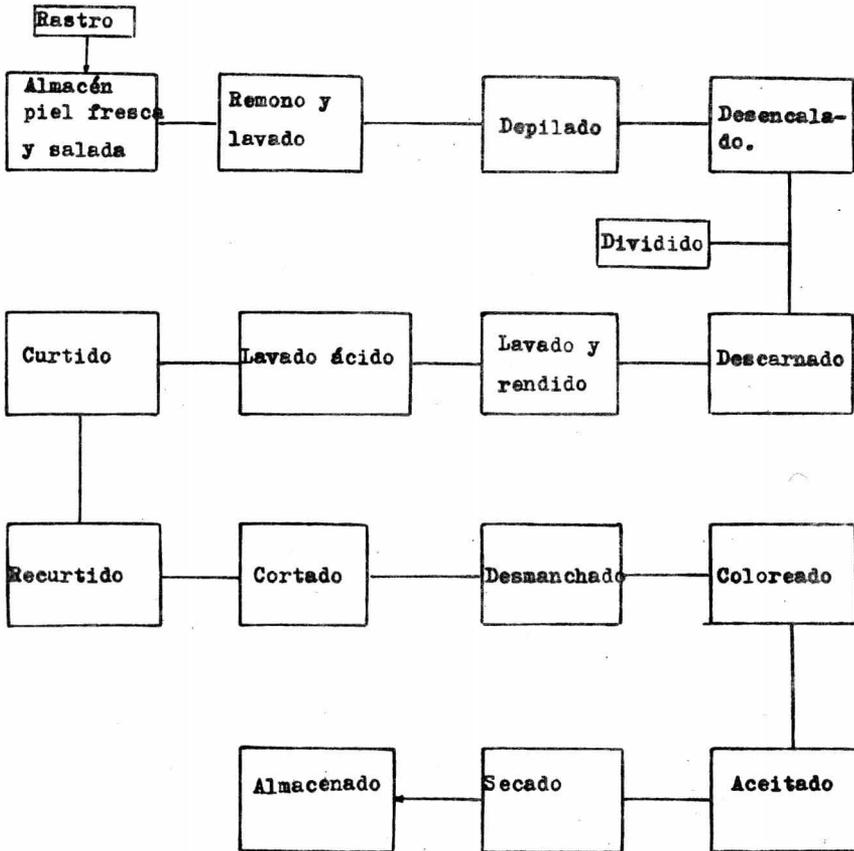
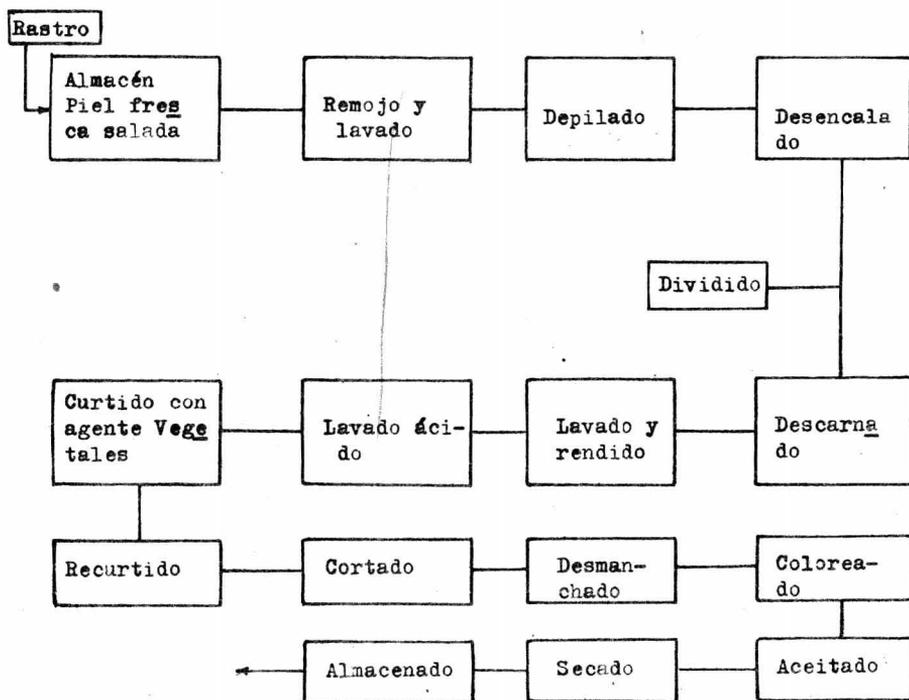


FIG. No. 2

B.- CURTIDO MEDIANTE AGENTES VEGETALES
PROCESO DE TRANSFORMACION DE PIELES



Cap. III.

Descripción de los usos y principales contaminantes del agua en la industria de la curtiduría.

Si se toma en cuenta la gran cantidad de agua de desecho - con que contribuyen las tenerías a la deterioración de las aguas (un promedio de 80 l/Kg de piel producida), y se revisan la gran cantidad de pieles procesadas, se observa la necesidad de obtener la mayor información acerca de cuales son los principales contaminantes de los efluentes descargados por esta industria a los cuerpos receptores. Dichos contaminantes se muestran en los diagramas de flujo que se presentan a continuación fig. No. 3 y No. 4, y en la tabla No. 5.

Los parámetros de mayor significación para determinar la calidad del agua residual en la industria de la curtiduría son:

DBO: Demanda bioquímica de oxígeno.

Crt: Cromo total.

GyA: Grasas y aceites.

S: Sulfuros.

SST: Sólidos suspendidos totales.

NTK: Nitrógeno total Kjeldahl.

pH: Potencial de hidrógeno.

A continuación se expone brevemente en que consiste cada uno de los factores mencionados:

Demanda bioquímica de oxígeno.

Este parámetro da información acerca de la cantidad de oxígeno necesaria para la descomposición aeróbica de los desechos orgánicos a una temperatura de 20°C y en un período de tiempo de 5 días, y se denota como DBO₅.

Cromo total.

Muchas de las tenerías que producen cueros en México las curten con sales de cromo, es por esto, y por su carácter dañino que es de suma importancia controlar este parámetro en las aguas residuales de la industria de la curtiduría.

Grasas y Aceites.

Su origen es muy variado, desde las grasas propias del animal en todas sus formas, hasta los aceites adicionados durante el proceso de engrasado. Debido a la menor densidad de estos compuestos orgánicos se depositan en la superficie de las aguas impidiendo así la eficaz reaereación de las mismas y provocando una falta de oxígeno que caracteriza la descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos produciendo un olor desagradable.

Cuando la cantidad de grasas es de gran proporción pueden ocasionar una degradación biológica de las mismas produciendo los efectos antes mencionados.

Sulfuros.

En el proceso de depilado se utilizan compuestos de (S^{2-}) , y una porción significativa de estos sulfuros pueden llegar a convertirse en H_2S a un pH menor de 8.5 dando como resultado un desprendimiento de dicho gas con los perjuicios inherentes; mal olor, decoloración, etc. Es por esto la importancia que tiene el controlar su concentración en el efluente final.

Sólidos Suspendidos.

Como su nombre lo indica este concepto mide los sólidos en suspensión que en las tenerías suelen ser primordialmente sustancias proteicas (descarnado, piel o pelo, etc.) y sustancias químicas insolubles. La cantidad de sólidos suspendidos es un buen indicador de la contaminación de las aguas.

Nitrógeno total kjeldahl.

El nitrógeno total kjeldahl es el nitrógeno proveniente del amonio mas el nitrógeno orgánico contenido en las aguas residuales. Constituye uno de los componentes de los nutrientes, que tanto daño causan a los lagos y ríos, por estimular el crecimiento de lirio acuático y posteriormente la eutroficación de los cuerpos receptores.

pH.

El pH del efluente final de una tenería depende esencialmente del proceso empleado, si es curtido vegetal se obtiene un pH alca lino (de 9 a 11), si se curte con cromo el pH es ácido (de 3 a 5). En ambos casos los efluentes afectan la vida biológica de los cuerpos receptores.

Selección de parámetros menores.

Estos parámetros dan una idea general del grado de contaminación de las aguas y principalmente son:

Demanda química de oxígeno (D.Q.O.)

El DQO es, en sí, la forma mas rápida de determinar la calidad del agua residual en una industria, y mide no solamente la cantidad de contaminantes orgánicos, sino también aquellos inorgánicos oxidables con dicromato y ácido sulfúrico como reactivos,

Sólidos totales.

La importancia de este parámetro es que mide no únicamente la cantidad de sólidos suspendidos, sino también nos da una idea de la cantidad de sólidos disueltos en un efluente. En la industria que nos ocupa, la mayor parte de los sólidos disueltos está formada por NaCl y, $CaSO_4$, los cuales provienen de los diversos lavados a que se someten las pieles tratadas.

Color.

El color del efluente final en la industria de la curtiduría depende del tipo de proceso a que se someta la piel, y es un indicio de la cantidad de contaminantes que arrastra dicho efluente.

FIGURA. NO. 3.

USOS DE AGUA FRESCA Y REACTIVOS.

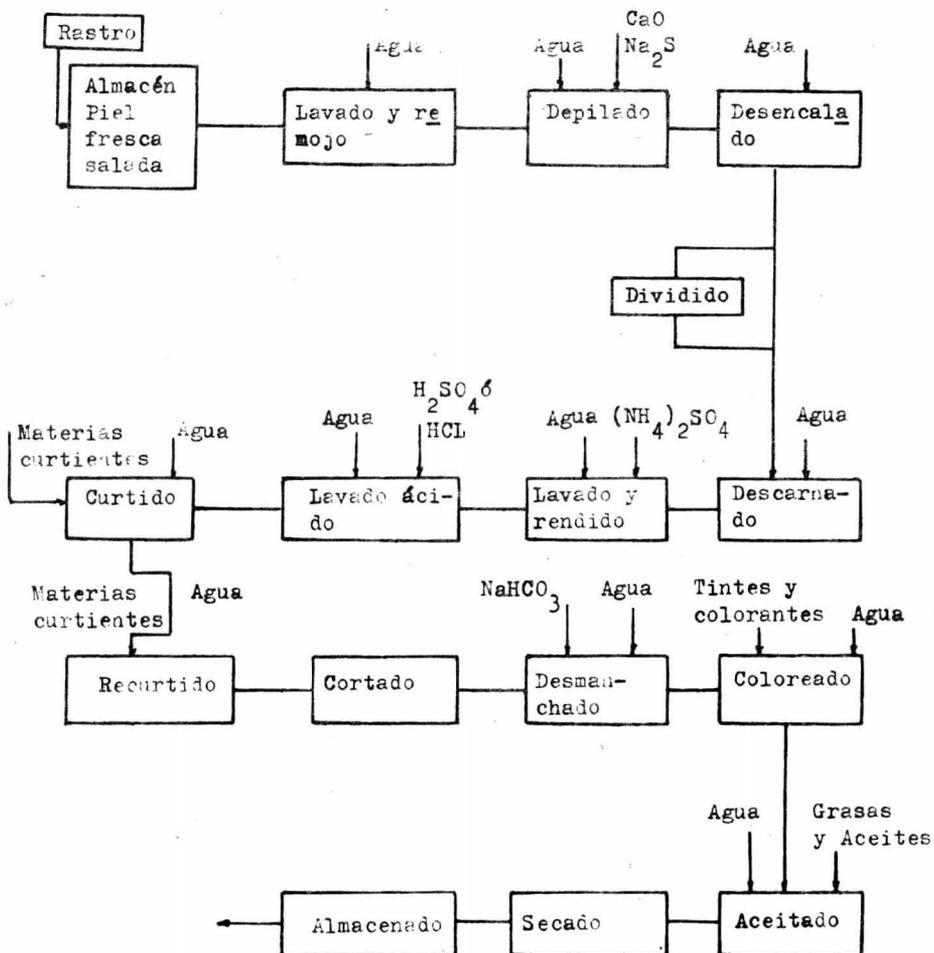
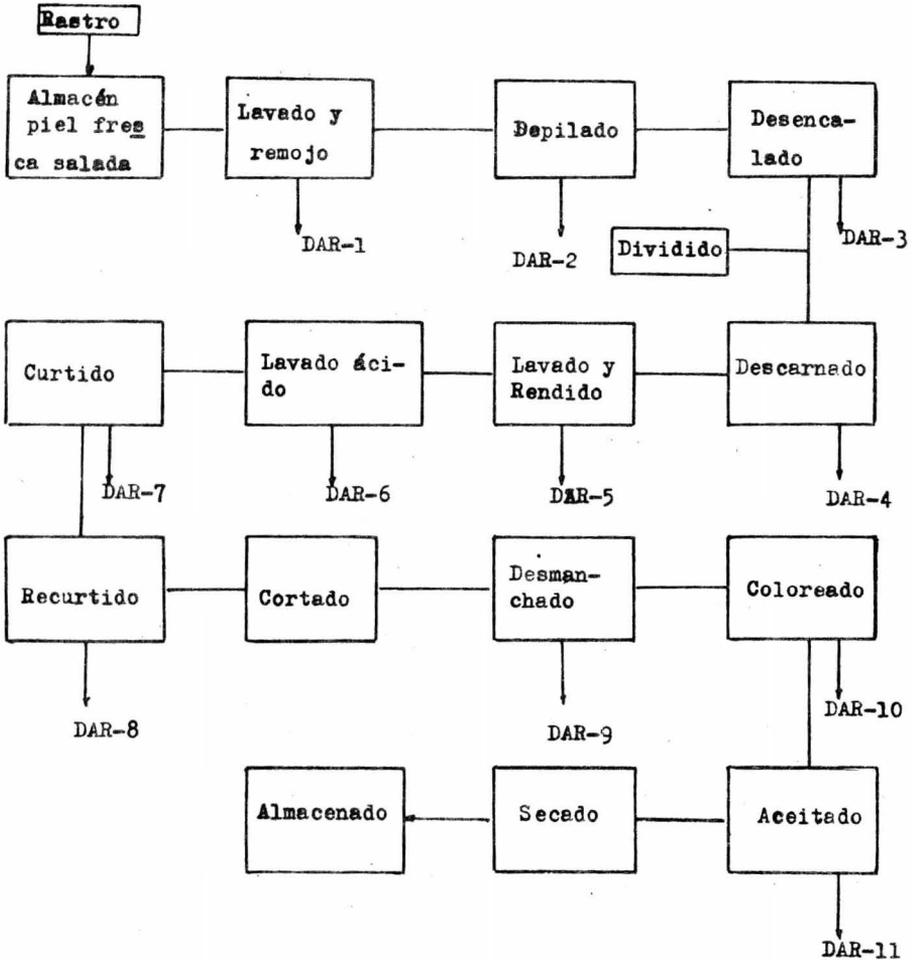


FIGURA No. 4

DESCARGA DE AGUA RESIDUAL.



D.A.R.=Descarga de agua residual.

TABLA No. 5

CARACTERISTICAS DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES.

| Descargas. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| Contaminantes. | | | | | | | | | | | |
| SST. | X | X | X | | | | | | | | |
| ST. | X | X | X | | | | | | | | |
| DBO. | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| DCO. | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| NTH. | X | X | X | X | X | | | | | | |
| GyA. | X | X | X | X | | | | | | | |
| Ca(OH) ₂ . | | X | X | | | | | | | | |
| S ⁼ . | | X | X | | | | | | | | |
| Agente curtiente. | | | | | | | X | X | | | |
| Color. | | | | | | | | | | | X |
| pH. | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

Cap. IV.

DESCRIPCION DE LOS PROCESOS DE USO FACTIBLE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURIA.

Las prácticas de tratamiento de desechos en la industria de la curtiduría varían ampliamente; algunas curtidurías usan únicamente el proceso de cribado, típico en México, en países mas desarrollados emplean lodos activados, filtros biológicos, irrigación por aspersión, sistemas de lagunas u otros sistemas adecuados para llevar a cabo el tratamiento requerido.

El grado de tratamiento a realizar lo determinan principalmente 3 factores, a saber:

- 1°.- Tipo de sistema receptor.
- 2°.- Criterio de calidad en el sistema receptor.
- 3°.- Tipo de proceso utilizado en el curtido.

La calidad requerida en el efluente para la descarga del agua utilizada en una tenería a la red minicipal, puede ser distinta a la requerida para descargar a otro tipo de cuerpo receptor (ríos, lagos, etc.), de este factor depende el grado de tratamiento que debe aplicarse a las aguas residuales.

Las variaciones en los tratamiento dependen también, de las diferentes características de los desechos procedentes del procesamiento de las pieles en sus distintas clases, aunque las operaciones unitarias básicas son las mismas, las variaciones en los subprocesos crean una variación en la cantidad y calidad del efluente. Estas diferencias, se pueden atribuir a las necesidades de crear pieles de diferentes características.

Bases para el tratamiento de desechos.

Las aproximaciones que se pueden usar para llevar a cabo varios niveles de control y tratamiento en los desechos de tenerías son las siguientes:

A) Métodos de reducción de desechos del proceso:

Como objetivo principal tiene la conservación del agua y se basa en:

1°.- Recuperación y reuso.

2°.- Tratamiento en la planta para separar los constituyentes de los desechos.

B) Tratamiento preliminar:

Su objetivo es la preparación del efluente final según los requerimientos del cuerpo receptor o de los tratamientos posteriores, y se basan en:

1°.- Ajuste de pH.

2°.- Reducción de la concentración de cromo, sulfuros, grasas, y materiales tóxicos a niveles que no dañen tratamientos subsecuentes.

3°.- Eliminación parcial de DBO, DCO, SST, NTK.

C) Una mayor reducción de DBO y SS a niveles menores de 100 mg/l de nitrógeno total.

En el tratamiento normal se incluyen algunos tipos de procesos biológicos y a continuación una eliminación de sólidos suspensivos.

D) Reducción de N_2 total a niveles inferiores de 10 mg/l

1°.- Tratamiento posterior al tratamiento biológico.

2°.- Tratamiento por etapas, que incluye un proceso aerobio seguido por un proceso anaerobio. A cada uno de estos procesos le sigue un sedimentador para separar lodos.

