

UNIVERSIDAD
DR. JOSÉ MATÍAS DELGADO
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



“Diseño de un sistema de purificación de agua contaminada para su reutilización y aplicación en usos industriales: Rama Textil”.

TESIS DE GRADUACIÓN

Juan Carlos Jule Moreno.

PREVIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

SEPTIEMBRE 2007

SAN SALVADOR

EL SALVADOR

CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DR. JOSÉ MATÍAS DELGADO
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



DR. DAVID ESCOBAR GALINDO
RECTOR

LIC. CARLOS QUINTANILLA SCHMIDT
VICE-RECTOR

DR. FERNANDO BASILIO CASTELLANOS
VICE-RECTOR ACADÉMICO Y SECRETARIO GENERAL

ING. SILVIA REGINA BARRIOS DE FERREIRO
DIRECTORA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD DR. JOSÉ MATÍAS DELGADO
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



COMITÉ DE TESIS

ING. SILVIA REGINA BARRIOS DE FERREIRO

DIRECTORA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ING. EDGARDO ALFONSO MARTÍNEZ MONTALVO

COORDINADOR DEL PROCESO DE GRADUACIÓN

ING. RENÉ HERNÁN LINARES SILVA

DOCENTE

JURADO EVALUADOR

PRESIDENTE

ING. JOSE ROBERTO DEHAIS RIVAS

PRIMER VOCAL

ING. MANUEL DE JESÚS MONCHEZ BONILLA

SEGUNDO VOCAL

ING. RAFAEL ERNESTO LINO BARRAZA

ASESOR

ING. MARCO ANTONIO DÍAZ DE LEÓN

DEDICATORIA.

Le doy gracias a Dios todo poderoso por haberme dado la oportunidad y los recursos para poder finalizar mi carrera. Y por poner en mi camino a todas las personas que en su momento me dieron su mano para realizar esta meta: familia, amigos, profesores, compañeros de clase y demás personal de la Universidad.

Juan Carlos Jule Moreno.

Índice.

No. Página

Capítulo Uno. Introducción al tratamiento de agua.

1.1. Introducción.	1
1.2. Planteamiento del problema.	4
1.3. Delimitación del tema.	5
1.4. Antecedentes	6
1.5. Justificación e Importancia del tema.	11
1.6. Marco Teórico.	13
1.6.1. El algodón.	13
1.6.1.1. Almacenamiento de materia prima.	13
1.6.1.2. Preparación de fibras.	13
1.6.1.3. Teñido del hilado.	14
1.6.1.4. Engomado.	14
1.6.1.5. Quemado.	14
1.6.1.6. Desengomado.	14
1.6.1.7. Mercerizado.	14
1.6.1.8. Descrude.	15
1.6.1.9. Blanqueo.	15
1.6.1.10. Teñido.	15
15	
1.6.2. La Lana.	17
1.6.2.1. Lavado de la fibra cruda.	17
1.6.2.2. Preparación de la fibra.	17
1.6.2.3. Batanado.	17
1.6.2.4. Teñido y blanqueo.	17
1.6.2.5. Carbonizado.	18
1.7. Objetivos.	20
1.7.1. Objetivo General.	20
1.7.2. Objetivos Específicos.	20

1.8. Hipótesis del estudio.	21
Capítulo Dos. Investigación del proceso y contaminantes de la industria textil.	
2.1. Metodología de la Investigación.	23
2.1.1. Objetivo de la investigación.	23
2.1.2. Tipo de investigación a realizar.	23
2.1.3. Población a investigar.	24
2.1.4. Recopilación de datos del proceso y contaminantes.	25
2.1.5. Procesamiento de los datos.	26
2.1.5.1. Niveles de contaminación por proceso.	28
2.2. Análisis de la información	33
2.2.1. La demanda biológica y química de oxígeno	33
2.2.2. Sólidos	36
2.2.3. Grasas	37
2.2.4. Detergentes.	38
2.2.5. Consumo de agua promedio.	40
2.2.6. Otras apreciaciones	40
2.2.7. Peligrosidad de efluentes	42
2.2.8. Descargas de los procesos	42
2.3. Reutilización del agua.	44
2.4. Reacciones químicas secundarias.	45
2.5. Operacionalización de las hipótesis.	46
2.6. Resultados de la investigación.	48
2.6.1. Descripción de los procesos.	48
2.6.2. Tipos de tratamientos.	48
2.6.3. Tipos de contaminantes.	49
2.6.4. Tipos de contaminantes de los efluentes.	53

Capítulo Tres. Identificación tratamientos de aguas.

3.1. Identificación de procesos adecuados para eliminar los contaminantes.	54
3.1.1. Pretratamiento y tratamiento físico.	55
3.1.1.1. Microtamizado.	56
3.1.1.2. Clarificación.	56
3.1.2. Tratamiento primario o físico-químico.	57
3.1.2.1. Clarificación.	57
3.1.2.2. Tratamiento con ozono.	62
3.1.2.3. El pH	63
3.1.2.4. Tratamiento de fenoles.	64
3.1.3. Tratamiento secundario o biológico.	66
3.1.4. Tratamiento terciario o biológico y físico-químico.	69
3.2. Métodos de tratamiento en la industria AMSS.	73

Capítulo Cuatro. Diseño del sistema..

4.1. Formulación del sistema.	75
4.2. Sobre el diseño del sistema de tratamiento de agua.	77
4.2.1. Requisitos gubernamentales de los efluentes.	77
4.2.2. Contenidos en el diseño del sistema de purificación de agua.	79
4.3. Sistema de purificación de agua.	80
Manual de Operaciones.	81

Capítulo Cinco. Reutilización del agua.

5.1. Introducción.	133
5.2. Reutilización de agua en el proceso.	134
5.3. Agua de proceso sin tratamiento previo.	135
5.4. Agua de proceso con tratamiento previo.	136

5.5. Nuevos estudios sobre reutilización de aguas.	137
Capítulo Seis. Métodos de financiamiento.	
6.1. Introducción sobre financiamientos.	138
6.2. Ayudas financieras.	139
6.3. Instituciones financieras.	140
6.4. Incentivos fiscales.	141
Capítulo Siete. Conclusiones y recomendaciones.	
7.1. Conclusiones.	142
7.2. Recomendaciones.	144
ANEXOS	
Anexo 1. Gráfica del proceso del algodón.	146
Anexo 2. Gráfica del proceso de la lana.	147
Anexo 3. Instrumento utilizado para la investigación.	148
Anexo 4. Explicación de la curva de crecimiento bacteriano.	149
Anexo 5. Curva de crecimiento bacteriano.	153
Anexo 6. Gráfica de recursos de agua subterráneos.	154
Anexo 7. Gráfica de recursos de agua superficiales.	155
Anexo 8. Explicación matemática y relaciones del pH.	156
Anexo 9. Agua sin tratamiento.	157
Anexo 10. Agua con tratamiento.	158
GLOSARIO.	159
BIBLIOGRAFIA.	168

CAPÍTULO 1.

INTRODUCCIÓN AL TRATAMIENTO DE AGUAS.

1.1 INTRODUCCIÓN.

El medio ambiente ha sido agredido de manera continua durante cientos de años con la acción del hombre, principalmente en la época contemporánea a inicios del siglo XX, donde la población mundial se ha multiplicado por 4, la economía por 20 y el consumo de combustibles fósiles por 30. Siendo el 80% de estos incrementos desde 1950 hasta nuestros días¹.

Los episodios de contaminación ambiental han sido constantes como derrames petroleros, liberación de gases a la atmósfera o el trágico accidente de Chernobil, lo cual deja graves consecuencias a la población por la falta de previsión o la simple insensibilidad con que se maneja el factor ambiental.

El hombre desde sus inicios, ha buscado la satisfacción de necesidades que siempre implican un consumo de materias y generación de desperdicios al medio ambiente. En los últimos años, se han buscado soluciones científicas para prever o resolver los problemas de contaminación ambiental generado por las industrias con lo cual se busca tener un equilibrio entre procesos productivos y el medio ambiente circundante.

Una sociedad consumista sin sentido de responsabilidad por el medio ambiente es inaceptable en nuestros días, se necesitan sociedades que respeten el medio ambiente, como lo está haciendo la Unión Europea mediante su nueva estrategia industrial, en donde se busca dar más apoyo a la industria manufacturera bajo 7 iniciativas que

¹ “la ingeniería ambiental”, Editorial Síntesis.

contemplan libre competencia, propiedad intelectual, reglamentación, investigación e innovación, nuevos mercados, energía y medio ambiente.

Los métodos para control que se han desarrollado en el transcurso de la historia siempre exigen muestras ambientales para una interpretación de cualquier estudio de control de contaminación, esto permite determinar procesos puntuales contaminantes, sus causas, sus resultados y métodos de tratamiento o prevención.

Los contaminantes emitidos por las industrias suelen ser complejos y de distintas composiciones físicas, químicas, biológicas y radiológicas, lo cual hace necesaria la combinación de procesos de tratamiento para una efectiva remoción de los residuos desechados.

El presente estudio, pretende ser una guía práctica para industriales en busca de sistemas para una planificación de los métodos de tratamiento necesarios para resolver los problemas de contaminación en la industria textil de El Salvador. El sistema propuesto consiste en un conjunto de normas que se deben seguir para alcanzar las metas esperadas por los industriales.

Actualmente en El Salvador no existe una cultura de cuidado al medio ambiente por los desechos producidos en las industrias locales. Las empresas no buscan un tratamiento de aguas por el sentimiento de responsabilidad ambiental, sino, por el cumplimiento que se debe dar a normas y leyes.