E) Mayor separación de todos los constituyentes de las aguas residuales con procesos que siguen a los biológicos ya mencionados.

1°.- Proceso de ósmosis inversa (o electro-diálisis).

- 2^o.- Congelamiento.
- 3^o.- Evaporación.
- 4^o.- Intercambio iónico.

TRATAMIENTO PRELIMINAR.

La necesidad de un tratamiento preliminar se basa en los siguientes factores:

1^o.- La seguridad y mantenimiento del sistema de alcantarillas:

Los sistemas de alcantarillado son susceptibles de dañarse debido a los desechos que contienen sulfuros, los efluentes de la curtiduría pueden llegar a contener hasta 250 mg/l; los sulfuros alcalinos, propios de la industria, cuando son mezclados con desechos domésticos o con desechos industriales ácidos, pueden desprender H_2S ; la oxidación de este gas por bacterias aeróbicas puede producir H_2SO_4 corrosivo ante metal y concreto.

Los efluentes de descarga tienen un amplio margen de concentración de grasas, puede ser tan alta como 850mg/l de aquí los problemas que se presentan en los tratamientos secundarios, además pueden cubrir los sistemas de alcantarillado y actuar como adhesivos para otro tipo de partículas, el material suspendido constituido por cal, puede reducir la capacidad de las alcantarillas por sedimentación directa de $CaCO_3$, si se encuentra suficiente CO_2 en el sistema.

Los desechos con altas concentraciones de sales de cromo y cal pueden inhibir la actividad biológica en los tratamientos secundarios, a bajas concentraciones no dañan al sistema.

Para alcanzar los objetivos antes mencionados el efluente pasa primeramente por unas rejillas cuya función es la de separar los sólidos de mayor tamaño.

Como paso subsecuente el efluente entra a un homogeneizador, el cual va a uniformizar las características del agua de su descarga.

El volumen y solidez de los desechos varían dependiendo del proceso y tipo de tenería. Los desechos alcalinos se asocian con la operación de encalado, mientras que las descargas ácidas aparecen en el curtido. Para optimizar resultados en un tratamiento subsecuente es importante homogeneizar el grado de concentración y el pH de la descarga.

Posteriormente el efluente es llevado a un sedimentador cuyas funciones primordiales son el separar sustancias flotantes (de baja densidad) por medio de desnatadores, así como la de eliminar sólidos sedimentables (de alta densidad) por medio de ras-tras, dejando la corriente de descarga lista para tratamiento - de tipo biológico.

Los desechos de tenerías tienen una alta concentración de sólidos sedimentables y grasas; la reducción de sólidos suspendidos por este sistema se encuentra en un margen de 40 a 90% — mientras que la reducción de DBO puede ser de 30 a 60%. Muchos de los materiales suspendidos separados son formas insolubles de cal, los cuales producen sólidos pesados y voluminosos.

Esquema de un sedimentador simple, fig. No. 5

La adición de compuestos químicos en el homogeneizador propician el incremento de la eficiencia de la separación en el sedimentador, con la coagulación química de los sólidos suspendidos, DBO, sulfuros y cromo. Los compuestos coagulantes que ofrecen mejores resultados son: alumbre, cal, sales de fierro y algunos tipos de polímeros.

Las eficiencias obtenidas mediante este sistema fluctúan entre un 50 a un 90% tanto en sólidos suspendidos como en DBO.

En la literatura se encuentran los siguientes datos de eficiencias, tomando como valores iniciales de DBO 2500 y de sólidos suspendidos 2540 mg/l.

1^o.— Usando un polímero aniónico con una concentración de 1

mg/l eficiencias de 94% en la reducción de sólidos suspendidos - y 60% en DBO.

2°.- Usando $FeCl_3$ a una concentración de 60mg/l eficiencias de 60 y 90% de sólidos suspendidos y DBO respectivamente.

3°.- La coagulación con alumbre a concentraciones menores de 500 mg/l despues de ajustar el pH a 6.5 eficiencias de 90% para DBO y de 45 a 80% de sólidos suspendidos, a concentraciones mayores de 500 mg/l el coagulante no sedimenta.

En general la adición de un polímero favorece la formación rápida de flóculos minimizando la necesidad de equipo floculador.

El cromo precipita como hidróxido a un pH mayor de 8.5 y se pueden obtener eficiencias en su eliminación hasta de un 90%, es recomendable separar el cromo en un sedimentador primario para prevenir cualquier toxicidad potencial en tratamientos biológicos posteriores.

Otro posible tratamiento a efectuarse es el de carbonatación, que consiste en llevar a cabo la reacción.



Si se toma en cuenta que la solubilidad de $CaCO_3$ es de 25 a 50 mg/l y que en la formación de estructuras cristalinas del carbonato se arrastran por absorción partículas orgánicas se pueden explicar las eficiencias obtenidas:

SST ————— hasta 99%
DBO ————— de 85 a 92%

Este tratamiento es recomendable si el efluente a tratar es alcalino, y se puede llevar a cabo con corrientes de CO_2 producidas por la combustión de gasolina, que dan concentraciones de 8 a 12% de CO_2 .

La introducción del gas a la corriente requiere únicamente de un difusor y un tanque de reacción.

Fig. No. 5

SEDIMENTADOR SIMPLE.

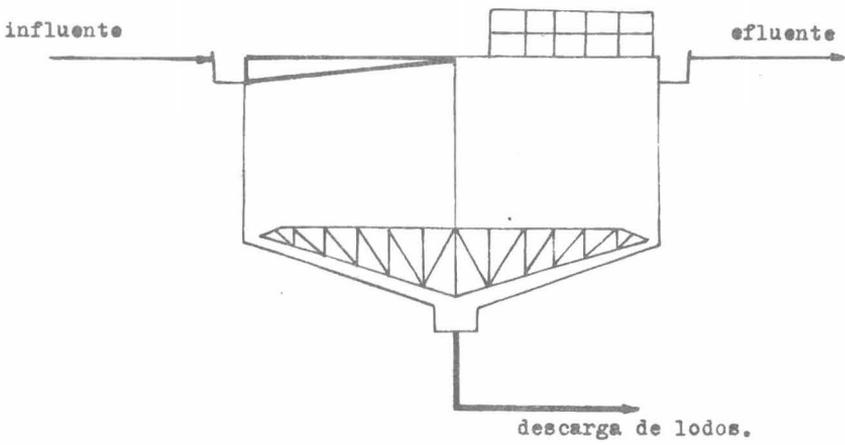


Fig. No. 6 Tratamiento químico de coagulación.

Fig. No. 7 Tratamiento Químico con CO_2 .

TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS.

Para obtener una mayor reducción de DBO y S.S. se requiere de un alto grado de tratamiento que se puede conseguir mediante procesos biológicos, que pueden o no requerir un tratamiento preliminar.

Los procesos biológicos en general, se basan en una oxidación para lo cual se recurre normalmente al uso de bacterias aeróbicas, las cuales requieren oxígeno para subsistir.

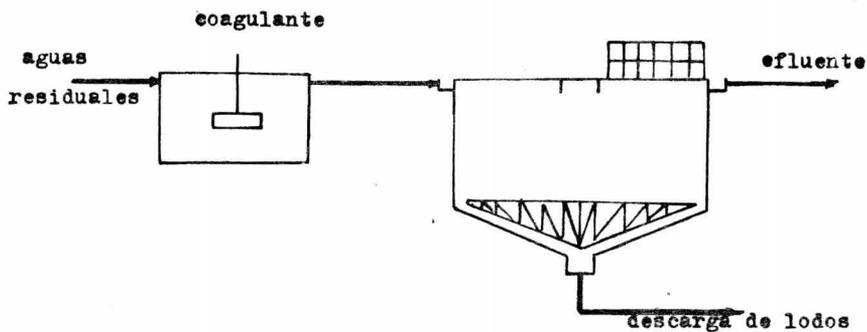
Los tratamientos biológicos pueden llevarse a cabo mediante los procesos de: filtros biológicos, lagunas aeróbicas, lagunas aeróbicas-anaeróbicas, ó lodos activados, dependiendo de la calidad del efluente requerido, todos estos sistemas con suficiente capacidad de diseño y una operación adecuada pueden alcanzar altas eficiencias en la eliminación de DBO y SST. La selección de una alternativa para un sistema de tratamiento biológico depende de: la composición de las aguas residuales, eficiencias requeridas, condiciones climatológicas, requerimientos de terreno, características operacionales y costos.

SISTEMA DE FILTRO BIOLÓGICO.

Un filtro biológico es una unidad aerobia, los constituyentes de las aguas residuales se ponen en contacto con microorganismos desarrollados sobre la superficie del medio filtrante (piedras-ó material plástico). Para lograr una alta eficiencia de tratamiento en el efluente de las curtiurías, se debe tener un efectivo control sobre el material tóxico y el exceso de carga orgánica. Si la cal se llega a depositar sobre el medio filtrante, puede causar un decremento y a veces hasta inhibición del sistema, también para desechos fuertes la necesidad de área requerida es muy grande aunque con un buen sistema de recirculación y un apropiado medio

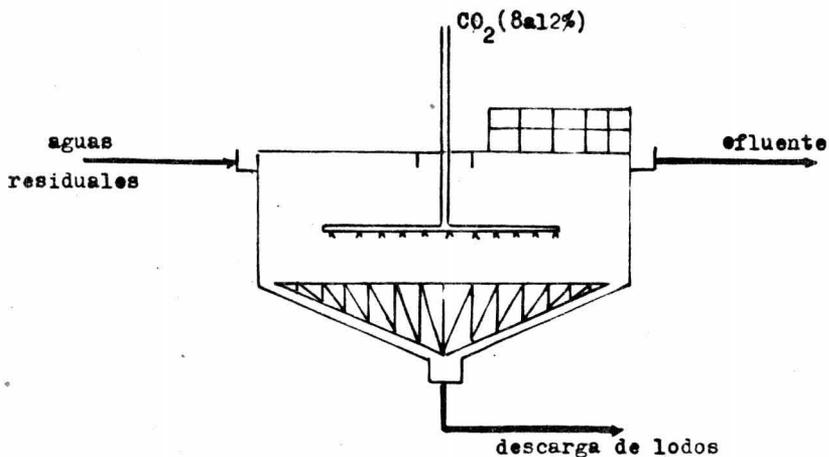
TRATAMIENTO QUIMICO COAGULACION
Y SEDIMENTACION.

Fig. No. 6.



TRATAMIENTO QUIMICO CARBONATACION.

Fig. No. 7



filtrante puede reducirse esta área.

Otro factor que afecta el sistema es la temperatura, con condiciones climatológicas favorables se pueden llegar a obtener eficiencias de:

DBO ————— 78%

SST ————— 59%

Sobre los demás parámetros no se han reportado datos, fig.

8.

SISTEMA DE LAGUNAS AEROBIAS.

Los sistemas de lagunas aerobias se han utilizado para el tratamiento de desechos de curtidurías cuando se tiene terreno disponible para ello.

Para el buen funcionamiento de este sistema se requiere de una buena homogeneización y de un ambiente adecuado para la actividad biológica.

En una laguna grande con un buen control de entrada y descargas la sedimentación primaria y secundaria pueden eliminarse; el ambiente aerobio se mantiene por medio de aereadores mecánicos diseñados con capacidad suficiente para introducir la cantidad de oxígeno requerido en el metabolismo bacteriano, y para proveer un buen mezclado. El control de la temperatura es importante, pero si se tiene un gran volumen las pérdidas de calor no ocasionan una gran diferencia en la temperatura. Estos sistemas trabajando en condiciones favorables pueden alcanzar las siguientes eficiencias:

DBO ————— 98%

DQO ————— 90%

Sulfuros — 100%

NTK ————— 75%

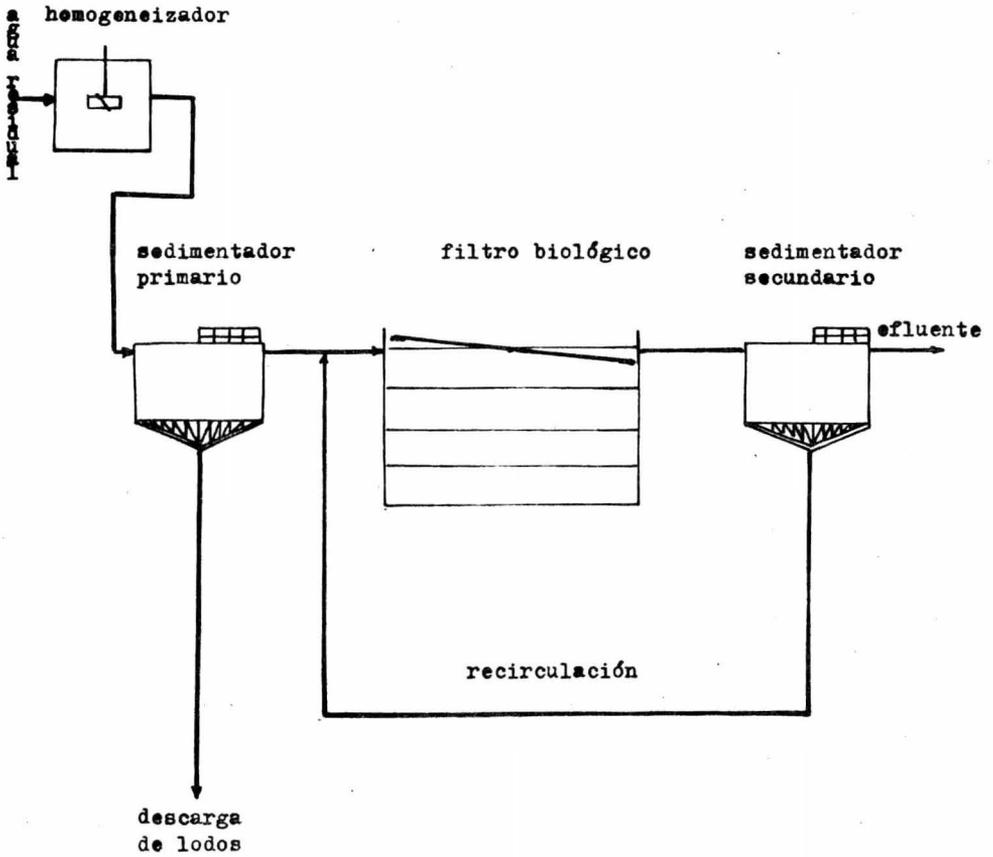
SST ————— 0%

El tiempo de retención en este sistema varía de 16 a 35 días.

la fig. 9 muestra este sistema.

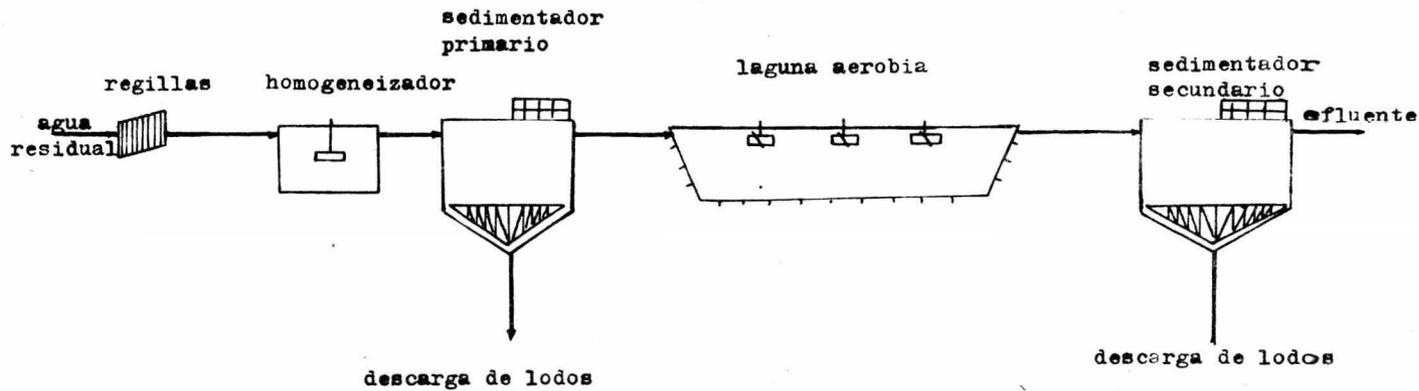
SISTEMA DE FILTRO BIOLÓGICO

Fig. No. 8



SISTEMA DE LA GUNA AEROBIA.

Fig.No. 9



Los factores primordiales que determinan el establecimiento de una laguna son:

Disponibilidad de terreno.

Factores climatológicos que influyen el diseño.

SISTEMA DE LAGUNAS AEROBIAS-ANAEROBIAS (ESTRATIFICADAS).

La aplicación de lagunas aerobias-anaerobias para el tratamiento de aguas residuales de la industria de la curtiduría se ha incrementado en nuestros días.

Existen lagunas que fácilmente se modifican para operar de esta forma; las lagunas estratificadas ofrecen las características óptimas de ambas funciones biológicas. La zona anaerobia aunque requiere de un amplio tiempo de contacto es efectiva en el tratamiento de desechos fuertes en carga orgánica, los productos de la degradación son: metano, ácido sulfhídrico y amoníaco, los cuales pueden disponerse rápidamente para utilizarse o para tratamiento posterior. El proceso no requiere de oxígeno disuelto y se requiere un mínimo en la proporción área volumen.

La degradación mas completa se efectúa en la zona aerobia, en la cual se obtiene como productos finales CO_2 y H_2O .

Se requieren de algunas condiciones para evitar o prevenir el escape de productos anaerobios (como los que crean malos olores).

Las lagunas estratificadas tienen comunmente profundidades de 4 a 5m. En la parte superior se emplean aeradores sin llegar a perturbar las zonas anaerobias.

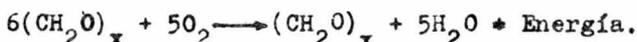
Con este sistema se pueden lograr eficiencias de.

DBO-----76%
 DQO-----55%
 Sulfuros-----100%
 NTK-----67%

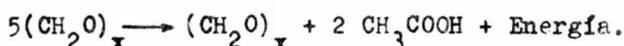
Las figuras 10 y 11 muestran el funcionamiento de los sistemas anaerobios, y aerobios-anaerobios respectivamente, y la 12 el sistema aerobias-anaerobias.

Las reacciones efectuadas en este sistema son las siguientes.

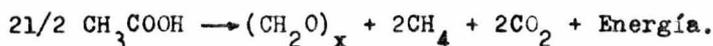
1.- Oxidación aerobia de compuestos orgánicos en lodos bacteriales.



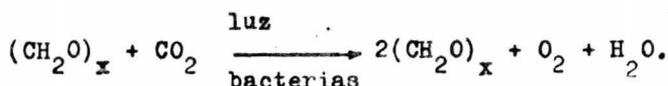
2.- La formación de ácidos orgánicos en la conversión anaerobia de carbohidratos.



3.- Fermentación de los ácidos orgánicos para producir metano.



Conversión fotosintética del dióxido de carbono en compuestos orgánicos liberando oxígeno.



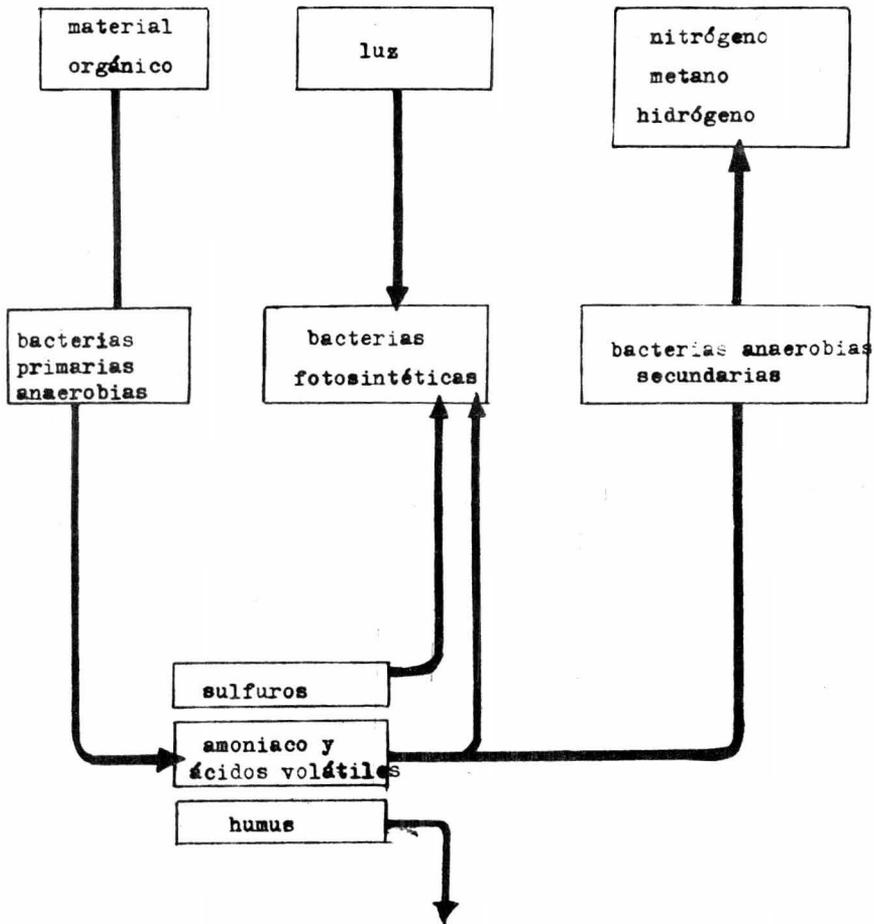
SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS.

El sistema de lodos activados es tal vez el mas reciente y flexible de todos los tratamientos biológicos, es aplicable a casi todas las situaciones de tratamientos y con una operación conveniente pueden obtenerse altas eficiencias en la eliminación de materia orgánica. Las bases de diseño sobre el tiempo de retención de sólidos proporcionan un tiempo de residencia mínima. El proceso de lodos activados consiste de:

1.- Mezclado de los lodos-activados con las aguas residuales a tratar.

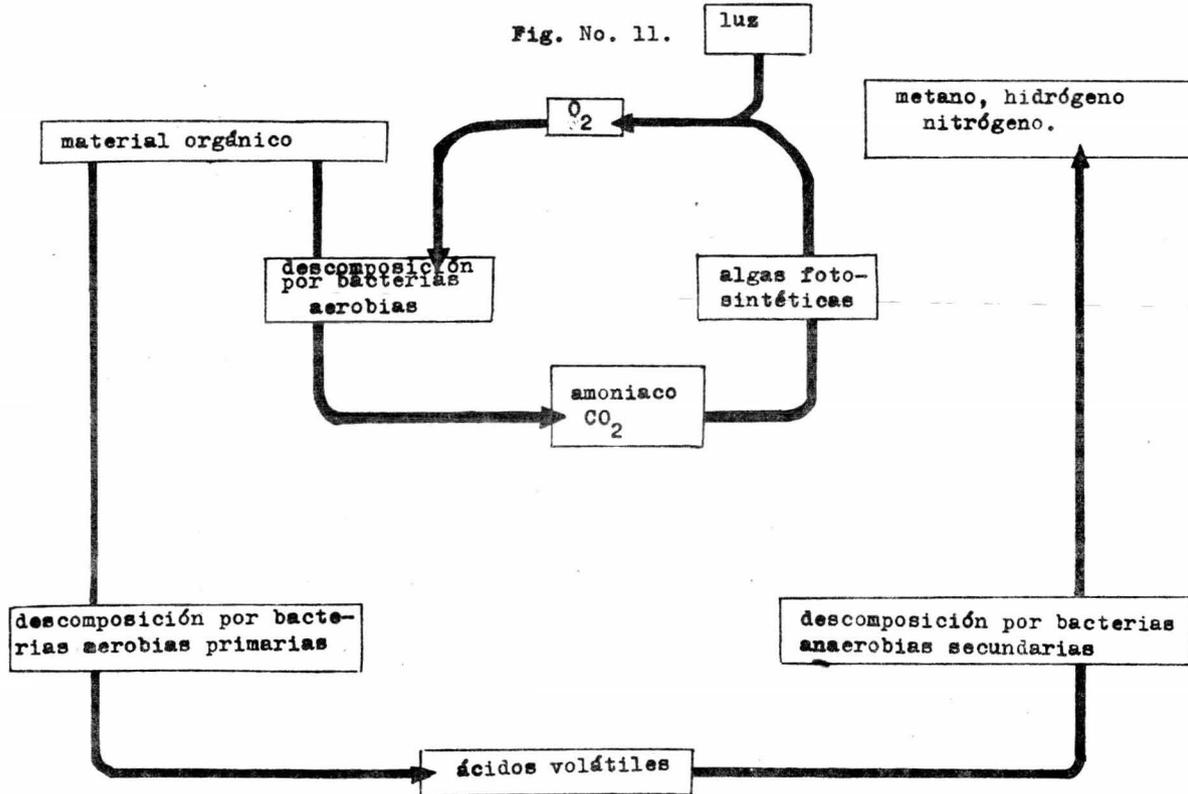
FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS ANAEROBIOS.

Fig. No. 10



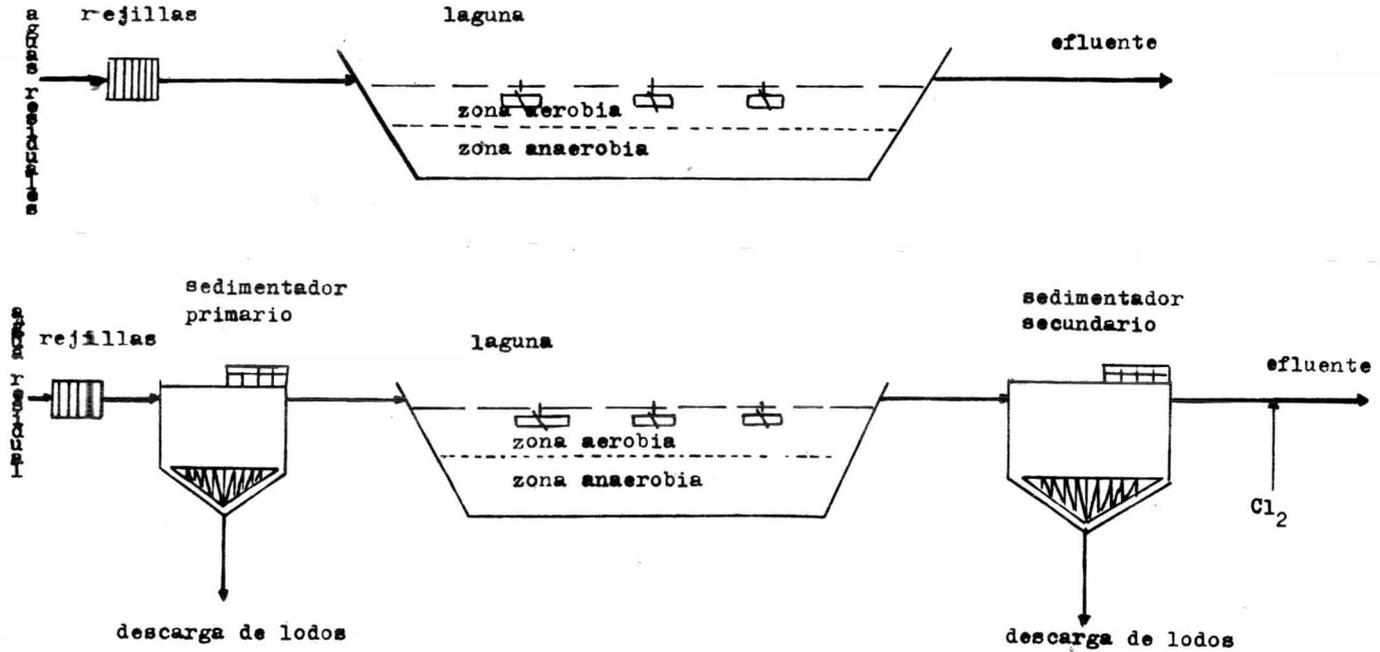
FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS AEROBIOS - ANAEROBIOS

Fig. No. 11.



SISTEMA AEROBIOS-ANAEROBIOS

Fig. No. 12



2.- Aereación y agitación de este licor mezclado durante - el tiempo que sea necesario.

3.- Separación de los lodos activados del licor mezclado.

4.- Recirculación de la cantidad adecuada de lodos activa dos para mezclarlos con las aguas residuales.

5.- Disposición del exceso de lodos activados.

Los lodos activados son frecuentemente precedidos por algu na forma de pretratamiento. Las variaciones en estos procesos crean numerosas fases operacionales. Las eficiencias dependen en gran escala de manejo y control del personal que lo opera. Con este sistema se pueden lograr eficiencias de:

DBO—————94%
DQO—————94%
SST—————98%
NTK—————80%
Sulfuros————100%

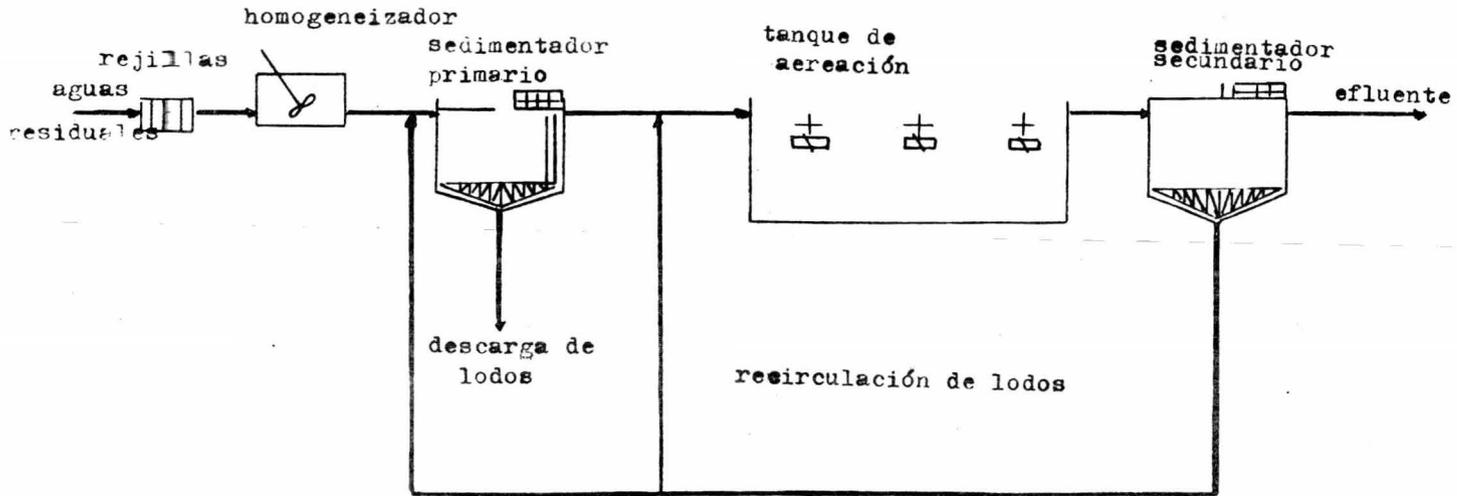
La fig. No. 13 presenta un sistema de lodos activados.

TRATAMIENTOS PARA LA ELIMINACION COMPLETA DE LOS CONTAMINANTES DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Las aguas de desechos de las curtidurías despues de un exten so tratamiento químico y biológico todavía contienen una alta con centración de sales inorgánicas. Estas sales son principalmente NaCl, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, CaSO_4 y $\text{Ca}(\text{OH})_2$. El $\text{Ca}(\text{OH})_2$ usando en la operación de depilado reacciona con el $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ y H_2SO_4 que provienen del rendido y el enjuague ácido para formar CaSO_4 ; la cal residual de los desechos se remueve directamente en un sedimentador o se precipita con CO_2 .

SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS

Fig. No. 13



Para obtener un agua completamente libre de sólidos disueltos se debe someter a alguna de las siguientes operaciones:

- 1.- Congelamiento.
- 2.- Evaporación.
- 3.- Osmosis inversa.
- 4.- Intercambio iónico.

Congelamiento:

Durante el congelamiento se forman cristales de agua pura, los sólidos disueltos son forzados a cubrir la superficie del cristal y se adhieren a ella. la película así formada se elimina por medio de un lavado.

Evaporación:

La solución salina se evapora aplicando algún tipo de energía, el vapor producido está libre de sales minerales y el condensado se puede usar para cualquier fin que se destine. La inconveniencia de este método es el costo de la energía necesaria para llevarlo a cabo.

Osmosis inversa:

La presión osmótica, al buscar el equilibrio, impulsa la molécula de agua a través de una membrana permeable, desde una solución diluida hacia otra concentrada. Esta respuesta natural se puede invertir al colocar el agua salina a presiones hidrostáticas mayores que la presión osmótica. De ahí proviene el término de ósmosis inversa. El agua alimentada es bombeada a altas presiones a través de una membrana semi permeable, esta membrana -- tiene propiedades que permiten el paso del agua reteniendo las impurezas, que pueden ser; minerales disueltos, compuestos orgánicos, materia coloidal, bacterias, pirógenos, y virus.

Intercambio iónico.

En esta operación se intercambian iones específicos contenidos en el agua por iones complementarios que son parte del complejo de un medio de intercambio sólido. A medida que las aguas duras pasan a través de las zeolitas o de cualquier resina intercambiadora de iones, el calcio y el magnesio del agua se intercambian por el sodio de la resina. El sodio, como Na_2SO_4 ó Na_2CO_3 no produce dureza y en cantidades normales no presentan ningún problema. Cuando todo el sodio de la zeolita ha sido reemplazado por calcio y magnesio las zeolitas se regeneran pasando a través de ella una solución fuerte de salmuera.

El intercambio iónico se utiliza generalmente para ablandamientos de agua.

En la tabla No. 6 se muestra un resumen de las eficiencias de los sistemas analizados.

TABLA No. 6

Resumen de eficiencias en los sistemas analizados.

| Proceso | DBO% | SST% | DQO% | Sulfuros% | NTK% |
|-------------------------------------|-------|-------------|------|-----------|-------|
| Sedimentador simple. | 30-60 | 40-90 | ---- | ----- | ----- |
| Tratamiento químico sedimentación. | 50-90 | 50-94 | ---- | ----- | ----- |
| Tratamiento químico- carbonatación. | 85-92 | hasta 99 | ---- | ----- | ----- |
| Filtro biológico. | 78 | 59 | ---- | ----- | ----- |
| Lagunas aerobias | 98 | 0 | 90 | 100 | 75 |
| Lagunas aerobias anaerobias. | 76 | 0 | 55 | 100 | 67 |
| Lodos activados. | 94 | 98 | 94 | 100 | 87 |

ALTERNATIVAS DE DISEÑO PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA MEDIANA DE CURTIDURIA.

La industria estudiada curte 714 pieles al día con un peso promedio de 21 Kg/piel, ó sea 1500Kg de piel, diarios. Los procesos que se llevan acabo son en general los mismos que son utilizados en este tipo de industrias, teniéndose en todos los casos una misma secuencia en el proceso; aunque en algunas ocasiones se pueden reunir dos pasos del proceso en el mismo tambor, dependiendo esto de los reactivos químicos, tipo de curtido requerido en la piel, tiempo de contacto con los agentes químicos, etc., de cualquier manera, el orden del proceso no varía.

Dicho proceso en esta planta se lleva a cabo mediante las siguientes fases independientes:

- 1.- Remojo.
- 2.- Depilado.
- 3.- Desencalado y rendido.
- 4.- Enjuague ácido y lavado.
- 5.- Curtido.
- 6.- Neutralizado.
- 7.- Recurtido y teñido vegetal.