Se pueden distinguir 2 motivaciones:

- a) **Leyes ambientales.** Debido al énfasis que el gobierno le desea dar al cuidado del medio ambiente en El Salvador se han creado controles legales que obligan a las empresas a tratar sus aguas para poder funcionar, además, existe una nueva Ley de Aguas que entrará en vigencia para asegurar un uso eficiente del recurso hídrico.

- b) **Certificaciones de calidad.** Algunas empresas buscan el tratamiento de aguas para lograr acreditaciones de normas de estandarización exigidas por clientes y la industria. Un ejemplo de estas normas es la ISO 14000, la cual busca la normalización de procesos e incluye el cuidado al medio ambiente.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Actualmente en El Salvador, en particular la industria de hilos, se tienen los mismos procesos de fábrica a fábrica, de los cuales se deriva una gran cantidad de desperdicios desechados al agua; por este motivo, el gobierno desea formular un proyecto de ley para el tratamiento de aguas y así disminuir la contaminación que afecta los recursos naturales como ríos y lagos, los que finalmente, todos terminan en el océano².

En cada proceso de producción de hilos, se desechan contaminantes propios de la operación que se realiza. Esta industria en particular introduce al agua inmensas cantidades de contaminación. Debido a lo anterior y, al nuevo proyecto de ley de control de aguas residuales, la industria textil tendrá que diseñar y construir plantas para su tratamiento.

El problema que surge para las empresas locales está en la manera que deben tratar sus desechos y el costo que esto representa sobre sus productos lo que conlleva a plantear la interrogante siguiente:

¿Cómo debe ser un sistema funcional, afín al marco legal local y económicamente viable en la industria textil para la purificación de agua, de manera de eliminar los contaminantes disueltos y que permita reutilizar el agua en los procesos de producción o alternativos?

El resultado es un sistema que sirva de guía a las empresas para que puedan tener una base sobre la cual realizar el diseño de sus plantas de tratamiento de aguas para cumplir con todos los requisitos y lograr reutilizar la mayor cantidad posible.

² Referencia: <http://www.unes.org.sv/> “contaminación ambiental”

1.3 DELIMITACIÓN DEL TEMA.

Todos los sistemas de tratamientos de agua se diseñan y se planean para eliminar los contaminantes emitidos por los procesos productivos de cada empresa, es decir, no existe una fórmula universal para el desarrollo de las plantas de tratamiento.

El estudio será realizado para la industria textil sobre los procesos que empiezan en la preparación de los hilos hasta que terminan la fase de teñido.

El sistema para purificación que se diseñará estará compuesto por las 3 etapas de degradación de contaminantes: físicos, químicos y biológicos según sea necesario³ para degradar los contaminantes principales de las industrias; recomendando dejar a estudios posteriores el estudio de planificación, el diseño y construcción de la planta.

Las empresas a estudiar reciben su agua de ANDA o de pozos propios. Es imposible que reciban agua contaminada ya que contiene todo tipo de desechos que pueden ser humanos, agrícolas y/o industriales lo que vuelven imposible la utilización o reutilización de esta en procesos textiles.

³ Ver Anexo 1. “Parámetros y tratamiento del agua”

1.4 ANTECEDENTES.

Los métodos de depuración de residuos se remontan a la antigüedad y se han encontrado instalaciones de alcantarillado en lugares prehistóricos de Creta y en las antiguas ciudades asirias. Las canalizaciones de desagüe construidas por los romanos todavía funcionan en nuestros días.

Por lo general, en El Salvador no existe una cultura de responsabilidad ambiental para la creación de plantas de tratamiento de agua, lo que hace que la carga contaminante liberada sea muy alta y dañina para el medio ambiente. Debido a la baja responsabilidad, ambiental, solo algunas de las grandes empresas han realizado estas inversiones.

En la industria textil, no ha sido sino hasta los últimos años que se ha empezado a implementar plantas de tratamiento de agua debido a presión de parte del estado para dar un mejor trato al agua que desechan las fábricas. Un ejemplo, es la fábrica ubicada en la zona industrial de ciudad Merliot y dedicada a elaboración de hilos y etiquetas la cual tiene su propia planta de tintorería de hilos, y tiene en proyecto la construcción de su planta para tratar aguas industriales.

Las plantas de tratamientos de agua han estado presentes en El Salvador desde la década de los 70's ⁴ pero nunca han tenido buena aceptación en las industrias debido a la percepción general que es una operación que aumenta los costos en las empresas.

De acuerdo a información recopilada disponible en wikipedia⁵, los principales contaminantes de la industria textil son los siguientes:

1. Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).

⁴ www.unes.org.sv

⁵ Enciclopedia virtual. <http://es.wikipedia.org/wiki/Categor%C3%ADa:Agua>

2. Agentes infecciosos. Sustancias capaces de generar infecciones o enfermedades.
3. Productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.
4. Minerales inorgánicos y compuestos químicos.

El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen.

En 2002, a través de SWISSCONTACT se realizó el proyecto de Inventario de Fuentes Contaminantes Fijas del Área Metropolitana de San Salvador y principales Zonas Industriales del país. Se inventariaron 3,054 fuentes de contaminación, quedando pendiente analizar sus vertidos. Sin embargo, por otros estudios similares, realizados por la UCA u otras instituciones, se sabe que la contaminación del agua es causada por varios factores, entre los que se mencionan: desperdicios humanos, residuos agroindustriales, y basuras sólidas. Esta contaminación aumenta los índices de mortalidad infantil y otros indicadores de la salud pública que también se ven desmejorados. En un estudio realizado en 1997, FUSADES estimó que casi 12,000 niños mueren cada año como resultado de enfermedades diarreicas evitables ocasionadas por la conjugación de varios factores, entre los cuales están: ingerir aguas contaminadas, malas condiciones de higiene, consumo de alimentos contaminados, y la falta de un sistema de recolección y tratamiento de aguas negras⁶ y desechos sólidos, todo lo cual se conjuga con la mala nutrición y pobres cuidados de salud.

El cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos de América, presentó una evaluación de los recursos de agua de la República de El Salvador. Parte de este

⁶ Solo el 10% de los efluentes en Latinoamérica tienen algún tipo de tratamiento de agua. (Fuente: Banco Mundial)

documento explica la realidad de El Salvador para Octubre de 1998 como se muestra a continuación.

“El Salvador es rico en recursos hidrológicos, aunque mucha del agua superficial está contaminada y no es procesada para abastecimiento de agua. Las mayores fuentes de contaminación de agua superficial provienen de la disposición de residuos domésticos e industriales no tratados, con la mayoría de los efluentes evacuados en ríos o áreas costeras sin ningún tipo de tratamiento. Leyes sometidas recientemente requiere que las nuevas industrias traten los efluentes descargados en los cursos de aguas nacionales. El Río Acelhuate, el sistema de drenaje primario en San Salvador, está severamente contaminado con metales pesados y residuos domésticos e industriales. Esta agua es considerada un peligro biológico y la contaminación es tan severa que se encuentra en una situación intratable por ósmosis reversa. El río Lempa, el río más grande y de mayor importancia en El Salvador se origina en Guatemala y fluye a través de Honduras hacia El Salvador. Datos hidrológicos se necesitan con urgencia acerca del río Lempa. Muchos lugares de sistemas de medición han sido dañados o destruidos, además son necesarios lugares adicionales de medición. Existen tres reservas para la generación de energía hidroeléctrica en este río en El Salvador, la que provee de casi el 60 por ciento de la energía eléctrica del país. La salud de las reservas es una preocupación nacional importante. Amenazada no solo con contaminación química y biológica, pero también por la gran cantidad de sedimento creada por la deforestación que se está acumulando en las reservas. Los volúmenes de sedimentación en la reserva de Cerrón Grande son peligrosamente altas, se estima que llegan a 7 millones de metros cúbicos por año que gravemente impactan la salud de las reservas sin mencionar los efectos severos de la contaminación del río Acelhuate el cual fluye directamente en el Cerrón Grande.

Como resultado de la contaminación del agua superficial, el abastecimiento de agua se basa grandemente en el agua subterránea. Suficiente abastecimiento de agua subterránea dulce está disponible en la mayor parte del país. Los abastecimientos más abundantes están ubicados en las formaciones volcánicas de San Salvador en la cuenca interior de los faldeos bajos de la mayoría de los volcanes. Abastecimientos importantes

también están disponibles en los sedimentos no consolidados de las planicies costeras. Sin embargo, muchos acuíferos de poca profundidad están siendo contaminados debido a la contaminación de la superficie, mientras que las vertientes y pozos dependen de estos para proveer de agua potable.