En cada una de las fases del proceso se lleva a cabo una función principal, que por lo general necesita una serie de productos químicos los cuales originan en gran medida la contaminación del agua, a continuación se hace una pequeña descripción de cada una de las fases del proceso.

Remojo.

Se lleva a cabo unas pilas cuyo volumen depende de la cantidad de pieles a tratar y tiene como función principal ablandar la piel, (que se ha tenido almacenada por mucho tiempo) y -

lavarla para eliminar la sal que se usa en su preservación.

Depilado.

Se realiza en tanques que tienen acondicionados mezcladores, con el fin de tener las pieles en movimiento, las cuales al golpearse unas con otras facilitan el desprendimiento del pelo. Para disolver el pelo se emplean cal y Na_2S , después es necesario un lavado para desalojar las impurezas que ocasiona el depilado en las pieles, y que se aplica en los mismos tanques.

Desencalado y rendido.

Estas operaciones se llevan a cabo conjuntamente en un tambor giratorio que facilita la impregnación de los reactivos en la piel. Su principal función es quitar los vestigios de cal -- provenientes del depilado y hacer que la fibra de la piel se compacte y por lo tanto se logre una piel mas resistente, para este fin se utilizan algunos tipos de encimas y sales de amonio, terminada la operación las pieles requieren de un lavado, que se lleva a cabo en el mismo tambor.

Lavado ácido.

El lavado ácido de las pieles se lleva a cabo en tambores giratorios, los cuales facilitan el contacto de la fase líquida y las pieles, su función consiste en completar el desencalado, la obtención de pieles de gran duración así como prevenir la precipitación de las sales de cromo insolubles en la fibra del cuero durante el curtido; posteriormente la piel se lava en el mismo tambor.

Curtido.

El curtido se realiza con unos tambores giratorios con el fin de lograr la máxima penetración de los reactivos químicos-

en un tiempo mínimo, utilizando para esta operación sales de cromo trivalente y cloruro de sodio. El objetivo del curtido es el darle a las pieles las características físicas necesarias para su uso.

Neutralizado.

Después de que la piel ha sido curtida, es necesario neutralizar la solución ácida de que viene impregnada, lo cual se realiza con carbonato de sodio. Esta operación se realiza en el mismo tambor que el curtido. En algunos tipos de pieles se anexa un producto químico de patente para recurtir la piel, después de la neutralización se le da a la piel un lavado para quitar residuos de cromo, de carbonato, etc.

Recurtido y teñido vegetal.

Las pieles se ponen en contacto con grasas sulfonadas y algún tinte de origen vegetal, su principal función es tener la piel ó darle apariencia de color natural; después de un determinado tiempo de permanencia en el tambor rotatorio se lleva la piel a un secado con lo cual concluyen las fases húmedas de preparación de la piel.

Las características contaminantes de esta industria son las siguientes:

DBO (Demanda bioquímica de oxígeno)

DQO (Demanda química de oxígeno)

NTK (Nitrógeno total kjeldahl)

SST (Sólidos suspendidos totales)

GyA (Grasas y aceites)

Cr⁺³ (Cromo trivalente)

S⁻ (Sulfuros)

pH (Potencial de hidrógeno)

A continuación se muestra el esquema que representa el proceso, el origen de los contaminantes, las descargas de aguas

residuales y se indican las características contaminantes generadas en cada fase del proceso, fig. No. 14.

Para llevar a cabo la cuantificación de las características contaminantes mencionadas se lleva a cabo un muestreo de la siguiente forma:

Debido a los diferentes tipos de piel procesada (becerros, borregos y cabras), se toman 5 muestras representativas, las muestras tomadas para el análisis corresponden a ciclos completos de operación y se obtienen en la descarga final de la planta por medio de una bomba de baja capacidad conectada con un interruptor de tiempo que la hace funcionar cada 5 minutos durante un minuto, extrayendo un flujo de 100 ml/min, completando un volumen de muestra de 9.6 l durante un turno de 8 horas, teniendo así una muestra bastante representativa de todas las fases del proceso desde el remojo hasta el teñido.

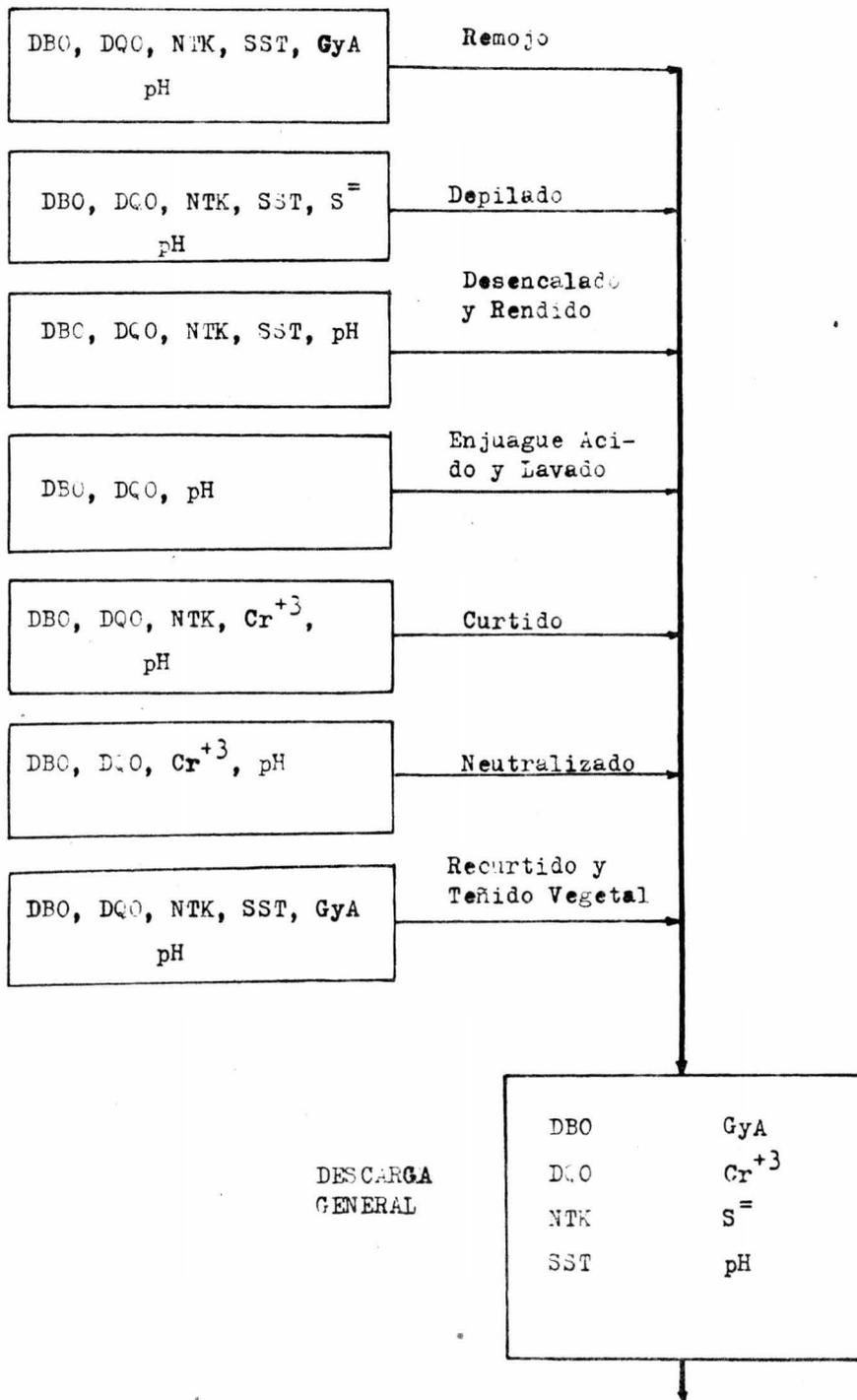
Los análisis químicos de las muestras se presentan en la tabla No. 7 y en las gráficas No. 1 y No. 2.

El análisis de diseño se toma con los picos de cada una de las características contaminantes descritas en las gráficas No. 1 y No. 2, para prever los máximos que pudieran presentarse en la planta.

El flujo de agua residual se estima en $150m^3$, al obtener el promedio del flujo consumido por la empresa durante un periodo de 6 meses, y cuyo resultado es de $147.6m^3/día$.

Para las pruebas de sedimentación se utiliza un cono imhoff con una capacidad de 1 l, obteniéndose los resultados de sedimentación reportados en la tabla No. 8 y en la gráfica No. 3. En las curvas de las muestras se nota que en un tiempo de 60--- minutos tienden a ser asintóticas al eje de las abscisas, con lo cual el tiempo mínimo de sedimentación es de 1 hora. Para lograr una sedimentación de sólidos suspendidos el tiempo de asentamiento debe de ser mayor a 60 minutos.

Fig. No. 14



ANALISIS DE MUESTRAS.

TABLA No. 7.

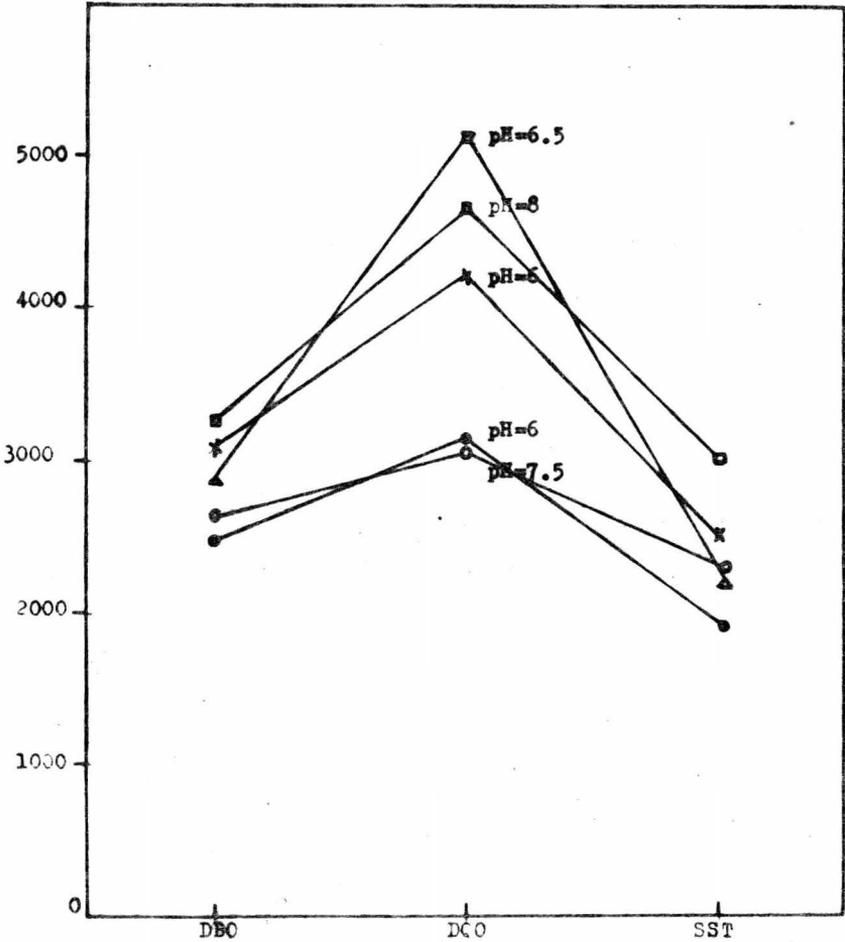
| | Producción Kg/día | DBO mg/l | DQO mg/l | SST mg/l | GyA mg/l | Cr ⁺³ mg/l | NTK mg/l | S ⁼ mg/l | pH |
|---------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|------------------------|-----|
| Muestra No. 1 | 1500 | 3100 | 4200 | 2500 | 100 | 85 | 51 | 196 | 6 |
| Muestra No. 2 | 1400 | 2600 | 3050 | 2300 | 132 | 56 | 16 | 105 | 5.5 |
| Muestra No. 3 | 1500 | 3190 | 4600 | 3050 | 175 | 65 | 86 | 170 | 4.5 |
| Muestra No. 4 | 1500 | 2855 | 5150 | 2200 | 160 | 68 | 91 | 130 | 6.5 |
| Muestra No. 5 | 1450 | 2463 | 3100 | 1900 | 65 | 38 | 85 | 132 | 5 |

CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES.

Gráfica No. 1

concentraciones en
mg/l

- x muestra No. 1
- o muestra No. 2
- muestra No. 3
- ▲ muestra No. 4
- e muestra No. 5

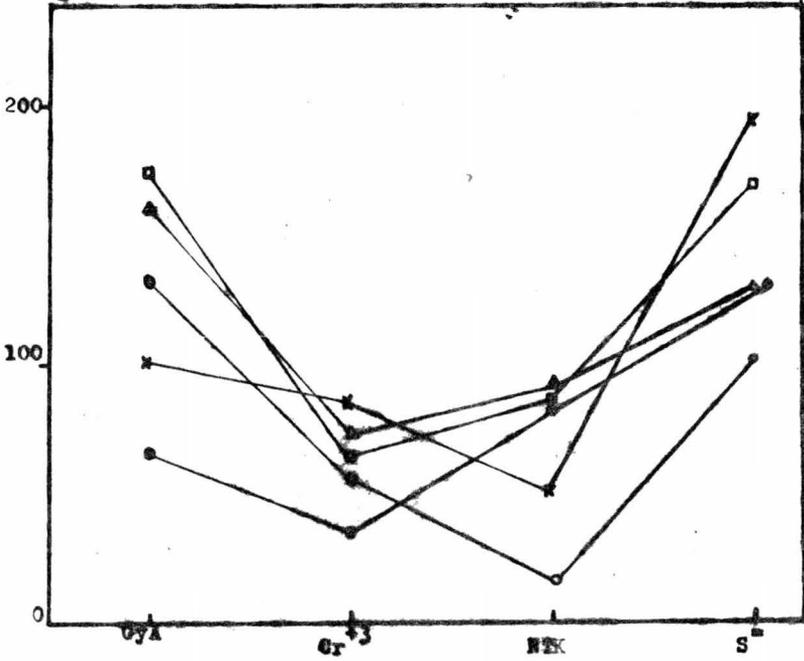


CONCENTRACION DE CONTAMINANTES.

Gráfico No. 2

- x muestra No. 1
- o muestra No. 2
- muestra No. 3
- ▲ muestra No. 4
- muestra No. 5

concentración en
mg/l



PRUEBAS DE SEDIMENTACION.

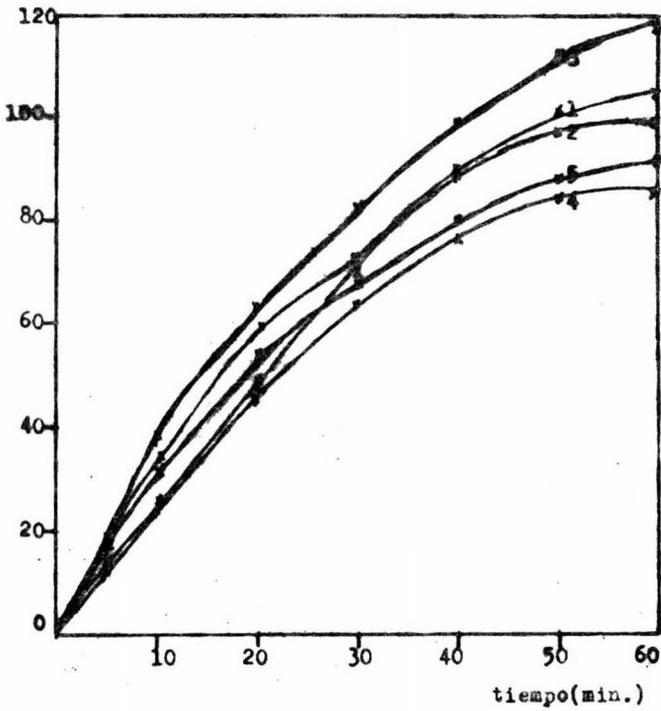
TABLA No. 8.

| Tiempo (min.) | Muestra No. 1 | Muestra No. 2 | Muestra No. 3 | Muestra No. 4 | Muestra No. 5 |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 17 | 11 | 18 | 18 | 14 |
| 10 | 33 | 23 | 38 | 30 | 25 |
| 20 | 58 | 48 | 63 | 52 | 46 |
| 30 | 72 | 70 | 83 | 68 | 64 |
| 40 | 90 | 89 | 99 | 80 | 76 |
| 50 | 101 | 97 | 112 | 88 | 88 |
| 60 | 105 | 100 | 118 | 92 | 94 |

Gráfica No. 3

sólidos
sedimentables
mg/l

- 1.- muestra No. 1
- 2.- muestra No. 2
- 3.- muestra No. 3
- 4.- muestra No. 4
- 5.- muestra No. 5



Alternativas de tratamientos.

Los datos de diseño que se toman son los siguientes.

Flujo de H₂O residual=150 m³/día.

La concentración de contaminantes, se obtiene de las gráficas 1 y 2.

DBO=3190mg/l

DQO=5150mg/l

SST=3050mg/l

GyA=85mg/l

Cr⁺³=85mg/l

NTK=91mg/l

S⁼=196mg/l

pH=4.5-6.5

1^a Alternativa.

Consta de un tanque de sedimentación de tolva.

El diagrama de flujo del sistema esta representado en la fig. No. 15, en el cual se marcan los puntos x,y, para los cuales se hace una estimación de los parámetros contaminantes dependiendo de un balance de masa y de las eficiencias que se indican en la tabla No. 9.

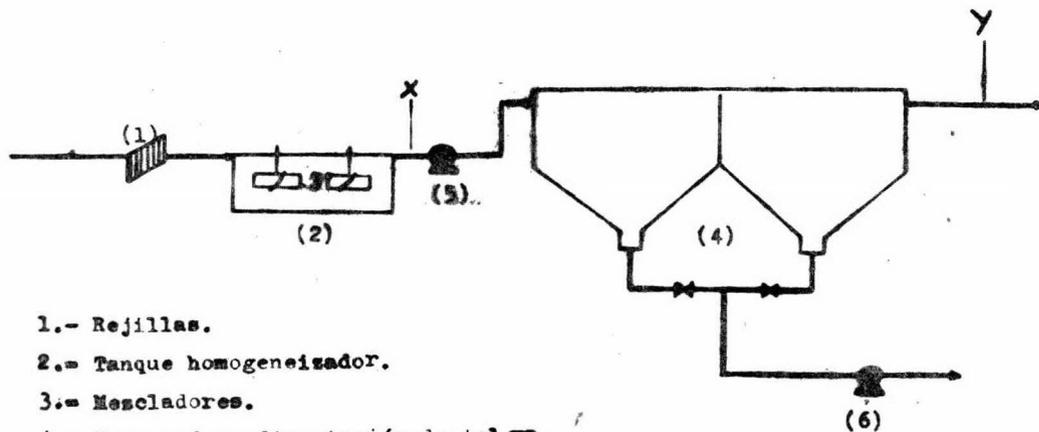
Eficiencias del tanque de sedimentación de tolva.

TABLA No. 9

| | Punto x (Kg) | Punto y (Kg) | ¶Efic. |
|------------------|--------------|--------------|--------|
| DBC | 478.5 | 263.2 | 45 |
| DQO | 772.5 | 424.9 | 45 |
| NTK | 13.7 | 9.2 | 33 |
| SST | 457.5 | 92 | 80 |
| Cr ⁺³ | 12.8 | 5 | 60 |
| GyA | 26.3 | 2.6 | 90 |
| S ⁼ | 29.4 | 26.5 | 10 |
| pH | 4.5-6 | 4.5-6 | |

Fig. No. 15

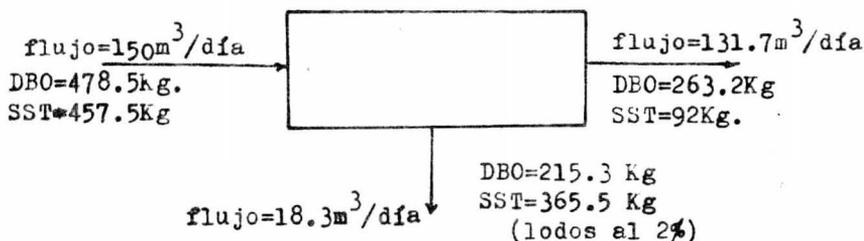
DIAGRAMA DE FLUJO DEL TANQUE DE SEDIMENTACION DE TOLVA.



- 1.- Rejillas.
- 2.- Tanque homogeneizador.
- 3.- Mezcladores.
- 4.- Tanque de sedimentación de tolva.
- 5.- Bomba.
- 6.- Bomba para lodos

La figura No. 16 presenta el balance general de masa para el sistema de tratamiento, tanque de sedimentación de tolva.

Fig. No. 16



Equipo utilizado.

- 1.- Rejillas.
- 2.- Tanque homogeneizador.
- 3.- Mezcladores.
- 4.- Tanque de sedimentación de tolva.
- 5.- Bomba.
- 6.- Bomba para lodos.

Cálculo del equipo.

- 1.- Rejillas.

Para la retención de sólidos gruesos se utilizan rejillas, se recomienda que esta sea de 15 a 30 mm de claro libre entre barras,

- 2.- Tanque homogeneizador.

Se recomienda su utilización debido a que los procesos en las curtidurías son intermitentes; y se desea que el proceso de tratamiento sea continuo.

En la industria en estudio el periodo laborable es de 8 horas al día por lo tanto, se recomienda que el tanque homogeneizador tenga una capacidad igual al flujo de agua por día en



la planta, o sea de 150m^3 .

3.- Mezcladores.

Se requieren 0.05HP por cada m^3 de agua residual, lo que implica que los HP necesarios son.

$$\text{HP} = 150\text{m}^3 \times 0.05 \frac{\text{HP}}{\text{m}^3} = 7.5 \text{ HP}$$

Se requiere un mezclador de 7.5 HP , pero se instalen 2 -- debido al mantenimiento del equipo.

4.- Tanque de sedimentación de tolva.

Su función es sedimentar los sólidos del seno del líquido facilitando esta operación por la forma de los tanques, para lograr una eficiencia del 8% en sólidos suspendidos totales se proporciona un tiempo de retención de 4 horas. (ver fig. No. 15).

$$\text{Volumen} = \frac{150\text{m}^3 \times 4\text{h}}{24\text{h}} = 25\text{m}^3$$

Asumiendo una altura de 3m

$$A = \frac{25\text{m}^3}{3\text{m}} = 8.33 \approx 8.4\text{m}^2$$

De donde:

Largo = 5m

Ancho = 1.7m

Por la experiencia se conoce que la mayor eficiencia se consigue con una inclinación de 45° en las tolvas.

Los accesorios del tanque son:

Mamparas, cuya función consiste en obtener una mejor distribución del agua residual en el tanque.

Desnatador para eliminar material de baja densidad, (grasas, aceites, etc).

Vertederos cuya función es permitir la entrada y salida de

agua al tanque.

5.- Bomba.

Su función consiste en bombear el agua del homogeneizador al tanque sedimentador de tolva.

$$\text{Flujo promedio} = 150000 \frac{1}{\text{día}} = 104.16 \frac{1}{\text{min}}$$

Por lo que se recomiendan 2 bombas de 110 $\frac{1}{\text{min}}$ usándose una como repuesto.

6.- Bomba para lodos.

Función: Bombear los lodos del sedimentador de tolva hacia su disposición final.

$$\text{Flujo promedio} = 18300 \frac{1}{\text{día}} \times \frac{\text{día}}{1440\text{min}} = 12.7 \frac{1}{\text{min}}$$

Por lo que se recomiendan 2 bombas de 20 $\frac{1}{\text{min}}$, una de ellas para usarse de repuesto.

2^a Alternativa.

Tanque de sedimentación con adición de floculantes.

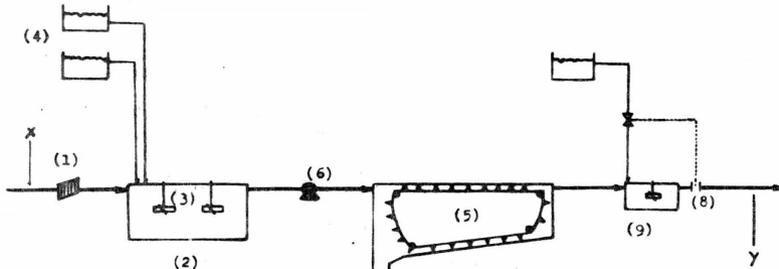
El diagrama de flujo se muestra en la fig. No. 17 en la cual se marcan los puntos x,y, para los cuales se hacen una estimación de los productos contaminantes dependiendo de un balance de masa y de las eficiencias que se indican en la tabla - No. 10.

TABLA No. 10

| Características | Remociones logradas en el sistema. | | |
|-----------------|------------------------------------|--------------|---------|
| | Punto x (Kg) | Punto y (Kg) | % Efic. |
| DBO----- | 478.5----- | 119.6----- | 75 |
| DQO----- | 772.5----- | 540.8----- | 30 |
| NTK----- | 13.7----- | 7.5----- | 45 |

Fig. No. 17

DIAGRAMA DE FLUJO DEL TANQUE D E SEDIMENTACION CON ADICION DE FLOCULANTE



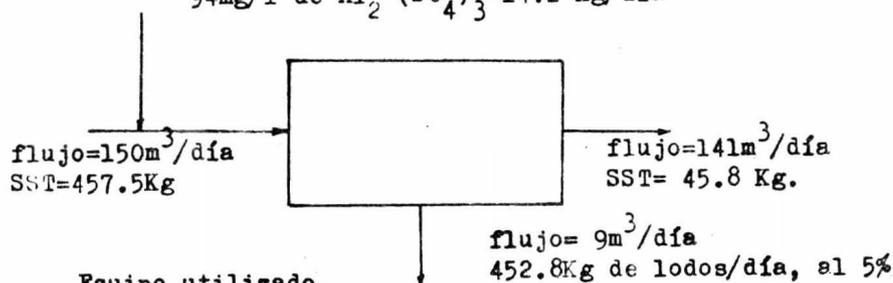
- 1.- Rejillas.
- 2.- Tanque de homogeneización.
- 3.- Mezcladores.
- 4.- Tanques de almacenamiento de reactivos.
- 5.- Tanque de sedimentación.
- 6.- Bomba.
- 7.- Bomba para lodos.
- 8.- Controlador automático de pH.
- 9.- Tanque de neutralización.

| | | | |
|------------------|-----------------|----------------|---------|
| SST | -----457.5----- | -----45.8----- | -----90 |
| Cr ⁺³ | -----12.8----- | -----1.3----- | -----95 |
| S* | -----29.4----- | -----2.9----- | -----90 |
| pH | -----4.5-6----- | -----6-8----- | |

Para el diseño de este sistema se propone el uso de $Al_2(SO_4)_3$ y CaO como coagulantes, basándose en datos de eficiencias y costos, es de hacerse notar que los coagulantes mencionados pueden ser objeto de cambios según las necesidades de la planta para obtener mayores eficiencias o menores costos.

La figura No. 18 presenta el balance general de masa para el sistema de tratamiento, tanque de sedimentación con adición de floculante.

Fig. No. 18
 180mg/l de $CaO=27$ Kg/día
 94mg/l de $Al_2(SO_4)_3=14.1$ Kg/día



Equipo utilizado.

- 1.- Rejillas.
- 2.- Tanque homogeneizador.
- 3.- Mezcladores.
- 4.- Tanques de almacenamiento de reactivos.
- 5.- Tanque de sedimentación.
- 6.- Bomba.
- 7.- Bomba de lodos.
- 8.- Controlador automático de pH.
- 9.- Tanque de neutralización.

Cálculo del equipo.

- 1.- Rejillas.

Para la retención de sólidos gruesos se utilizan rejillas se recomienda que ésta sea de 15 a 30 mm. de claro libre entre barras.

2.- Tanque homogeneizador.

Se recomienda su utilización debido a que los procesos en las curtidurías son intermitentes, y se desea que el proceso de tratamiento sea continuo.

En la industria en estudio el periodo laborable es de 8 - horas al día por lo tanto, se recomienda que el tanque homogeneizador tenga una capacidad igual al flujo de agua por día en la planta, o sea de 150m^3 .

3.- Mezcladores.

Se requiere 0.05 HP por cada m^3 de agua residual, lo que implica que los HP necesarios son.

$$\text{HP} = 150\text{m}^3 \times 0.05 \frac{\text{HP}}{\text{m}^3} = 7.5 \text{ HP}$$

Se requiere un mezclador de 7.5 HP, pero se instalan 2 -- debido al mantenimiento del equipo.

4.- Tanques de almacenamiento de reactivo.

La función de estos tanques es la de almacenar los reactivos que se utilizarán en el homogeneizador para flocular los contaminantes de las aguas.

Se proponen tanques con una capacidad de 500 l para el uso de varios días.

Es de hacerse notar que este equipo es opcional.

5.- Tanque de sedimentación.

Su función consiste en separar del efluente los sólidos -- suspendidos con una eficiencia del 90% por lo que se le da un tiempo de retención de 4 horas.

$$\text{Volumen} = \frac{150\text{m}^3 \times 4\text{h}}{24\text{h}} = 25\text{m}^3$$

Se asume una altura = 4m

$$A = \frac{25\text{m}^3}{4\text{m}} = 6.25\text{m}^2$$

Se recomienda que cuando las áreas sean menores de 10m^2 se utilicen tanques de forma rectangular en los que el largo ----- sea aproximadamente 3 veces el ancho, por lo que las dimensiones propuestas para el tanque son:

$$\text{Largo} = 4.33\text{m} \doteq 4.5\text{m}$$

$$\text{Ancho} = 1.44\text{m} \doteq 1.5\text{m}$$

El tanque debe tener como accesorios.

Rastras para la remoción de sólidos del fondo del tanque.

Desnatador para eliminar material de baja densidad (grasas, aceites, etc).

Vertederos cuya función es la entrada y salida de agua al tanque.

6.- Bomba.

Función: Bombear el agua en tratamiento del tanque de homogeneización al tanque de sedimentación.

$$\text{Flujo promedio} = 150000 \frac{1}{\text{día}} \times \frac{\text{día}}{1440\text{min}} = 104.16 \frac{1}{\text{min}}$$

Por lo que se recomiendan 2 bombas de 110 $\frac{1}{\text{min}}$ usándose una como repuesto.

7.- Bomba para lodos.

Función: Bombear los lodos del sedimentador hacia su disposición final.

$$\text{Flujo promedio} = 9000 \frac{1}{\text{día}} \times \frac{\text{día}}{1440\text{min}} = 6.25 \frac{1}{\text{min}}$$

Por lo que se recomiendan 2 bombas de 10 $\frac{1}{\text{min}}$, una de -----

ellas para usarse como repuesto.

8.- Controlador automático de pH.

Debido a la dosificación de los coagulantes se espera tener un pH alto en el agua residual por lo que se recomienda un medidor de pH automático que neutralice la alcalinidad de las aguas por medio de la dosificación automática de un ácido.

El medidor de pH va conectado a una válvula que tiene como objetivo dejar pasar la solución ácida según las necesidades -- del tanque neutralizador, para lo cual se requiere de un tanque almacenador de ácido que se propone sea de 200 l.

9.- Tanque de neutralización.

Su objetivo es el de neutralizar la solución alcalina proveniente del tanque de sedimentación através de un mezclado con la solución ácida dosificada por el medidor de pH automático.

El tiempo de retención que se da para el mezclado es de 5 min con lo que.

$$V=141000 \frac{l}{día} \times \frac{día}{1440min} \times 5min= 489 l \approx 500l$$

Para efectuar un buen mezclado se propone un mezclador de 1/8 de HP.

3^a Alternativa.

Consta de un tanque de sedimentación primario, un tanque de aereación y un tanque de sedimentación secundario.

El diagrama de flujo del sistema está representado en la fig. No.19 en el cual se marcan los puntos x,y,z, para los cuales - se hace una estimación de los parámetros contaminantes dependiendo de un balance de masa y de las eficiencias que se indican - en la tabla No. 11.

Tabla No. 11

| Características | Remociones logradas por el sistema. |
|-----------------|-------------------------------------|
|-----------------|-------------------------------------|

| | Punto x | Punto y | % Efic. | Punto x | % Efi |
|------------------------|------------|------------|---------|------------|-------|
| DBO----- | 478.5----- | 253.2----- | 45----- | 15----- | 94 |
| DQO----- | 772.5----- | 424.9----- | 45----- | 51----- | 88 |
| NTK----- | 13.7----- | 9.2----- | 33----- | 3.4----- | 63 |
| SST----- | 457.5----- | 137.3----- | 70----- | 15.1----- | 89 |
| Cr ⁺³ ----- | 12.8----- | 6.4----- | 50----- | 3.2----- | 50 |
| GyA----- | 26.3----- | 2.6----- | 90----- | 0.3----- | 90 |
| S ⁼ ----- | 29.4----- | 26.5----- | 10----- | 0----- | 100 |
| pH----- | 6-8.5----- | 6-8.5----- | | 6-8.5----- | |

Balance de masa en el sistema.

Los datos necesarios para plantear el balance de masa son los siguientes:

En el tanque de aereación se plantea que por cada kilogramo de DBO removido se crean por su reproducción 0.3 kilogramos de bacterias aerobias y que de cada kilogramo de sólidos suspendidos hay un 30% de sólidos inertes, los cuales son recirculados como lodos al sistema.

Balance parcial en el sedimentador primario.

La fig. No. 20 muestra el balance de masa en el sedimentador primario, tomando únicamente el flujo de agua y masa de SST, para lo que se hacen necesarios los siguientes cálculos.

Kg de DBO removidos en el tanque de aereación.

$Kg \text{ de DBO} = 263.2 - 15 = 248.2$

Kg de bacterias producidas por el DBO removido en el tanque de aereación.

$Kg \text{ de bacterias} = 248.2 \text{ Kg DBO} \times \frac{0.3 \text{ Kg bacterias}}{\text{Kg DBO}} = 74.4 \text{ Kg}$

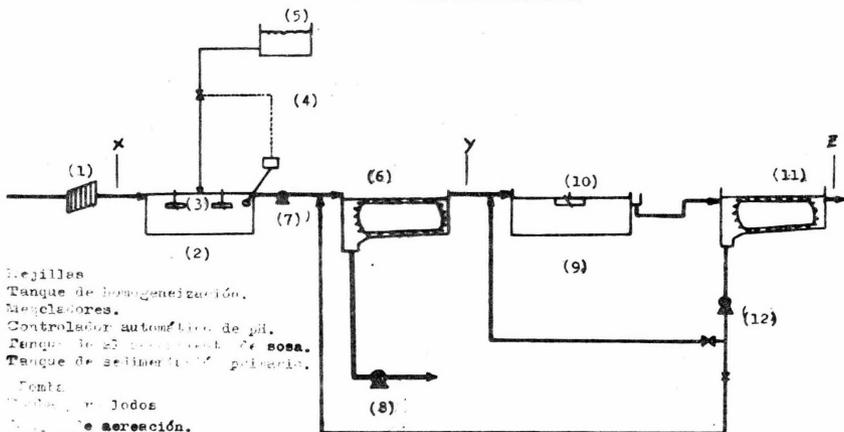
Kg de SST como lodos en el tanque de aereación.

$Kg \text{ de SST} = 137.3 \text{ Kg de SST} \times \frac{0.3 \text{ Kg de lodos}}{\text{Kg de SST}} = 41.2 \text{ Kg de SST}$

como lodos.

Fig. No. 19

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE Lodos ACTIVADOS.



- 1.- Rejillas
- 2.- Tanque de homogeneización.
- 3.- Mezcladores.
- 4.- Controlador automático de pH.
- 5.- Tanque de Na_2CO_3 sosa.
- 6.- Tanque de sedimentación primaria.
- 7.- Bomba
- 8.- Bomba para lodos
- 9.- Tanque de aereación.
- 10.- Aeradores.
- 11.- Tanque de sedimentación secundaria.
- 12.- Bomba para lodos.