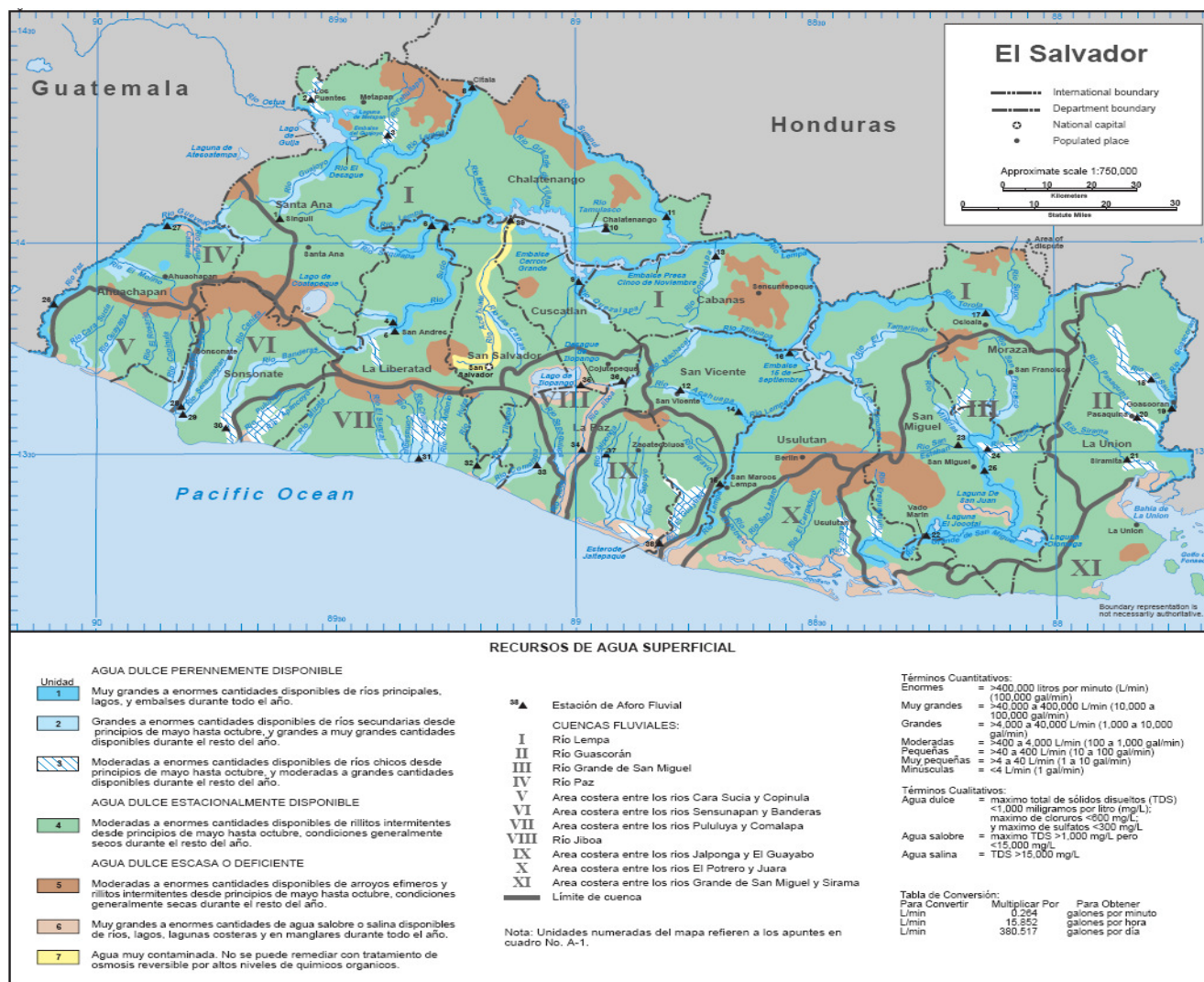
Veinticinco agencias comparten la responsabilidad de vigilar los recursos acuáticos de El Salvador. Actualmente no hay mecanismos que organicen la coordinación de estos esfuerzos, lo que crea duplicidad y uso ineficiente de recursos. Una política y administración nacional de utilización de recursos acuáticos es recomendable para solidificar la coordinación y por lo tanto la efectividad total de los programas de las diferentes agencias. Planes exhaustivos de lechos acuáticos o cuencas se necesitan para dirigir la administración de los recursos del agua como también la deforestación. Entrenamiento técnico básico, tal como el programa HEC-2⁷ para calcular perfiles de agua de superficie, serían de gran beneficio. Además, programas nacionales a largo plazo para la construcción de plantas de tratamiento de aguas negras para eliminar la continua descarga de desperdicios en las aguas nacionales, ayudarían a reducir la cantidad de desperdicios químicos y biológicos que contaminan los ríos, las reservas y aguas subterráneas. Un programa a gran escala de exploración de aguas subterráneas que comience en las áreas donde están los mejores acuíferos, incrementaría la cantidad de agua potable disponible para el abastecimiento de agua”

La contaminación del agua causada por desperdicios humanos, residuos agrícolas o industriales y basuras sólidas sin tratamiento, aumenta los índices de mortalidad infantil y otros indicadores de la salud.

Además, en 1999 un informe del Fondo Ambiental de El Salvador (FONAES), reveló que en El Salvador habían muerto 23 mil niños menores de cinco años debido a que consumen agua contaminada y/o respiran aire viciado.

⁷ Hydrologic Engineering Software desarrollado para el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos, disponible al público en: <http://www.hec.usace.army.mil>

GRAFICA 1.1. Contaminación de aguas superficiales en El Salvador



1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL TEMA.

Las plantas de tratamiento de agua tienen un papel muy importante en el sector textil debido a los contaminantes que son emitidos por esta industria.

En materia ambiental, existen estudios que esperan una desaparición total de los arrecifes del mundo en 25 años y el total descongelamiento de los polos en 100 años. El impacto de la contaminación ambiental está en un punto que podría tener resultados catastróficos e irreversibles si no se toman las medidas apropiadas urgentemente⁸. Un ejemplo de esto es el reciente escándalo de la destrucción de zona arrecifal en Los Cóbano para la creación de un embarcadero que impacta directamente a los linderos que protegen al arrecife.

En materia económica de El Salvador, se está diseñando una nueva ley de tratamiento de aguas⁹ la cual impondrá severas normas para asegurar la calidad del agua que se desecha de las industrias que siempre termina en ríos, lagos y océanos¹⁰; lo que obliga a las empresas a implementar sistemas de tratamientos de aguas para reducir los contaminantes generados en el proceso productivo.

Comparativamente, si una fábrica consume 50m³ de agua por día y el consumo de una persona de ingreso medio en el AMSS con acceso al sistema de acueductos de ANDA, es de 250Lt/día¹¹, lo que en zonas rurales es inmensamente menor. Esto representa en una familia de 4 persona en la zona urbana 1 m³ diario. La empresa consume lo mismo que 200 personas de la zona urbana, y serían muchísimas más familias de la zona rural donde no se tiene sistema de distribución de agua. Estos son valores de referencia aunque el consumo real es menor que esto.

El consumo de la fábrica es mayor que el de 200 personas y en zonas rurales se deberá medir en miles de personas.

⁸ www.reefcentral.com.

⁹ No ha sido publicada. Ref. Art.48, 49 y 52. Ley de Medio Ambiente.

¹⁰ Anexo 2

¹¹ El consumo se puede reducir enormemente con baños rápidos y excusados de presión de bajo consumo.

La siguiente tabla muestra algunos consumos promedios de utilización de agua en actividades normales de cada día para personas viviendo en el área urbana.

Tabla 1.1. Consumo de agua promedio en zona urbana (Fuente: Cepis.org)

ACTIVIDAD	CONSUMO
En la ducha (cinco minutos)	100 litros
En la descarga del baño	50 litros
En lavado de ropa	30 litros
En lavado de pisos	27 litros
En plantas de la casa	18 litros
En lavar y cocinar alimentos	15 litros
Otros usos (como beber o lavarse las manos)	10 litros

El agua es cada vez más escasa globalmente. Este es un problema que requiere soluciones inmediatas para mantener este rico recurso en El Salvador.

1.6 MARCO TEÓRICO.

La industria textil de producción de hilos comprende por lo general de 3 fases: preparación, tejido y acabado. Los desechos líquidos dependen de la fibra que estemos utilizando, así como por ejemplo, Fibras vegetales o celulósicas, fibras proteicas, fibras artificiales celulósicas, fibras artificiales no-celulósicas o sintéticas.

Las fábricas deben tener propios pozos de agua debido a que la alta demanda de agua que ellas tienen, no puede ser suministrada por la red de distribución local de ANDA, lo que puede significar un pretratamiento del agua extraída según las características físicas, químicas y biológicas que tenga previo al proceso de producción.

Se distinguen dos grandes rubros textiles: corte lanero y sus mezclas sintéticas, y los algodoneros y sus mezclas. Éstas se pueden encontrar en 2 tipos de procesos según la utilización del agua, que son procesos húmedos y procesos secos. Los procesos húmedos son los que requieren agua para su correcto funcionamiento y los secos son los que funcionan en ausencia de ésta.

1.6.1 El Algodón¹²

1.6.1.1 Almacenamiento de la materia prima.

Esta operación consiste en mantener en bodegas el algodón después de colectado.

1.6.1.2 Preparación de la fibra hasta el hilado o tejido (procesos secos)

- Apertura
- Cardado
- Hilado.

¹² El algodón es una planta de la familia de las malváceas, género *Gossypium*. Es de gran importancia económico debido a que de sus frutos se obtiene la fibra de algodón. En esta tesis, la palabra algodón se usará para referirse a dicha fibra.

1.6.1.3 Teñido de hilado.

Se eliminan las impurezas del algodón con soluciones de soda cáustica y detergentes. Después del enjuague se tiñen, produciéndose así descargas líquidas alcalinas con una mediana carga orgánica (DQO, DBO), color y detergentes.

1.6.1.4 Engomado.

Los hilos llegan a las unidades de engomado en rollos, pasan por una solución de almidón u otros agentes encolantes¹³. Este proceso lo que busca es darle la resistencia necesaria para tejidos posteriores. Los desechos están constituidos por las aguas de lavado de los recipientes donde se preparan las soluciones de almidón u otros agentes de engomado y por las descargas de las engomadoras.

1.6.1.5 Quemado.

El hilo se somete a un proceso de flameado para eliminar impurezas. Este proceso implica un lavado final de los hilos con agua, la que puede descargarse directamente a la red dado su bajo nivel de contaminación.

1.6.1.6 Desengomado.

En esta operación, se remueve el agente encolante empleado. El desengomado puede ser ácido o enzimático. Para ello pueden utilizarse enzimas ácidas, detergentes alcalinos y jabones disueltos en agua, para posteriormente enjuagar la tela. En el desengomado se utiliza ácido diluido para hidratar la fécula y solubilizarla.