De donde la recirculación al sedimentador primario es de:
Recirculación de lodos= $74.4+41.2=115.6$ Kg.

La fig. No. 21 representa el balance parcial de masa del tanque de aereación y sedimentador secundario.

Para tener un buen funcionamiento en el tanque de aereación, la concentración de licor mezclado de sólidos suspendidos debe ser 2500 mg/litro, lo que hace una carga total de 662.5 Kg de L M SS.

En la fig. No. 22 aparece el balance general de masa en el sistema de lodos activados con lo cual se pasa a describir el equipo utilizado.

Equipo utilizado:

- 1.- Rejillas.
- 2.- Tanque de homogeneización.
- 3.- Mezcladores.
- 4.- Controlador automático de pH.
- 5.- Tanque de sedimentación primario.
- 6.- Bomba.
- 7.- Bomba para lodos.
- 8.- Tanque de aereación.
- 9.- Aereadores.
- 10.- Tanque de sedimentación secundario.
- 11.- Bomba para lodos.

Cálculo del equipo.

- 1.- Rejillas.

Para la retención de sólidos guesos se utilizan rejillas, se recomienda que ésta sea de 15 a 30 mm de claro libre entre barras.

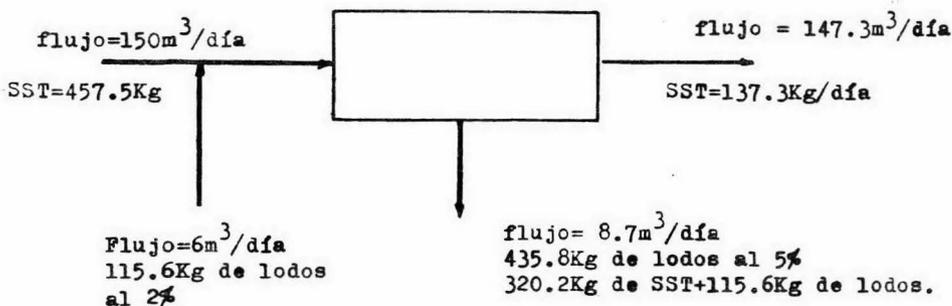
- 2.- Tanque de homogeneizador.

Se recomienda su utilización debido a que los procesos en las curtidurías son intermitentes.

En la industria en estudio el periodo laborable es de 8 ho

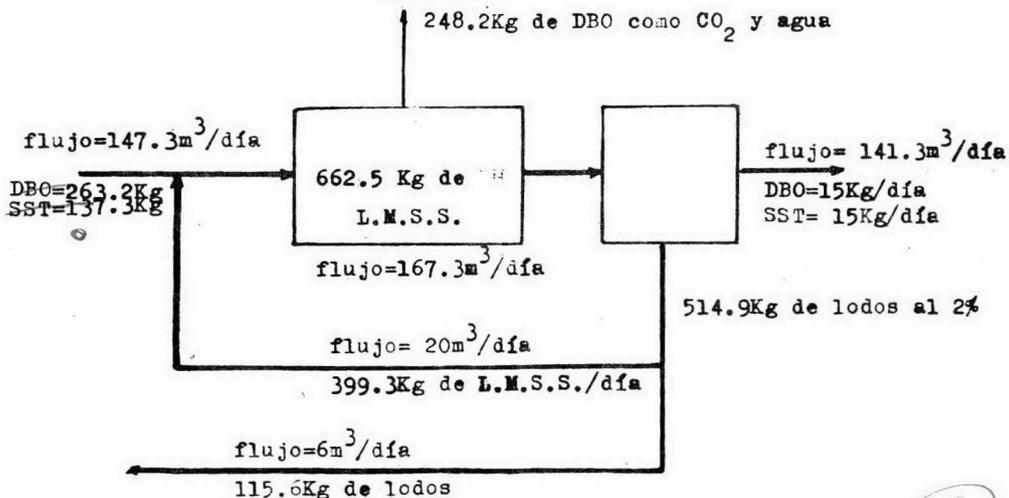
Balance parcial de masa en el sedimentador primario.

Fig. No. 20



Balance parcial de masa en el tanque de aereación y sedimentador secundario.

Fig. No. 21



BALANCE GENERAL DE MASA EN EL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS.

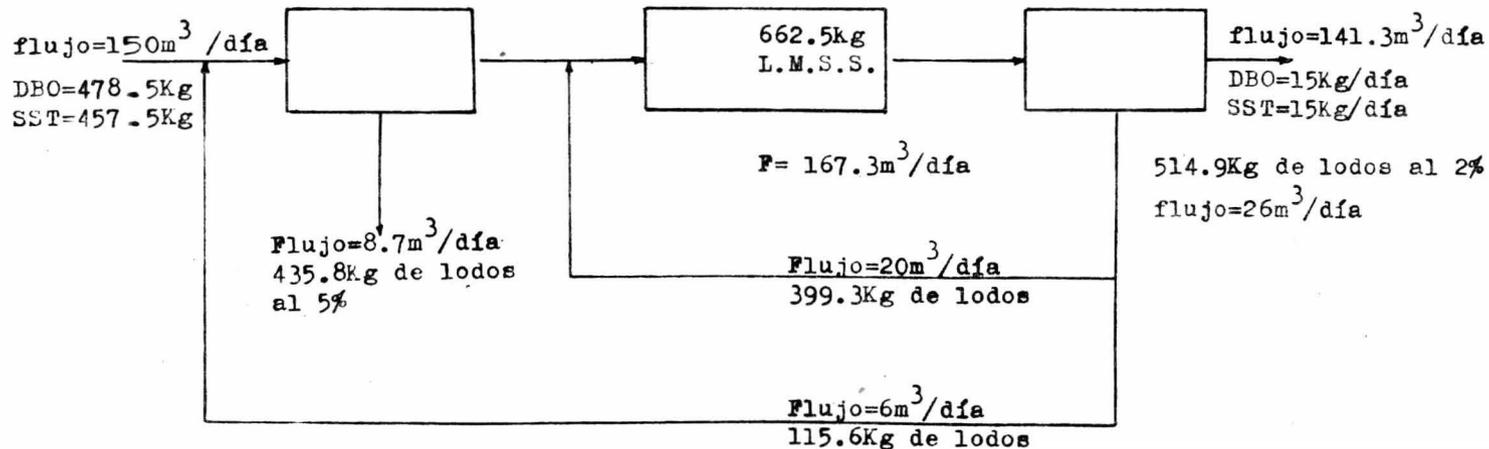
Fig. No. 22

248.2Kg de DBO como CO_2 y H_2O

flujo= $147.3\text{M}^3/\text{día}$

DBO=263.2Kg/día

SST= 137.3Kg/día



ras al día por lo tanto, se recomienda que el tanque homogeneizador tenga una capacidad igual al flujo de agua por día en la planta, o sea de 150m^3 .

3.- Mezcladores.

Se requiere 0.05 HP por cada m^3 de agua residual, lo que implica que los HP necesarios son.

$$\text{HP} = 150\text{m}^3 \times 0.05 \frac{\text{HP}}{\text{m}^3} = 7.5\text{HP}$$

Se requiere un mezclador de 7.5 HP, pero se instalan 2 debido al mantenimiento del equipo.

4.- Controlador automático de pH.

Para el buen funcionamiento del tanque de aereación el agua residual debe llegar con pH entre 6.5 y 8.5, como la variación de pH en el tanque de homogeneización debido a las descargas es ligeramente ácido, será necesario adicionar un agente neutralizador, que se propone sea NaOH por su mayor facilidad de manejo.

El medidor de pH irá conectado a una válvula que tendrá como objetivo dejar pasar la solución alcalina según las necesidades del tanque homogeneizador, para lo cual se requiere de un tanque almacenador de NaOH que se propone sea de 100 l para el suministro de varios días.

5.- Tanque de sedimentación primario.

Su función consiste en separar del efluente los sólidos sedimentables en un 100% y los sólidos suspendidos con una eficiencia aproximada de 70%, para lo cual se le da un tiempo de retención de 4 horas.

$$\text{Volúmen} = \frac{150\text{m}^3 \times 4\text{h}}{24\text{h}} = 25\text{m}^3$$

Se asume una $h=4\text{m}$

$$A = 25\text{m}^3 = 6.25\text{m}^2$$

Se recomienda que cuando las áreas sean menores de $10m^2$ --- se utilicen tanques de forma rectangular en los que el largo --- sea aproximadamente 3 veces el ancho, por lo que las dimensiones propuestas para el tanque son:

$$\text{Largo} = 4.33 \approx 4.5m$$

$$\text{Ancho} = 1.44 \approx 1.5m$$

El tanque debe tener como accesorios:

Rastras para la remoción de sólidos de fondo del tanque.

Desnatador para eliminar material de baja densidad, (grasas, aceites, etc).

Vertederos cuya función es la entrada y salida de agua al tanque.

6.- Bomba.

Función: Bombear el agua en tratamiento del tanque de homogeneización al tanque de sedimentación primario.

$$\text{Flujo promedio} = 150000 \frac{1}{\text{día}} \times \frac{\text{día}}{1440\text{min}} = 104.16 \frac{1}{\text{min}}$$

Por lo que se recomiendan 2 bombas de 110 $\frac{1}{\text{min}}$, usándose una como repuesto.

7.- Bomba para lodos.

Función: bombear los lodos del sedimentador primario hacia su disposición final.

$$\text{Flujo promedio} = 8800 \frac{1}{\text{día}} \times \frac{\text{día}}{1440\text{min}} = 6.1 \frac{1}{\text{min}}$$

Por lo que se recomiendan 2 bombas de 10 $\frac{1}{\text{min}}$, una de ellas para usarse de repuesto.

8.- Tanque de aereación.

Su función es proporcionar un tratamiento secundario (biológico) a las aguas residuales.

Las bases fundamentales de diseño son las siguientes:

Para aprovechar el máximo rendimiento de un tanque de -- aereación, la concentración de licores mezclados de sólidos sus pendidos (LMSS), debe ser 2500 mg/l.

La cantidad de DBO alimentada al sistema debe guardar la re lación, cantidad de alimentación de DBO=0.4Kg DBO/día/Kg LMSS, para la eficáz conservación de los lodos activados.

Del balance de masa se conoce la cantidad de DBO que entra al tanque de aereación y que es de 263.2 Kg/día.

Cálculo del volumen del tanque:

$$\frac{263.2\text{Kg DBO/día}}{0.4 \text{ Kg DBO/día Kg LMSS}} = 658\text{Kg LMSS}$$

$$\frac{658\text{Kg LMSS}}{.0025\text{Kg LMSS/l}} = 263\ 200 \text{ l} \approx 265\text{m}^3$$

La altura recomendada para este tipo de tanque es de 3m, por lo que.

$$A = \frac{265\text{m}^3}{3\text{m}} = 88.3\text{m}^2$$

De aquí se sugieren las siguientes dimensiones

$$\text{Ancho} = 6.64\text{m} \approx 7\text{m}$$

$$\text{Largo} = 13.28 \approx 13\text{m}$$

Cálculo del oxígeno necesario para el proceso.

Se calcula en base a los kilogramos de DBO removidos del eflu ente al final del proceso tomando como base 1.3 Kg de O₂ por Kg de DBO, del balance de masa 248.2Kg de DBO con lo que:

$$\begin{array}{l} \text{O}_2 \text{ requerido} = 248.3 \text{ Kg DBO} \times \frac{1.3 \text{ Kg O}_2}{\text{Kg DBO}} = 322.8 \text{ Kg} \\ \text{de O}_2 \end{array}$$

9.- Cálculo de aereadores.

Los aereadores mecánicos rinden aproximadamente 22 Kg de --

O_2 /HP día. Calculando los HP necesarios para los Kg. de O_2 requeridos se tiene:

$$\text{HP necesarios} = \frac{32.8 \text{ Kg de } O_2}{\frac{22 \text{ Kg de } O_2}{\text{HP día}}} = 14.7 \text{ HP día}$$

Por lo que se recomiendan 2 aeradores de 10 HP c/u.

10.- Tanque de sedimentación secundario:

Su función es separar los sólidos suspendidos de licor mezclado, del efluente final, del balance de masa se tiene que el flujo que maneja el tanque es de $170 \frac{m^3}{\text{día}}$, estimando un tiempo de retención de 4 horas se obtiene un volumen de

$$V = \frac{170 \times 4}{24} = 28.3 m^3$$

Asumiendo una altura de 4m queda:

$$A = \frac{28.3 m^3}{4 m} = 7.1 m^2$$

De donde:

$$\text{Largo} = 4.61 m \doteq 4.5 m$$

$$\text{Ancho} = 1.53 m \doteq 1.5 m$$

Los accesorios del tanque son rastras y vertederos.

11.- Bomba para lodos.

Función: recirculación de lodos a los tanques de sedimentación primaria y de aereación.

$$\text{Flujo promedio} = 26000 \frac{l}{\text{día}} \times \frac{\text{día}}{1440 \text{ min}} = 18 \frac{l}{\text{min}}$$

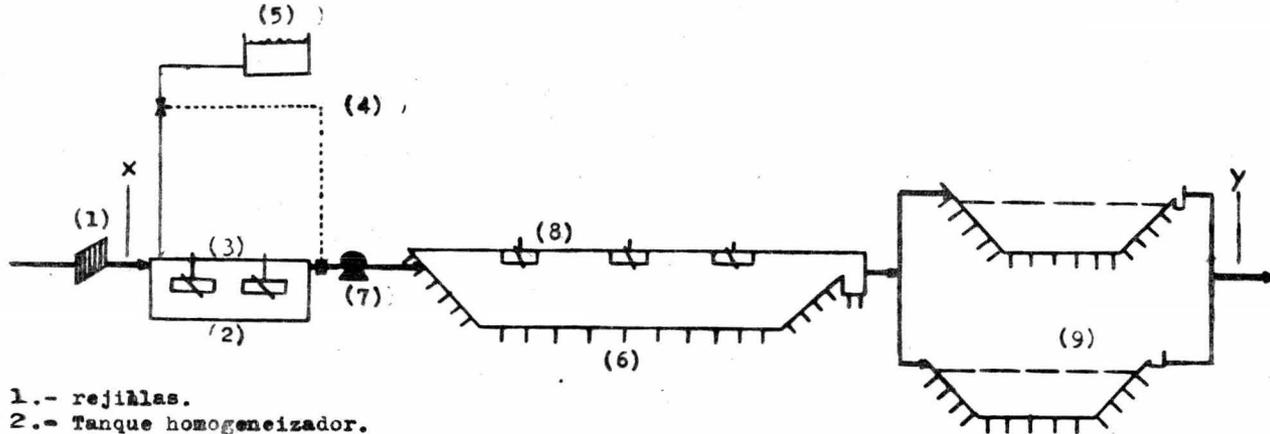
Por lo que se recomiendan 2 bombas de 25 $\frac{l}{\text{min}}$, para tener una de ellas de repuesto.

4^a Alternativa.

Laguna de aereación y laguna de sedimentación,

Fig. No. 23

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE LAGUNA A DE AERACION Y LAGUNA DE SEDIMENTACION



- 1.- rejillas.
- 2.- Tanque homogeneizador.
- 3.- Mezcladores.
- 4.- Controlador automático de pH.
- 5.- tanque de almacenamiento de sosa.
- 6.- Laguna de aereación.
- 7.- Bomba.
- 8.- Aereadores.
- 9.- Lagunas de sedimentación.

El diagrama de flujo se presenta en la fig. No. 23 en la cual se marcan los puntos x,y para los cuales se hace una estimación de los parámetros contaminantes dependiendo de un balance de masa y de las eficiencias que se indican en la tabla No. 12.

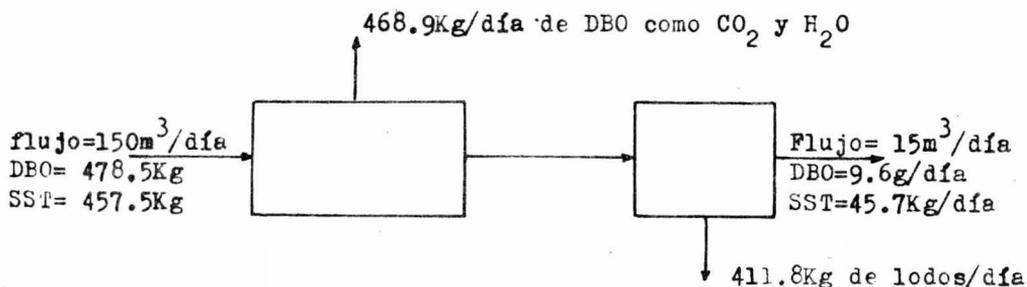
TABLA No. 12

Remociones logradas en el sistema.

| Características | Punto x | Punto y | Eficiencias % |
|------------------------|------------|------------|---------------|
| DBO----- | 478.5----- | 9.6----- | 98----- |
| DQO----- | 772.5----- | 77.25----- | 90----- |
| NPK----- | 13.7----- | 3.4----- | 75----- |
| SST----- | 457.5----- | 45.7----- | 90----- |
| Cr ⁺³ ----- | 12.8----- | 3.2----- | 75----- |
| GyA----- | 26.3----- | 3.4----- | 87----- |
| pH----- | 6.5-8.5 | | |

La fig. No. 24 presenta el balance general de masa para el sistema de tratamiento laguna con aereación y laguna de sedimentación.

Fig. No. 24



Equipo utilizado:

- 1.- Rejillas.
- 2.- Tanque homogeneizador.
- 3.- Mezcladores.

4.- Medidor automático de pH.

5.- Bomba.

6.- Aereadores.

Cálculo del equipo:

1.- Rejillas:

Para la retención de sólidos gruesos se utilizan rejillas, se recomienda que esta sea de 15 a 30mm de claro libre entre ba
rras.

2.- Tanque homogeneizador.