1.6.1.7 Mercerizado.

Este proceso permite incrementar la resistencia tensil, lustre y la afinidad de los colorantes. Consiste en impregnar la tela o el hilado con una solución fría de hidróxido de sodio (15 a 30% en volumen). En algunos casos se elimina posteriormente el álcali con ayuda de algún ácido débil y se enjuaga con agua y vapor. Posteriormente se descarga el agua. Según fuentes bibliográficas, el primer enjuague de este proceso no acidulado¹⁴

¹³ carboximetilcelulosa (CMC), alcohol polivinílico (PVA) y acrilatos.

¹⁴ No se han agregado sustancias ácidas al agua

puede concentrarse y recuperarse para su reutilización en el mercerizado, sin embargo no se ha logrado confirmar esta información en la investigación de campo ya que las fábricas no tienen este proceso en su producción.

1.6.1.8 Descrude.

Remueve impurezas naturales propias del algodón para poder ser blanqueado o teñido. Se emplean soluciones alcalinas y detergentes calientes, con lo que se tendrán las mismas sustancias en el efluente y pequeñas cantidades de sólidos en suspensión. Este proceso es como un pretratamiento para que la materia presente en los hilos no intervengan en el proceso de blanqueo o coloración disminuyendo la calidad esperada.

1.6.1.9 Blanqueo.

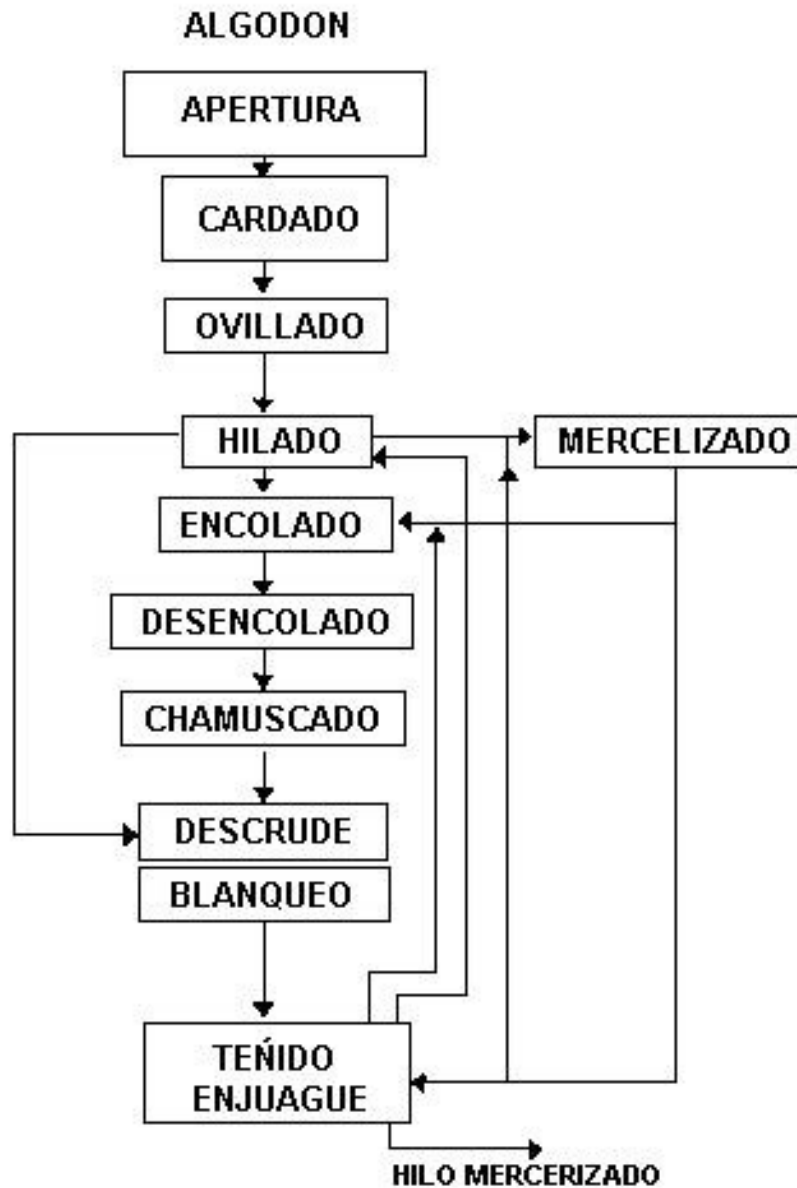
Remueve la materia coloreada. El material textil se trata con una solución diluida de blanqueadores (agua oxigenada o hipoclorito de sodio). Después se somete a 2 tratamientos de enjuague en agua para eliminar el exceso de sustancias presentes en los hilos.

1.6.1.10 Teñido.

Es un complejo proceso dentro de las operaciones de procesamiento húmedo de los hilos ya que demanda una gran variedad de colorantes (combinaciones de ellos con distintos tipos y tamaños de moléculas) y agentes auxiliares de teñido, para lograr un correcto proceso de teñido, el agua debe estar libre de grasas, color, partículas disueltas, por lo que es necesario un control del agua previo a usarse en este proceso.

Estos procesos se puede observar de forma gráfica a continuación:

GRAFICA 1.2. Diagrama del proceso del algodón



En el rubro algodonero la transformación de la fibra cruda en tejido no acabado o en hilos, es esencialmente una operación en seco y el proceso de acabado es el que genera más desechos líquidos, el cual es el que se encuentra presente en la industria de El Salvador.

1.6.2 La Lana¹⁵.

1.6.2.1 Lavado de la fibra cruda.

La cantidad de impurezas que contiene la fibra de lana es importante. En algunos casos, alcanza hasta 60% del peso del vellón (fibra fina). De allí la capacidad contaminante de la industrialización de esta fibra, aunque muchas veces no se toma en cuenta que estas impurezas son elementos útiles dentro de un sistema de reciclaje integral (tierras fértiles y lanolina). Durante el lavado se eliminan en un medio acuoso la tierra, impurezas y materia grasa. Para ello se emplean soluciones tibias con detergente. Este proceso se realiza en barcas (tren de lavado) operadas en serie a través de las cuales el agua fluye en sentido contrario al que recorre la fibra. La descarga proveniente del lavado resulta ser la de mayor contaminación en la industria textil. Posee una elevada DBO y alta concentración de sustancias grasas y sólidos sedimentables o en suspensión.

1.6.2.2 Preparación de la fibra hasta el hilado o tejido.

- Cardado.
- Peinado.
- Hilado.

1.6.2.3 Batanado:

Modifica ciertas propiedades esenciales del tejido, como cuerpo, elasticidad y apariencia, utilizando jabones y detergentes en una solución de lejía, encogiéndolo entre rodillos y generando pocos residuos sólidos. A esta altura del proceso, la lana contiene gran cantidad de productos químicos que se separan en una serie de lavados y procesos de escurrimiento.

1.6.2.4 Teñido y blanqueo:

En el teñido la contaminación potencial está en la tintura y en los ácidos orgánicos presentes; la concentración de colorante suele ser baja en el remanente pero hay que

¹⁵ La lana es una fibra natural que se obtiene de las ovejas y de otros animales como llamas, alpacas, vicuñas, cabras y conejos. En esta tesis, lana se denominará a la fibra de lana

recordar que se manejan volúmenes muy importantes. La carga inorgánica está formada fundamentalmente por sales de sodio que arrastran grandes cantidades del catión en el efluente. En el caso de utilizar Cromo (Cr), el efluente es altamente tóxico. Cuando se lleva a cabo el proceso de blanqueo, se realiza por lo general con agua oxigenada.

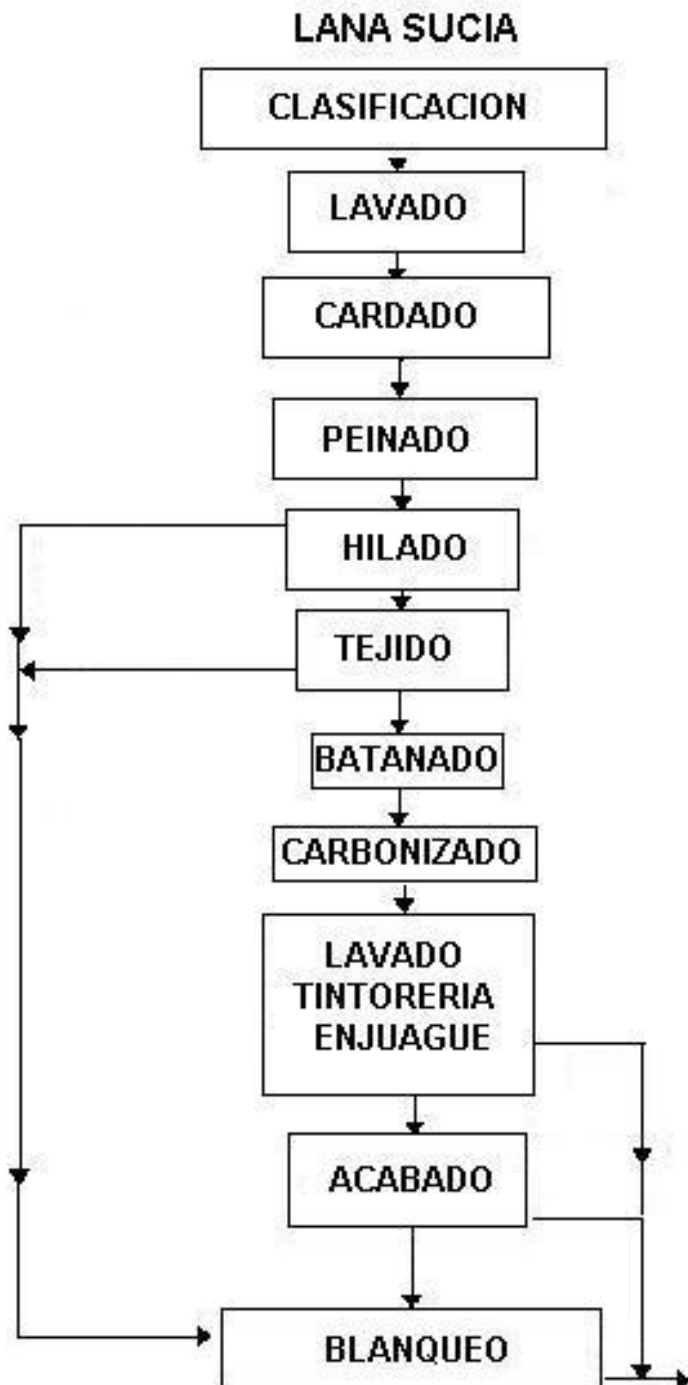
1.6.2.5 Carbonizado.

En algunas ocasiones, la última etapa del tratamiento es el carbonizado que elimina residuos vegetales, es decir materias celulósicas. Se utiliza para ello una solución diluida de ácido sulfúrico a alta temperatura. Se neutraliza con una solución de carbonato de sodio. Estos procesos originan emanaciones corrosivas y olores procedentes de los óxidos de azufre y descomposición de compuestos orgánicos.

En la industria lanera, la etapa de preparación (lavado) es la que aporta la mayor carga contaminante, sin embargo esta industria no existe en el país¹⁶ debido a la baja demanda que se tiene de este producto.

¹⁶ Información proporcionada por la empresa Etiquetas y Cintas Bordadas.

GRAFICA 1.3. Diagrama del proceso de la Lana.



1.7 OBJETIVOS.

1.7.1 Objetivo general.

“Proponer un sistema de tratamiento de aguas industriales para la industria textil que sirva como base para el diseño de una planta de tratamiento y reutilización de agua”.

1.7.2 Objetivos específicos.

- Describir el proceso general de la industria textil de preparación y teñido de hilos.
- Identificar cuales son los métodos de tratamiento que deberían utilizarse para degradar los desperdicios del proceso.
- Identificar los contaminantes presentes en el agua que se debe degradar.
- Identificar incentivos financieros y fiscales para la industria textil de acuerdo a características propias del sector y empresa.
- Al final de la investigación, sugerir usos alternativos para el agua que ha pasado por un proceso de tratamiento.

1.8 HIPÓTESIS DEL ESTUDIO.

Se han formulado tres hipótesis para responder las principales interrogantes para revisar que el sistema de tratamiento de agua, cumpla con las necesidades de las empresas textileras.

HIPÓTESIS 1.

“Un sistema de tratamientos de agua, es una guía para determinar las necesidades para procesamiento de desperdicios en una planta productora de hilos.”

- Variable dependiente: Necesidades para procesamiento de desperdicios.
- Variable independiente: Sistema de tratamiento de aguas.

Esta hipótesis se operacionalizará con investigación bibliográfica que el sistema es capaz de procesar, teóricamente, los contaminantes del agua eliminados de la industria textil.

HIPÓTESIS 2.

“Un sistema de tratamiento de aguas industriales debe contemplar tratamiento físico, químico y biológico de aguas para propiciar una purificación que no sea nociva para el medio ambiente”

- Variable dependiente: Purificación de agua contaminada.
- Variable independiente: El tratamiento físico, químico y biológico, al agua contaminada.

Esta hipótesis se operacionalizará durante la investigación al identificar los contaminantes que son emitidos por las industrias.

HIPÓTESIS 3.

“El 100% del agua tratada puede ser reutilizada en la planta en procesos productivos o no productivos para disminuir el consumo total del agua demandada por la fábrica”

- Variable dependiente: Consumo total de agua de la fábrica.
- Variable independiente: Reutilización del agua.

Esta hipótesis se operacionalizará conociendo cuáles procesos productivos o no productivos pueden utilizar el agua tratada y el volumen que es demandado por cada proceso, con lo que se obtiene el total de volumen de agua que se puede reutilizar.

CAPÍTULO 2.

INVESTIGACIÓN DEL PROCESO Y CONTAMINANTES DE LA INDUSTRIA TEXTIL.

2.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1.1 Objetivo de la investigación

- Identificar cuáles procesos de la preparación y teñido de hilos, utilizan agua en las empresas salvadoreñas del AMSS.
- Determinar los principales contaminantes que son generados por cada proceso productivo que utiliza agua de las empresas muestreadas.
- Identificar cuál tratamiento debe aplicarse para eliminar los contaminantes generados.

2.1.2 Tipo de investigación a realizar.

En el estudio se pretende identificar los principales contaminantes presentes en el agua, para el diseño del sistema de tratamiento de ésta, capaz de eliminar esos contaminantes de acuerdo a la información recopilada del sector.

Para esto, se ha propuesto una investigación de tipo descriptiva-explorativa, la cual se basa en investigar e identificar información a grandes rasgos sobre el problema de contaminación y tratamiento en fábricas textiles.

La finalidad de la investigación es establecer lineamientos para un sistema de tratamiento, el cual se presenta en forma de manual. Además se describirán los procesos textiles, las operaciones que afectan la calidad del agua, los contaminantes presentes en el

agua y los métodos de tratamientos más comunes para ellos, con el fin de definir las características que debe contener un sistema de tratamiento de agua capaz de reducir los contaminantes liberados al medio ambiente según los límites máximos permitidos para El Salvador.

Para recabar la información necesaria, se empleó el método de entrevista y encuesta¹⁷ diseñada para identificar contaminantes y métodos de tratamiento que se puedan usar en fábricas textiles.

Por otra parte, se tuvo acceso a material bibliográfico para extender y validar la información recopilada en las fábricas sobre los procesos, los contaminantes y los métodos de tratamiento comunes.

Para validar y enriquecer la información recibida se han utilizado los resultados de otros análisis¹⁸ de efluentes textiles realizados a esta industria en México y Argentina.

Mediante la entrevista dirigida se logró identificar que en El Salvador no existen fábricas de producción que usen lana como materia prima, por lo que este proceso queda afuera del estudio, aunque las características de un proceso de algodón y uno de lana tienen varias similitudes como se puede observar en el marco teórico.

2.1.3 Población a investigar.

Por medio de investigación telefónica e información de Publicar se verificó la población de fábricas de hilos que utilizaban agua debido a que el reducido número de fábricas en la zona metropolitana permite investigarlas a todas.

¹⁷ ANEXO 3.

¹⁸ Textos disponibles en <http://www.bvsde.paho.org> / y en <http://www.caem.com.ar/>

La información ha sido recolectada por medio de personal conocedor de los procesos productivos y las características de las descargas que se generan de ellos con lo que se pretende lograr identificar las concentraciones de los contaminantes.

La población se ve limitada a fábricas de procesamiento con insumos algodoneros debido a que no existe en el país el rubro de la lana como se identificó originalmente.

Por razones de confidencialidad a petición de las fábricas en investigación no se hace mención del nombre ni se muestra la información recopilada de ellas.

A criterio personal, la razón de esto podría ser el hecho que algunas fábricas no poseen aún un adecuado procesamiento de aguas residuales que garantice bajos niveles de contaminación en sus efluentes.

Para propósitos de la investigación, las fábricas serán llamadas:

- Fábrica A
- Fábrica B
- Fábrica C
- Fábrica D (Fuera del análisis)

La fábrica D ha quedado afuera del estudio debido a que su proceso de producción está en El Salvador pero afuera del AMSS y sólo cuentan con un centro de distribución local.

2.1.4 Recopilación de datos del proceso e identificación de contaminantes

El instrumento se diseñó de tal manera que pudiera recolectar la información de importancia para la investigación, y que permitiera recopilar las principales características que se buscaban.

1. Identificar los procesos textiles de cada empresa que se utilizan para el producto final¹⁹
2. ¿Cuáles contaminantes generan los procesos?
3. ¿Qué tratamiento de agua se usa (o se debería usar) para los efluentes de agua? ¿Hay procesos distintos que puedan utilizar el mismo tratamiento de agua?
4. ¿Cuáles son los métodos usualmente utilizados para neutralizar los contaminantes?
5. ¿Existe posibilidad de reutilización del agua?

Para recopilar la información, se creó un instrumento que identificara todos los procesos y contaminantes de cada fábrica a través de una combinación de encuesta y entrevista dirigida para conseguir información deseada, la cual requiere conocimiento técnico acerca del tema.

La encuesta usada para identificar la información de los productores de la zona metropolitana se puede observar en el Anexo 3.

Para el mercerizado, que es un proceso que no se realiza en la industria de El Salvador, se recolectó la información por medio de investigación bibliográfica y datos suministrados por los encuestados para: Identificar los parámetros normales de contaminación que se deberán tratar y como fuente de datos secundaria para enriquecer el estudio. Se incluye en el estudio ya que se espera que las empresas sigan expandiéndose y puedan incluir al mercerizado en su proceso de producción actual.

2.1.5 Procesamiento de los datos.

La información ha sido tabulada para mostrar la concentración de cada contaminante generado en cada proceso: DBO (Demanda Biológica/Bioquímica de

¹⁹ Algunos procesos identificados no necesariamente deben existir como se observó en el marco teórico. Las fábricas tienen alguno o mezcla de ellos según el producto que ellos decidan tener.

oxígeno), DQO (Demanda química de oxígeno), pH, sólidos, grasas y detergentes que son los principales contaminantes²⁰ generados para producción de hilos.