Se recomienda su utilización debido a que los procesos en las curtidurías son intermitentes.

En la industria en estudio el periodo laborable es de 8 ho
ras al día por lo tanto, se recomienda que el tanque homogeneiza
dor tenga una capacidad igual al flujo de agua por día en la plan
ta, o sea de $150m^3$.

3.- Mezcladores:

Se requieren 0.05 HP por cada m^3 de agua residual, lo que im
plica que los HP necesarios son:

$$HP = 150m^3 \times 0.05 \frac{HP}{m^3} = 7.5 \text{ HP}$$

Se requiere un mezclador de 7.5 HP, pero se instalan 2 debi
do al mantenimiento del equipo.

4.- Controlador automático de pH.

Para el buen funcionamiento de la laguna de aereación el aua
residual debe llegar con un pH entre 6.5 y 8.5, como la variación
de pH en el tanque de homogeneización debido a las descargas es
ligeramente ácido, es necesario adicionar un agente neutralizador
que se propone sea NaOH por su mayor facilidad de manejo.

El medidor de pH vá conectado a una válvula que tiene como
objetivo dejar pasar la solución alcalina según las necesidades

del tanque homogeneizador, para lo cual se requiere de un tanque almacenador de NaOH que se propone sea de 100 l para el -- suministro de varios días.

5.- Bomba.

Función: Bombear el agua en tratamiento del tanque de homogeneización a la laguna de aereación.

$$\text{Flujo promedio} = 150000 \frac{1}{1440 \text{min}} = 104.16 \frac{1}{\text{min}}$$

Por lo que se recomiendan 2 bombas de 110 $\frac{1}{\text{min}}$, usandose una como repuesto.

6.- Aeradores:

Cálculo del oxígeno necesario para el proceso.

Se calcula en base a los kilogramos de DBO removidos del efluente al final del proceso, tomando como base 1.3 Kg de O₂ por Kg de DBO, del balance de masa se tiene que fueron removidos 468.9Kg de DBO/día por lo que:

$$O_2 \text{ requerido} = 468.9 \text{Kg DBO} \times 1.3 \frac{\text{Kg } O_2}{\text{Kg DBO}} = 609.6 \text{ Kg de } O_2$$

Los aeradores mecánicos rinden aproximadamente 22 Kg O₂/HP día. Calculando los HP necesarios para los Kg. de O₂ requerido se tiene:

$$\text{HP necesarios} = \frac{609.6 \text{Kg de } O_2}{22 \text{Kg de } O_2 \frac{\text{HP día}}{\text{Kg } O_2}} = 27.7 \text{ HP día}$$

Por lo que se recomienda 3 aeradores de 10 HP, en una distribución tal que existen aproximadamente 15m entre uno y otro para lograr su máxima eficiencia.

Cálculo de la laguna de aereación

Su función es proporcionar un tratamiento secundario (biológico) a las aguas residuales.

Las bases fundamentales de diseño son las siguientes:

Para aprovechar el máximo rendimiento de una laguna de aereación, la concentración de licores mezclados (LMSS), debe ser

500mg/l.

La cantidad de DBO alimentada al sistema debe guardar, - al igual que en los tanques de aereación, la relación cantidad de alimentación de DBO=0.4 Kg DBO/día/Kg LMSS, para la eficaz conservación de los lodos activados.

Del balance de masa se conoce la cantidad de DBO que entra al tanque de aereación y es de 478.5 Kg/día.

$$\frac{478.5 \text{ Kg DBO/día}}{0.4 \text{ Kg DBO/día Kg LMSS}} = 1196.25 \text{ Kg LMSS.}$$

$$0.4 \text{ Kg DBO/día Kg LMSS}$$

$$\frac{1196.25 \text{ Kg LMSS}}{.0005 \text{ Kg LMSS/l}} = 2392500 \div 2400\text{m}^3$$

Altura estimada= 4m

de donde:

$$A = \frac{2400\text{m}^3}{4\text{m}} = 600\text{m}^2$$

Para que el costo de los aereadores sea menor y sabiendo - que la máxima distancia entre aereadores para una buena eficiencia es de 15m se proponen las siguientes dimensiones.

Largo= 43m

Ancho= 14m

Cálculo de las lagunas de sedimentación.

Su función consiste en separar los sólidos suspendidos del efluente final, del balance de materia se sabe que el flujo que maneja es de $150 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$

Los problemas que se presentan en la lagunas de sedimentación es el obtener el tiempo máximo para darle mantenimiento, o sea remover los lodos sedimentados en el fondo.

Para solucionar este problema se intenta dar el mayor tiempo de retención posible, lo que hace que el volumen de la laguna se incremente notablemente, así como el espacio requerido --

para su construcción, por lo que se recomienda construir 2 lagunas de sedimentación con un tiempo de retención de 2 días, para que mientras una esta en funcionamiento se tenga el tiempo necesario para proporcionarle servicio de mantenimiento a la otra.

El volumen de las lagunas es de:

$$V = 150 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 2 \text{ días} = 300\text{m}^3$$

Las dimensiones son de:

Altura= 4m, incluido 1m para la sedimentación de lodos.

$$A = \frac{300\text{m}^3}{3\text{m}} = 100\text{m}^2$$

Largo=10m

Ancho=10m

Hasta este momento se ha realizado la caracterización de una serie de alternativas encaminadas a resolver el problema de la contaminación de las aguas en una industria de curtiduría, ahora se pasa a analizar los posibles fines de las aguas tratadas y de los lodos obtenidos en el tratamiento.

La reglamentación para poder desechar las aguas residuales de la industria marca el cumplimiento de concentraciones en las aguas en cinco diferentes parámetros, en su primer fase y que son señalados a continuación.

| | |
|-----------------------|--|
| Sólidos sedimentables | 1 ml/l |
| Grasas y aceites. | 70 mg/l |
| Materia flotante. | ninguna que pase por una malla de 3mm. |
| Temperatura. | Hasta 35° C |
| pH | 4.5-10 |

Como segunda fase laSRH reglamenta parámetros tales como DBO, DQO, detergentes, materiales tóxicos, etc. con lo que se espera poder detener la contaminación de las fuentes receptoras por lo tanto se debe pensar en un futuro para cuantificar las -----

Posibilidades del tratamiento a llevarse a cabo en una industria.

Las alternativas son presentadas en orden de complejidad y de eficiencia para poder estimar cual de ellas en un futuro cercano no sera la más viable para su utilización.

La primera alternativa presenta un efluente final que se enmarca dentro de las exigencias actuales para el desecho a las redes municipales de las aguas industriales, pero de ninguna manera - presenta la posibilidad de su reutilización en la industria pues todavía existe una alta concentración de contaminante.

La segunda alternativa muestra que las aguas tratadas cumplen también con los parámetros exigidos para su disposición en los colectores municipales, pero además presenta la posibilidad de realizar una serie de estudios para su posible reutilización en la industria por su bajo contenido de Cr^{+3} y $S^{=}$.

Las alternativas 2 y 4 se proyectan a un futuro pues su primordial función se encuentra en abatir los parámetros designados como DBO, DQO y $S^{=}$, estos tratamientos son de origen biológico, y como es de suponerse su conservación y aplicación son bastante mas complejas que en las alternativas anteriores, pero amplían la posibilidad de una reutilización de las aguas tratadas previa cloración.

La disposición de lodos para esta industria se debe realizar secándose sobre lechos de arena o filtros al vacío, ya que su alto contenido de sal inhibe la digestión, utilizándose despues - como relleno de terrenos o bien como fertilizantes.

REUSO DE AGUA Y RECUPERACION DE SUBPRODUCTOS.

En México, la industria de la curtiduría no practica nuevos procesos en la manufactura de sus productos, los principios si-guen siendo los mismos que se han empleado tradicionalmente. Lo que ha incrementado notablemente la producción es la maquinaria

moderna y los reactivos químicos empleados, que reducen significativamente el tiempo de curtido. El agua es siempre necesaria para los procesos de manufactura y es indudable que el empleo adecuado de ella, le da una alta calidad al producto terminado. Es por esto que debe existir un punto de equilibrio en el uso del agua pues muchas veces no se tiene cuidado del uso y desperdicio que se le da a este elemento.

El agua que se emplea en las operaciones del proceso, queda prácticamente inutilizada para recircularla o para emplearla en otro paso productivo. Si se analiza en el remojo y lavado sirve precisamente para quitar impurezas de los cueros, no podrá haber recirculación en dicha operación. En el depilado, descarnado y dividido, desescalado y lavado y rendido, la concentración de contaminantes también es alta, imposibilitando nuevamente su utilización.

La única posibilidad de recirculación de agua es la empleada en el lavado ácido y curtido, pues algunas plantas emplean la misma solución de lavado ácido para curtir agregando naturalmente los materiales curtientes.

Salvo que las aguas residuales se sujeten a un tratamiento, no pueden emplear nuevamente en las primeras operaciones del proceso de manufactura o con fines de irrigación.

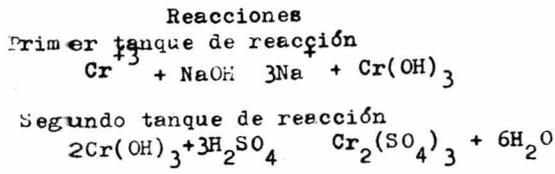
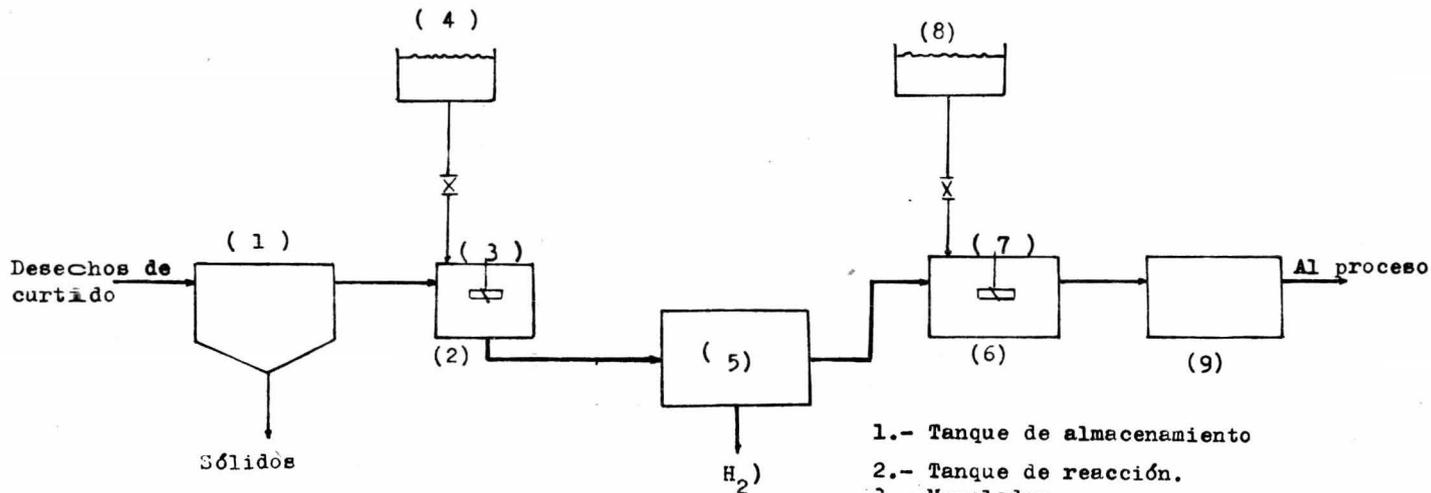
En cuanto a la recuperación de subproductos el factor económico juega un papel importante pues cuando resulta conveniente, lleva además el ahorro de un posible tratamiento de aguas residuales, que no está altamente afectada en la concentración de los contaminantes originados por estas materias.

Las materias primas que básicamente se recuperan son las empleadas como agentes curtientes, en particular las sales de cromo,

La recuperación de sales de cromo se puede efectuar de la siguiente forma: la solución de curtido que ya se ha empleado y

RECUPERACION DE CROMO

Fig. N o. 25



- 1.- Tanque de almacenamiento
- 2.- Tanque de reacción.
- 3.- Mezclador.
- 4.- Tanque de almacenamiento de sosa.
- 5.- Filtro prensa.
- 6.- Tanque de reacción.
- 7.- Mezclador.
- 8.- Tanque de almacenamiento de H_2SO_4
- 9.- Tanque de almacenamiento.

que queda como sobrante, se almacena en un tanque de contención donde se sedimentan los sólidos mayores, posteriormente se efectúa la precipitación del hidróxido de cromo $\text{Cr}(\text{OH})_3$ mediante la adición de sosa cáustica (NaOH). A continuación se concentra el hidróxido de cromo mediante la filtración de la corriente en un filtro prensa, para posterior redisolución de ácido sulfúrico (H_2SO_4), con objeto de formar el sulfato de cromo $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ fig. 25. Se ha informado en estudios recientes que en la preparación de solución de curtido puede adicionarse cromo recuperando hasta una tercera parte, y que la recuperación de cromo para la renovación de la solución de curtido permite utilizar aproximadamente 10 veces la solución de curtido sin que resulte dañina al producto.

En algunas tenerías se recuperan los subproductos originados del proceso para su utilización, como materia prima, para otros propósitos, entre ellos podríamos señalar a los desechos del depilado, usados en la manufactura de alfombras y tapicería; los desechos del descarnado se emplean en la elaboración de productos alimenticios para animales, manufacturas de gomas, lacas aceites; los desechos del cortado de las partes indeseables de la piel se emplean como cubierta para pisos, manufactura de cartón, etc.

En estudios efectuados en otros países, principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica, se ha reportado el uso de las soluciones de desengrasado para la elaboración de jabón, la solución de encalado después de la sedimentación, para mezclar el lodo formado con otros desperdicios de la planta y venderlos como fertilizantes, la solución de lavado ácido se puede reutilizar varias veces dentro de la planta con previo acondicionamiento con nuevos reactivos químicos.

Los costos de recuperación de subproductos, y tratamientos estarán en función de la cantidad y precio de los productos recuperables.

Cap. VI.

ANTEPROYECTO DE COSTOS.

En este capítulo se hace una estimación de costos para las diferentes alternativas presentadas en el capítulo anterior. Los costos se reportan en base al equipo utilizado en los sistemas de tratamiento, y deben considerarse precios hasta diciembre de 1975, para su determinación a fechas futuras ó anteriores es necesario utilizar un factor de conversión de acuerdo a los incrementos de costo en los materiales y equipos utilizados. En cuanto a costos de instalaciones, eléctricas, instrumentación, tubería y acondicionamiento de terreno se estima en porcentaje basado en el costo total del equipo. No se incluyen costos de mantenimiento, instalación, operación etc, debido a la diversidad de variables existentes para poder determinar un costo promedio en cada una de las operaciones mencionadas. La estimación de costos se debe tomar con la mayor reserva dado que los fabricantes difieren en los precios de un mismo equipo.

$$\begin{aligned}\text{Costo de concreto} &= \$ 2500.00/\text{m}^3 \\ \text{Excavación} &= 30.00/\text{m}^3\end{aligned}$$

El costo reportado para los sedimentadores incluye los accesorios tales como, vertederos, mamparas rastras y desnatadores.

1^a Alternativa.

TANQUE DE SEDIMENTACION DE TOLVA.

| EQUIPO | COSTO. |
|--|------------|
| Rejillas (15 a 30mm de claro libre) | \$ 5000.00 |
| Tanque de homogeneización (concreto volumen=150m ³ + 20m ³ (adicionados para evitar derrames). | 95000.00 |
| 2 Mezcladores de 7.5 HP. | 120000.00 |
| Tanque de sedimentación de tolva (concreto volumen= 25m ³ + 4m ³ (adicionados para evitar derrames). | 56000.00 |

| | |
|--|-------------|
| 2 Bombas de 110 litros/minuto. | 40000.00 |
| 2 Bombas para lodos de 20 litros/minuto. | 25000.00 |
| | <hr/> |
| Subtotal..... | \$341000.00 |
| Instrumentación 4% | 13640.00 |
| Instalaciones eléctricas 5% | 17050.00 |
| Tubería 4% | 13640.00 |
| Acondicionamiento de terreno 5% | 17050.00 |
| Costos varios 10% | 34100.00 |
| | <hr/> |
| T o t a l..... | \$436580.00 |

2^a Alternativa.

TANQUE DE SEDIMENTACION CON ADICION DE FLOCULANTE.

| EQUIPO. | COSTO. |
|--|-------------|
| Rejillas (15 a 30mm de claro libre) | \$ 5000.00 |
| Tanque de homogeneización (concreto) volumen=150m ³ + 20m ³ (adicionados para evi tar derrames). | 95000.00 |
| 2 Mezcladores de 7 1/2 HP. | 120000.00 |
| 2 Tanques de almacenamiento de reactivos Volumen= 500 litros (disponible en la indus tria). | |
| Tanque de sedimentación (concreto) Area= 6.75 m ² . | 170000.00 |
| 2 Bombas de 110 litros/minuto. | 40000.00 |
| 2 Bombas para lodos de 10 litros/minuto. | 12500.00 |
| Controlador automático de pH. | 25000.00 |
| Tanque de neutralización volumen- 500 litros. (disponible en la industria). | |
| Mezclador de 1/8 HP. | 5000.00 |
| | <hr/> |
| Subtotal..... | \$472500.00 |

| | |
|---------------------------------|-----------------|
| Instrumentación 4% | 18900.00 |
| Instalaciones eléctricas 5% | 23630.00 |
| Tubería 4% | 18900.00 |
| Acondicionamiento de terreno 5% | 23630.00 |
| Costos varios. 10% | <u>47250.00</u> |

T o t a l.....\$ 604810.00

Los costos de reactivos adicionados al sistema, no se toman en cuenta debido a la variabilidad de los precios en el mercado y a la necesidad de tomar un tiempo límite para cuantificar el consumo.

3^a Alternativa.