Se encontró que en El Salvador, las fábricas existentes únicamente se han especializado en el procesamiento de algodón.²¹

En la siguiente tabla se puede observar los contaminantes comunes emitidos por distintos procesos, los cuales requieren del mismo proceso de tratamiento para su eliminación.

TABLA 2.1. Principales contaminantes encontrados en las fábricas.

PROCESOS IDENTIFICADOS	TIPO CONTAMINACION PRODUCIDA					
	DBO	DQO	SOLIDOS	PH	GRASAS	DETERGENTE
ENGOMADO, DESENGOMADO, LAVADO	X		X	X	X	
QUEMADO	X		X			
DESCRUDE	X	X	X	X	X	
MERCERIZADO	X	X	X	X	X	X
BLANQUEO (1)	X	X	X	X	X	X
BLANQUEO (2)	X	X	X	X	X	X
TENIDO	X	X		X	X	X

Los tipos de tratamiento recomendados por el Ing. Doñan, Gerente de planta de la fábrica 1 de producción de hilos para un adecuado tratamiento de estos efluentes son:

- FISICO
- QUIMICO

En el siguiente capítulo se explicara con mayor detalle algunos tratamientos comunes que se pueden utilizar para los efluentes de esta industria.

A continuación se detalla la carga contaminante encontrada para cada proceso de producción.

²⁰ Las definiciones de los contaminantes pueden ser encontradas en el glosario.

²¹ Información proporcionada por el Ing. Jesús Cuevas. Ingeniero textil.

2.1.5.1 Niveles de contaminación identificados por proceso.

Proceso: Engomado, desengomado y lavado.

Las concentraciones de los contaminantes encontrados para este proceso se muestran en la siguiente tabla. Los valores tabulados representan los valores promedios de contaminantes en estudio.

TABLA 2.2 Características del agua de proceso de engomado, desengomado y lavado.

PROCESO	CONTAMINANTE		VALOR
ENGOMADO, DESENGOMADO Y LAVADO	DBO (10 ³)	mg / Lt	3.5 ± 2.5
	SOLIDOS (10 ³)	mg / Lt	11.5 ± 6.5
	PH	-	6.5 ± 0
	GRASAS	mg / Lt	190 ± 10

NOTA: Se utiliza como encolante para el engomado una solución con almidón.

Se consumen aproximadamente 13,000 Lt de agua para producir una tonelada de producto.

Se determinó que solo 50% de las fábricas encuestadas utilizan este proceso en sus plantas.

Proceso: Quemado.

Las concentraciones de los contaminantes encontrados para este proceso se muestran en la siguiente gráfica. Los valores de las fábricas encuestadas se pueden encontrar en el rango presentado.

TABLA 2.3. Características del agua de proceso posterior al quemado.

PROCESO	CONTAMINANTE		VALOR
QUEMADO	DBO (10 ³)	mg / Lt	0.2 ± 0
	SOLIDOS (10 ³)	mg / Lt	0.1 ± 0.1

Se consumen aproximadamente 800 Lt para producir una tonelada de producto. El efluente de este proceso es de baja carga contaminante.

Se determinó que solo 50% de las fábricas encuestadas utilizan este proceso en sus plantas.

Proceso: Descrude.

Las concentraciones de los contaminantes encontrados para este proceso se muestran en la siguiente gráfica. Los valores de las fábricas encuestadas se pueden encontrar en el rango presentado.

TABLA 2.4. Características del agua de proceso del descrude de algodón.

PROCESO	CONTAMINANTE		VALOR
DESCRUDE	DBO (10 ³)	mg / Lt	1.75 ± 1.25
	DQO (10 ³)	mg / Lt	1.75 ± 1.25
	SOLIDOS (10 ³)	mg / Lt	11 ± 9
	PH	-	11 ± 0
	GRASAS	mg / Lt	300 ± 20

En el descrude el agua es calentada a 90 °C la cual se baja paulatinamente para efectuar un último lavado antes de descargar el agua.

Según las especificaciones de cada fábrica, el consumo de agua puede variar entre los 5,000 y 35,000 Lt de agua por tonelada de producto. Para obtener mejor calidad de agua en el proceso se trabaja con agua oxigenada, la cual elimina todo tipo de microorganismos del agua.

Proceso: Mercerizado.

Las concentraciones de los contaminantes encontrados para este proceso se muestran en la siguiente gráfica. Los valores de las fábricas encuestadas se pueden encontrar en el rango presentado.

TABLA 2.5. Características del agua de proceso del mercerizado

PROCESO	CONTAMINANTE		VALOR
MERCERIZADO	DBO (10^3)	mg / Lt	0.65 ± 0.15
	DQO (10^3)	mg / Lt	3 ± 0
	SOLIDOS (10^3)	mg / Lt	8.5 ± 7.5
	PH	-	12.5 ± 1.5
	GRASAS	mg / Lt	150 ± 0
	DETERGENTES	mg / Lt	20 ± 0

Los efluentes pueden tener altas temperatura que se deberán estabilizar.

El efluente presenta pH alto, además de un elevado grado de detergentes. Este proceso no se encontró instalado en ninguna fábrica. Los valores proporcionados por una de las fábricas son valores aproximados.

El consumo de agua del proceso es de 8000 Lt por tonelada de producto aproximadamente.

Proceso: Blanqueo.

Las concentraciones de los contaminantes encontrados para este proceso se muestran en la siguiente gráfica. Los valores de las fábricas encuestadas se pueden encontrar en el rango presentado.

TABLA 2.6. Características del agua de proceso del blanqueo

PROCESO	CONTAMINANTE		VALOR
BLANQUEO 1	DBO (10^3)	mg / Lt	0.65 ± 0.35
	DQO (10^3)	mg / Lt	2.25 ± 1.25
	SOLIDOS (10^3)	mg / Lt	6 ± 4
	PH	-	9.5 ± 1.5
	GRASAS	mg / Lt	150 ± 50
	DETERGENTES	mg / Lt	0.2 ± 0.1
BLANQUEO 2	DBO (10^3)	mg / Lt	0.2 ± 0
	DQO (10^3)	mg / Lt	1 ± 0
	SOLIDOS (10^3)	mg / Lt	0.3 ± 0
	PH	-	7 ± 0
	GRASAS	mg / Lt	30 ± 0
	DETERGENTES	mg / Lt	0.05 ± 0

Se tienen dos efluentes, el primero siendo el del proceso con un enjuague (Efluente 1) y un segundo enjuague para terminar de eliminar impurezas (Efluente 2).

El enjuague 2 puede ser utilizado también por fábricas que no tengan proceso de descruce para blanquear hilos que ya han sido teñidos previamente, los cuales se pueden volver a procesar con colorantes de tonos oscuros.

Cada proceso de enjuague consume 20,000 Lt. de agua por tonelada de producto.

Proceso: teñido.

Las concentraciones de los contaminantes encontrados para este proceso se muestran en la siguiente gráfica. Los valores de las fábricas encuestadas se pueden encontrar en el rango presentado.

TABLA 2.7. Características del agua de proceso del teñido

PROCESO	CONTAMINANTE		VALOR
TEÑIDO	DBO (10 ³)	mg / Lt	0.25
	DQO (10 ³)	mg / Lt	0.975 ± 0.17
	PH	-	7.75 ± 1.15
	GRASAS	mg / Lt	26.75 ± 8.14
	DETERGENTES	mg / Lt	0.15 ± 0
	FENOLES	mg / Lt	0.45 ± 0.52

El efluente tiene un Residuo Total por Evaporación (RTE) que varia entre 2 y 8 gr./Lt. El consumo de agua varia entre las fábricas el cual se encuentra entre 15,000 y 25,000 Lt por tonelada de producto. El efluente tiene una coloración de 20 a 60 unidades.

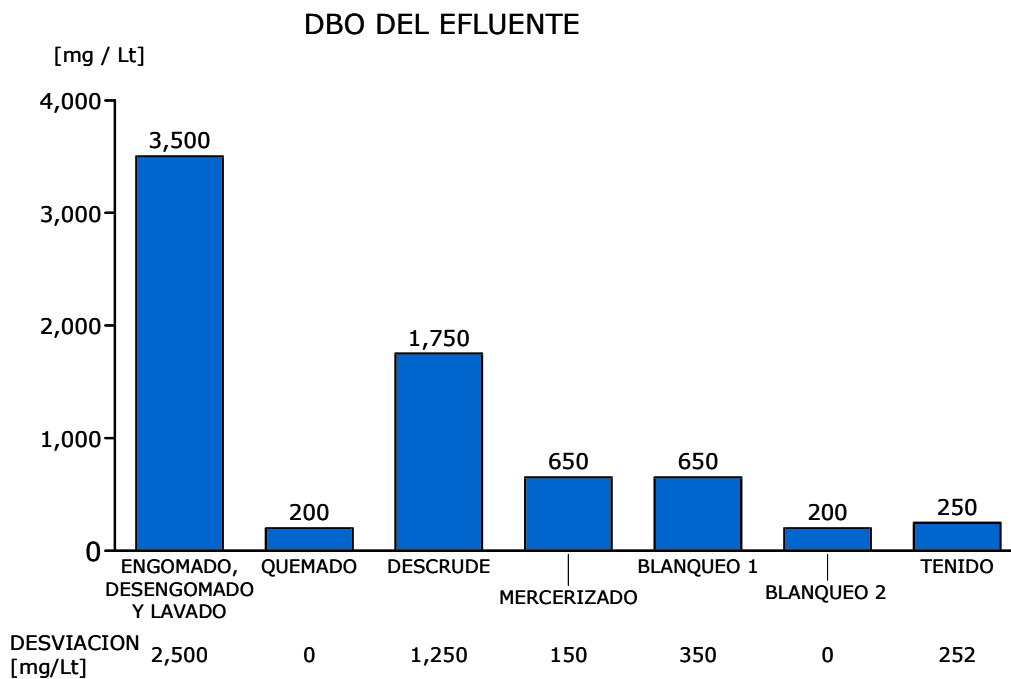
2.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Para lograr identificar el aporte contaminante de cada proceso en el efluente final, éstos se han agrupado para determinar en donde se concentra la mayor carga que se debe de eliminar.

2.2.1 La demanda biología de oxígeno y demanda química de oxígeno.

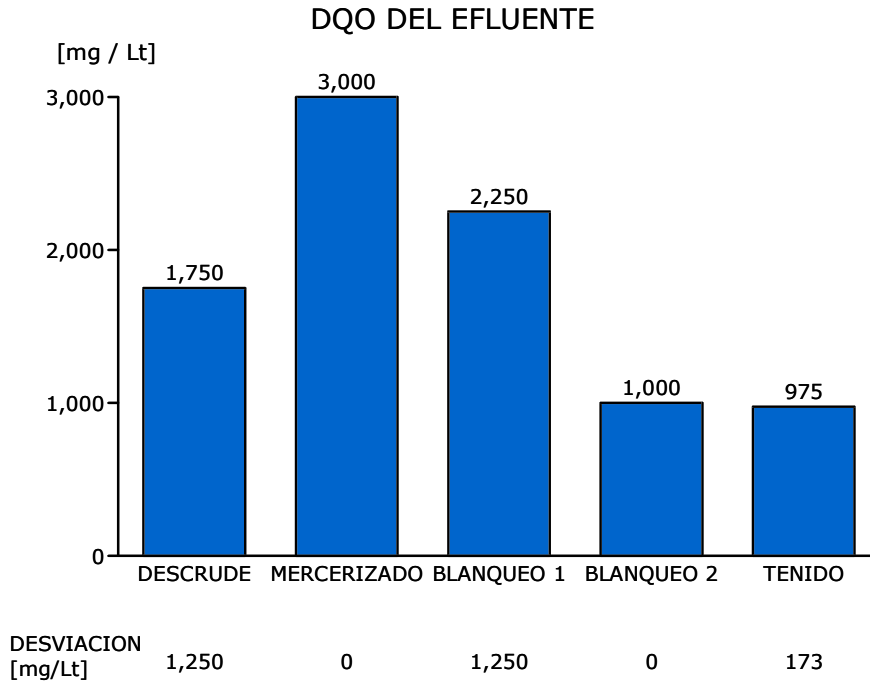
A continuación se puede observar la cantidad de DBO emitida por cada proceso individualmente, en comparación con la DBO emitida por los demás procesos.

GRAFICA 2.1. DBO en el efluente final de los procesos



A continuación se puede observar la cantidad de DQO emitida por cada proceso individualmente, en comparación con la DQO emitida por los demás procesos.

GRAFICA 2.2. DQO en el efluente final de los procesos



Se observa que aproximadamente el 75% de la DBO se concentra en el engomado-desengomado-lavado y descrude y aproximadamente el 80% de la DQO proviene de las operaciones de Descrude mercerizado y el primer blanqueo.

De acuerdo a los valores obtenidos de DQO y DBO de cada proceso, en promedio²², se tiene una DQO de 1.8 g/Lt y una DBO de 1.03 g/Lt.

De modo de conocer la biodegradabilidad de los efluentes, se calcula la razón de biodegradabilidad que consiste en la proporción de DQO sobre DBO promedio. La biodegradabilidad del efluente $DQO/DBO > 1.0$ no permite desechar los efluentes sin un previo tratamiento del DQO. Esta razón de biodegradabilidad indica que existen más sustancias que deben ser tratadas químicamente que las tratadas biológicamente, en este caso se inhibe el crecimiento de bacterias por la falta de oxígeno que se ha consumido químicamente para lograr la oxidación de las partículas, esta falta de oxígeno puede tener

²² Para realizar la operación se calculó el promedio de mg por litro de agua de todos los procesos. Se hicieron cálculos independientes para DBO y DQO

efectos catastróficos en el medio ambiente. Además, la biodegradabilidad de las partículas tiene duraciones variables según su naturaleza²³.

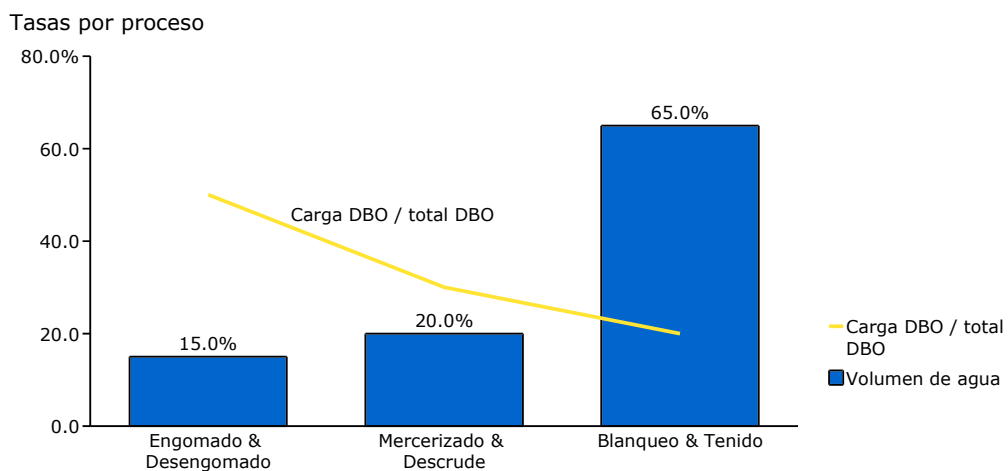
La siguiente tabla muestra la DBO existente en los efluentes analizados respecto al consumo total de agua que tienen los procesos.

TABLA 2.8 Volumen de agua y carga de DBOs

PROCESO	CONSUMO DE AGUA	% DBO
Engomado	15%	50%
Desengomado		
Descrude	20%	30%
Mercerizado		
Tenido	65%	20%
Blanqueo		
TOTAL	100%	100%

En la tabla anterior se observa el volumen de agua y la carga relativa de DBO del proceso, en la cual la operación de engomado y desengomado, solo consume el 15% del agua, pero es responsable del 50% de la DBO generada.

GRAFICA 2.3 Volumen de agua y carga de DBOs



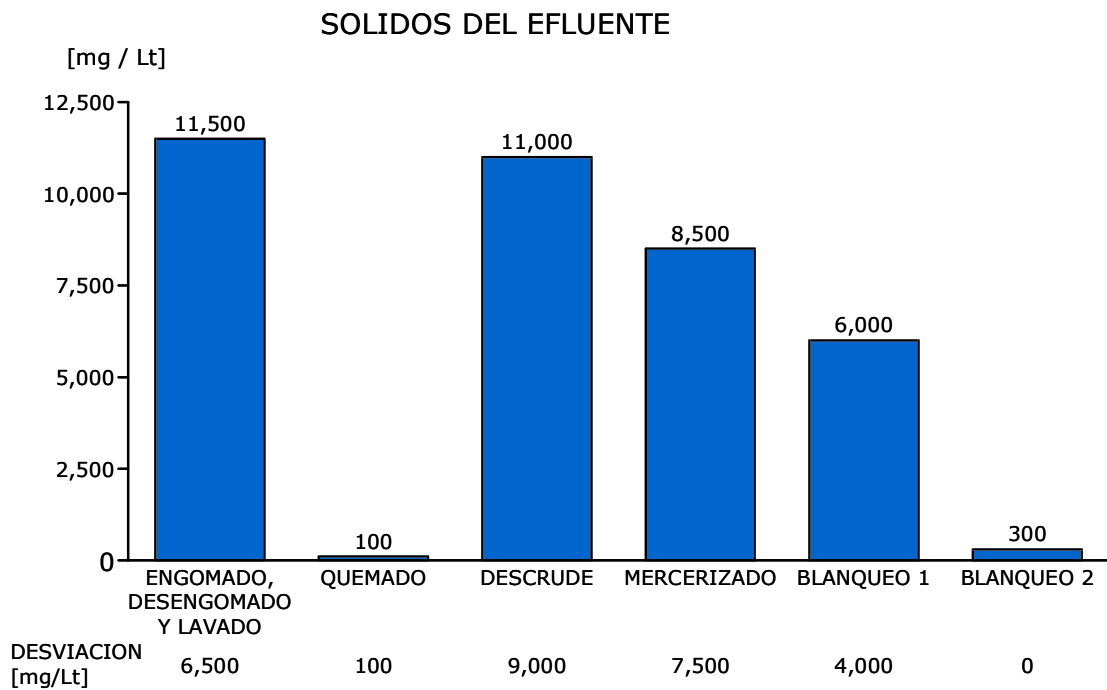
²³ Algunos ejemplos de tiempos de degradación de partículas están disponibles en el glosario en la definición de biodegradabilidad.

La razón de biodegradabilidad de la industria es de $DQO/DBO = 1.75$, lo que significa que las reacciones químicas tenderán a consumir el oxígeno disponible, dejando sin oxígeno a las bacterias y microorganismos. Por esta razón se debe de tratar el agua previa a ser desechada, de lo contrario se podría perder la biodiversidad disponible.

2.2.2 Sólidos

A continuación se puede observar la cantidad de sólidos emitidos por cada proceso individualmente, en comparación con los sólidos emitidos por los demás procesos.

Gráfica 2.4. Carga de sólidos en el efluente final de los procesos.