TANQUE DE SEDIMENTACION PRIMARIO, TANQUE DE AERACION Y TANQUE DE SEDIMENTACION SECUNDARIO.

| EQUIPO. | COSTO. |
|--|-----------------|
| Rejillas (15 a 30mm de claro libre) | 5000.00 |
| Tanque de homogeneización (concreto) volumen= 150m ³ (adicionados para evitar derrames). | 95000.00 |
| 2 Mezcladores de 7 1/2 HP. | 12000.00 |
| Controlador automático de pH. | 25000.00 |
| Tanque para almacenamiento de sosa volumen= 100 litros disponible en la industria. | |
| Tanque de sedimentación primario Area= 6.75m ² | 170000.00 |
| 2 Bombas de 110 litros/minuto. | 40000.00 |
| 2 Bombas para lodos de 10 litros/minuto | 12500.00 |
| Tanque de aereación (concreto) volumen=265m ³ + 10m ³ (adicionado para evitar derrames) | 150000.00 |
| 2 Aereadores de 10HP | 258000.00 |
| Tanque de sedimentación secundario (concreto) Area=6.751m ² | 170000.00 |
| 2 Bombas para lodos de 25 litros/min. | <u>25000.00</u> |
| Subtotal..... | \$1065500.00 |

| | |
|---------------------------------|---------------------|
| Instrumentación 8% | \$ 85240.00 |
| Instalaciones eléctricas 9% | 95900.00 |
| Tubería. 4% | 42620.00 |
| Acondicionamiento de terreno 5% | 53280.00 |
| Costos varios.10% | <u>106550.00</u> |
| T o t a l..... | \$1449090.00 |

4^a Alternativa.

LAGUNA DE AEREAACION Y LAGUNA DE SEDIMENTACION.

| EQUIPO | COSTO. |
|---|---------------------|
| Rejillas (15 a 30mm de claro libre). | \$ 5000.00 |
| Tanque de homogeneización (concreto) volumen=150m ³ + 20m ³ (adicionados para evitar derrames). | 95000.00 |
| 2 Mezcladores de 71/2 HP. | 120000.00 |
| Controlador automático de PH. | 25000.00 |
| Tanque de almacenamiento de sosa (volumen=100 litros) disponible en la industria. | |
| 2 Bombas de 110 litros/minuto. | 40000.00 |
| 3 Aereadores de 10 HP. | 37500.00 |
| Laguna de aereación volumen= de excavación= 2400m ³ . | 72000.00 |
| 2 Lagunas de sedimentación volumen de excavación= 400m ³ . | <u>24000.00</u> |
| Subtotal.... | \$ 760500.00 |
| Instalación 2% | 15210.00 |
| Instalaciones eléctricas 2% | 15210.00 |
| Tubería 1% | 7610.00 |
| Acondicionamiento de terreno 5% | 38030.00 |
| Costos Varios. 10% | <u>76050.00</u> |
| T o t a l | \$912610.00 |

Cap. VII

CONCLUSIONES.

Por el origen y cantidad de contaminantes, son las industrias las que más contribuyen a que las aguas de los cuerpos - receptores se contaminen, en perjuicio de las zonas urbanas - que las rodean y de la ecología del lugar en general, es por lo tanto de sumo interés para la sociedad el evitar que desechos industriales pongan en peligro el bienestar social de una comunidad. Esta meta únicamente puede alcanzarse en la medida en que todos los integrantes de esa sociedad ayuden con su esfuerzo individual a contrarrestar el hacinamiento humano, y -- con medidas que contribuyan a que las industrias no contaminen el ambiente en general con los desperdicios inherentes a los procesos fabriles que llevan a cabo.

En la actualidad con el proceso de desarrollo que ha obtenido nuestro país se hace necesario para el bienestar social un reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas, el cual ya ha sido dictado por la SRH y la SSA y que en un plazo perentorio llevan hacia la consecución de una primera meta en el control de los desechos industriales.

Este plan ha sido dividido en 2 etapas la primera de las - cuales entra en vigor en septiembre de 1976, por lo tanto los industriales e ingenieros sanitarios del país se han evocado a implementar procesos de tratamiento que los conduzcan a cumplir con los parámetros señalados, sin olvidar que la segunda etapa reglamenta otra serie de parámetros de interés en la -- evaluación de la contaminación acuática.

Si se estudian con detenimiento las tablas de producción, importación y consumo de pieles, así como de características de la industria nacional de curtiduría se puede observar el - auge e importancia que tiene esta rama industrial en el país, con un índice promedio de crecimiento en cuanto al consumo de

un 9% anual, contrastando este dato con la nula tecnología en cuanto al control de la contaminación en sus procesos, lo cual lleva a afirmar que en este tipo de industrias es de interés inmediato el abatimiento de contaminantes en sus aguas residuales, ya que estos por lo general se encuentran muy por encima de los límites requeridos para los cuerpos receptores.

La primera alternativa de tratamiento que se plantea tiene las ventajas de ser barata, cumplir con los requisitos de control actuales, y permitir en un futuro su fácil adaptabilidad a un tratamiento mas completo tal como se presenta en la segunda alternativa, o bien para formar parte de un sistema mas complejo con el de los tratamientos biológicos según las necesidades de la industria en los parámetros de las aguas residuales. La única desventaja que se observa en su aplicación es el tiempo de funcionamiento que tiene como sistema, ya que toda vía las concentraciones de contaminantes en su efluente final son muy grandes, y cuando empieza a regir la segunda fase de control, su operación como sistema no cumple con las normas que se establecen, debiéndose integrar como una parte de otro sistem. Si la industria en particular es capaz de planificar al futuro otro sistema más completo tomando únicamente esta alternativa como un elemento de ese sistema mas eficiente, es recomendable su instalación inmediata.

La segunda alternativa también cumple con la reglamentación actual y su eficiencia de tratamiento es mayor que el de la primera alternativa, pudiéndose esperar que en un futuro alcance los límites de la segunda fase de control, pero que de ninguna manera nos proporciona un efluente con un bajo índice de contaminación y su utilización será a fin de cuentas temporal ya que en un lapso corto de tiempo el control sobre la contaminación tiene que hacerse más rígido, pues como se apunta anteriormente es un problema que se agudiza día a día con el crecimiento industrial, por lo que su aplicación actual no es

recomendable al ser un sistema de mayor costo que el primero - y no fundamentar un avance considerable en el tratamiento de - las aguas residuales.

La tercera alternativa que se presenta se basa fundamentalmente en un tratamiento de tipo biológico, y su eficiencia es muy superior a las alternativas ya analizadas, siendo un sistema tal, que puede con ligeras modificaciones trabajar con el control deseado para cualesquiera circunstancias, el problema fundamental que presenta este sistema es que al trabajar con organismos vivos requiere de un amplio control y un cuidadoso manejo y mantenimiento pues hay que mantener las condiciones óptimas para el desarrollo bacteriano cuya función es primordial para obtener buenas eficiencias en el efluente final, su costo es el más alto de los tratamientos estudiados pero si la meta del industrial es terminar en un solo paso con el problema de contaminación que presentan sus aguas este o cualquier otro tratamiento de tipo biológico es lo más recomendable.

La última alternativa es comparable con la anterior en cuanto a las eficiencias logradas en el abatimiento de contaminantes, y como en ella, se necesita un gran control en el proceso general agregándose a este un intervalo de temperaturas -- que no siempre puede lograrse por estar el sistema a la intemperie y siendo esto fundamental para el desarrollo bacteriano le quita muchas posibilidades de funcionamiento a este sistema, otra de las variables que mengua en mucho el factible uso de -- este proceso es la disponibilidad de terreno para la construcción de las lagunas, es por tanto un sistema recomendable de -- control, siempre y cuando el industrial pueda resolver las ---- cuestiones antes mencionadas.

Para tener una idea más clara de los fundamentos de las -- conclusiones obtenidas, se presenta a continuación los resume--- nes de los procesos en las tablas 13 y 14 y las gráficas 4 y 5

CONCENTRACION DE CONTAMINANTES EN EL EFUENTE FINAL.

TABLA No. 13

| | 1 ^a Alternativa mg/litro | 2 ^a Alternativa mg/litro | 3 ^a Alternativa mg/litro | 4 ^a Alternativa mg/litro |
|------------------|--|--|--|--|
| D B O | 1754.6 | 797.3 | 100 | 64 |
| D Q O | 2832.6 | 3605.3 | 340 | 514 |
| N T K | 61.3 | 50.0 | 22.6 | 22.6 |
| S S T | 613.3 | 305.3 | 100.6 | 304.6 |
| Cr ⁺³ | 33.3 | 8.6 | 2 | 22.6 |
| S ⁼ | 176.6 | 19.3 | 0 | 0 |
| pH | 4.5-6 | 6-8 | 6-8.5 | 6.6-8.5 |

EFICIENCIAS TOTALES EN CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS.

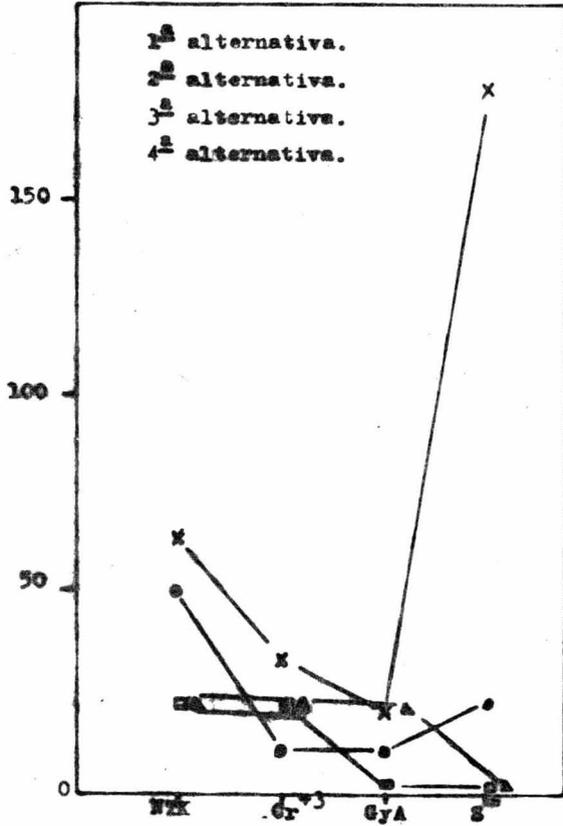
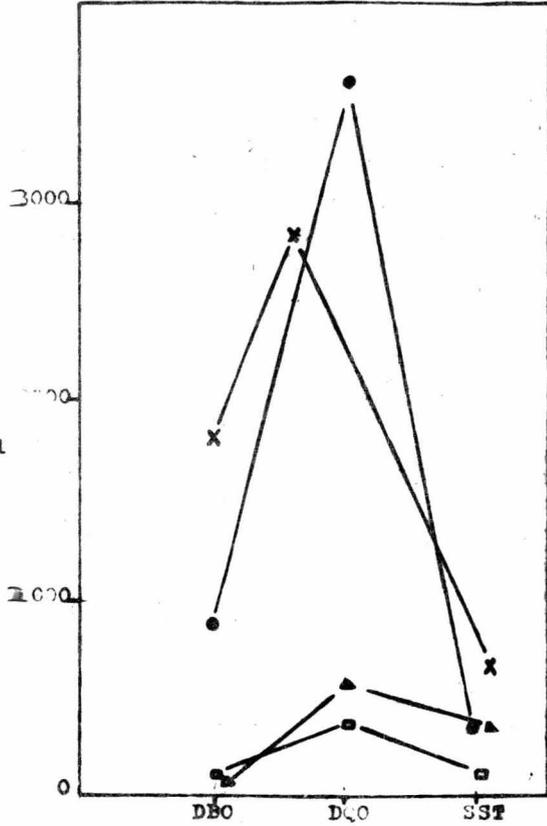
Tabla No. 14.

| | 1 ^a Alternativa | 2 ^a Alternativa | 3 ^a Alternativa | 4 ^a Alternativa |
|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| D B O | 45 | 75 | 97 | 98 |
| D Q O | 45 | 30 | 94 | 90 |
| N T K | 33 | 45 | 75 | 75 |
| S S T | 80 | 90 | 97 | 90 |
| Cr ⁺³ | 60 | 90 | 75 | 75 |
| GyA | 90 | 95 | 99 | 87 |
| S ²⁺ | 10 | 90 | 100 | 100 |

CONCENTRACION DE CONTAMINANTES EN EFLUENTES PINALES.

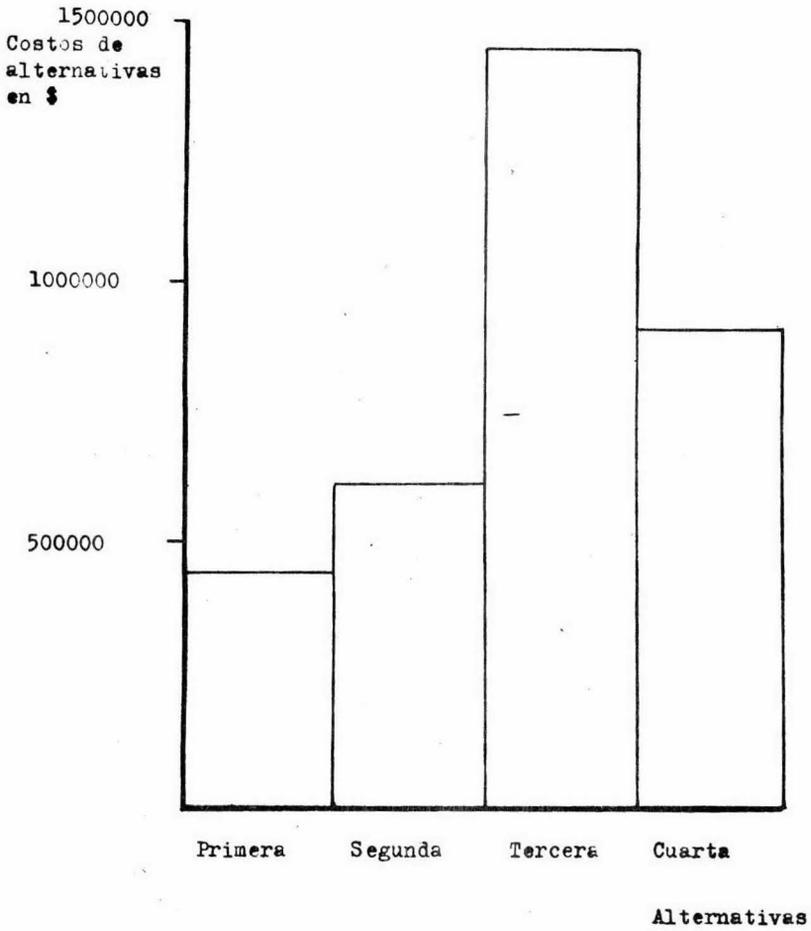
Grafica No. 4

Concentración esperada en mg/l



COSTOS DE LAS ALTERNATIVAS EN ESTUDIO.

Gráfica No. 5



BIBLIOGRAFIA.

Aguirre-Gloyna.

Design Guides for Biological Wastewater.

Center for Research in Water Resources.

University of Texas, May 1970.

A.P.H.A., A.W.W.A., W.P.C.F.

Standard Methods for The Examination of Water and Waste water.

13^a Edición, pag. 50-52, 254, 367-376, 489-500.

New York, 1971.

Culp and Culp.

Advanced Wastewater Treatment.

4^a Reimpresión, Van Nostrand Reinhold Company.

New York, 1971.

Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York.

Manual de Tratamiento de Aguas Negras.

3^a Edición, Limusa S.A.

México D.F., 1973

Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York.

Manual de Tratamiento de Aguas.

1^a Edición, Limusa S.A.

México D.F., 1973.

Dirección General de Estadística.

Avance al resumen general de IX censo industrial de 1971.

S.I.C.

México D.F., datos de 1970.

Dirección General de Estadística.

IX Censo industrial de 1971.

S.I.C.

México D.F., datos de 1970.

Eye J.D. And Liu L.

Treatment of Wastes From a Sole Leather Tannery.

Journal W.P.C.F.

University of Cincinnati, Ohio, Noviembre de 1971.

Eye J.D.

Tannery Wastes.

Literature Review Vol. 42, No. 6 June 1970.

Literature Review Vol. 43, No. 6, June 1971.

Literature Review Vol. 44, No. 6, June 1972.

Literature Review Vol. 45, No. 6, June 1973.

Journal W.P.C.F.

University of Cincinnati, Ohio.

F.W.P.C.A.

The Cost of Clean Water.

Industrial Waste Profiles No. 7, Leather Tanning and Finishing, Vol. III, Pag. 11-17.

New York, September 1967.

Industria Mexicana.

La industria que trabaja con pieles.

Pag. 14-16.

México D.F., Enero 1975.

Kirk-Othmer.

Enciclopedia de Tecnología química.

1^a Edición en español, Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana.

México D.F. 1971.

Lund H.P.

Industrial Pollution Control Hand book.

1^a Edición, M^C Graw-Hill.

New York, 1971.

Nemerow N.L. and Armstrong R.

Combined Treatment of Tannery and Municipal Wastes.
Water and Wastes Engineering.

15th Ontario Industrial Waste, Conference.

Ontario Can., 1964.

Memerow N.L.

Theories, Practices, and Treatment.

1^a Edición, Addison-Wesley.

Syracuse, 1971.

Salvato J.A. Jr.

En vironmental Engineering and Sanitation.

1^a Edición, Wiley-Interscience.

U.S.A., 1972.

Sawger CN., M^C Carty P.L.

Chemistry for Sanitary Engineers.

2^a Edición, Pag. 314-486, Mc. Graw-Hill.

New York, 1967.

Tomlinson H.D., Thackston, Krenkal, M^C Koy.

Laboratory Studies of Tannery Waste Treatment.

Journal W.P.C.F., Vol. 41, No. 4

New York, 1970.

United States Environmental Protection Agency.

Leather Tanning and Finishing.

New York, November 1973.

United Nations.

Statiscal Year Book.

New York, 1974.