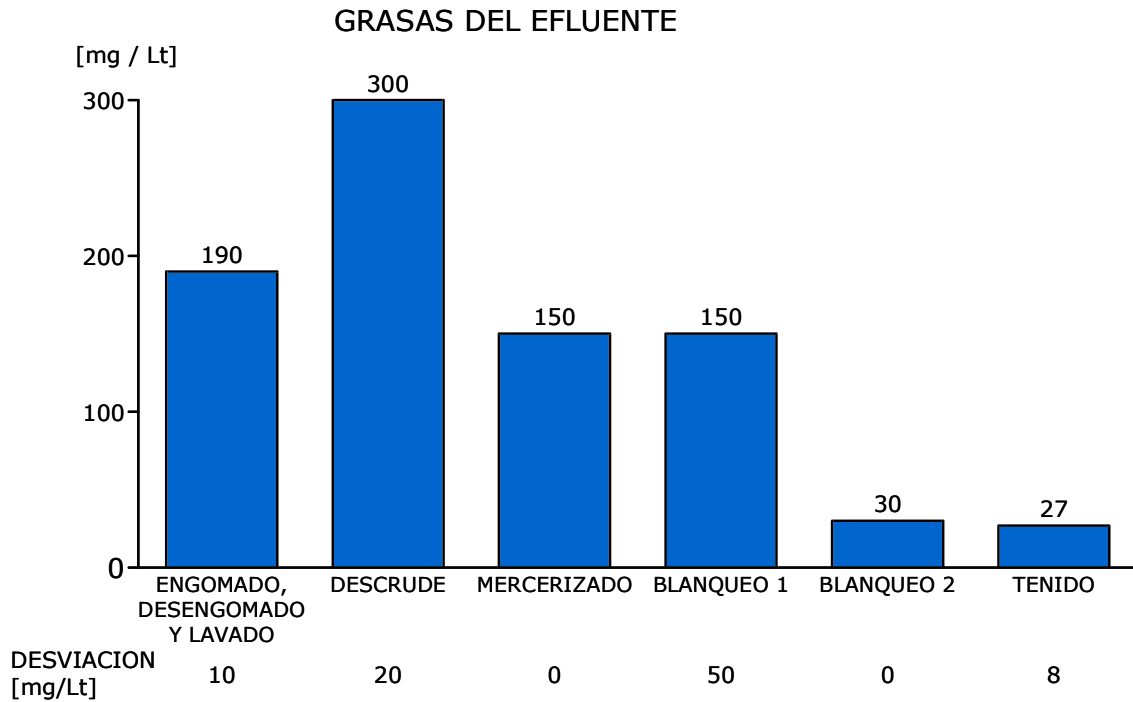


Estos son los sólidos que se desea sedimentar para removerlos de la columna de agua.

2.2.3 Grasas

A continuación se puede observar la cantidad de grasas emitidas por cada proceso individualmente, en comparación con las grasas emitidas por los demás procesos.

Gráfica 2.5. Carga de grasas al efluente final por procesos.



Las grasas en el proceso son un problema para los procesos productivos. Los efluentes que presentan altos contenidos grasos no pueden volver a ser reutilizados en el proceso ya que la presencia de éstas afecta la calidad final del producto.

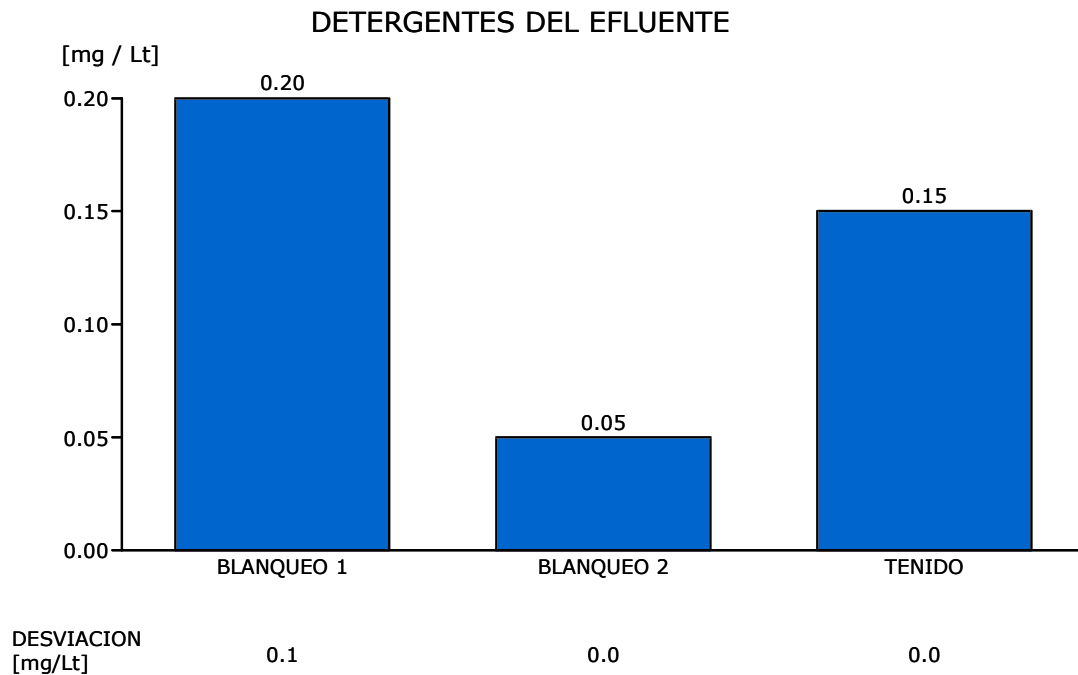
Los procesos de engomado-desengomado-lavado, descrude, mercerizado y el primer enjuague del blanqueo tienen elevados contenidos de grasas por lo que la reutilización del agua sin tratamiento previo debe quedar descartada.

2.2.4 Detergentes.

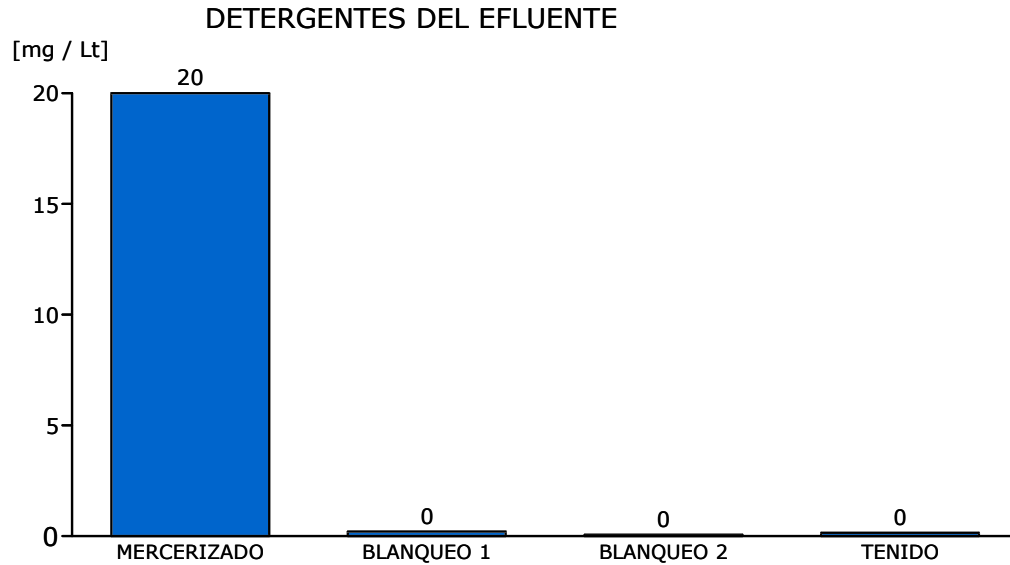
A continuación se muestra una comparación en las graficas de los detergentes. En la gráfica 2.6, se muestra el aporte de detergentes sin incluir a la operación del mercerizado, mientras que en la gráfica 2.7, se ha incluido por el fuerte aporte que representa gracias a la información proporcionada por uno de los encuestados.

Esta división se realiza ya que la operación de mercerizado aún no es utilizada por las plantas de producción de El Salvador.

Gráfica 2.6. Aporte de detergentes sin incluir al mercerizado



Gráfica 2.7. Aporte de detergentes con mercerizado.



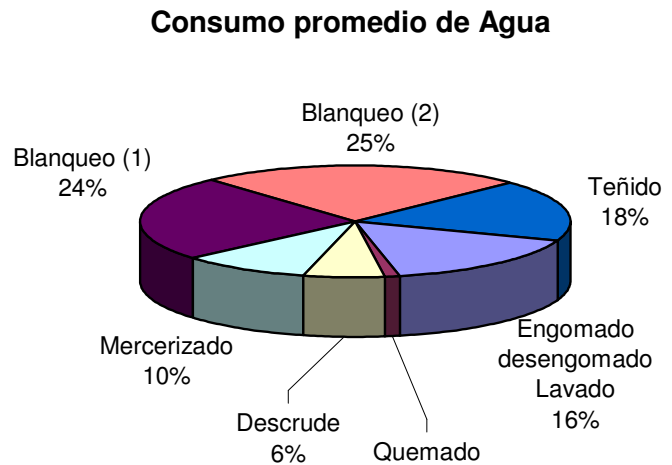
De acuerdo a la gráfica anterior, el mercerizado sería responsable de una carga de detergentes de 98% sobre el total de detergentes. Este elevado contenido de detergentes debe de ser reducido ya que producen espumas y añaden fosfatos al agua, lo que potencia el crecimiento de algas primitivas que consumen grandes cantidades de oxígeno, disminuye el poder autopurificador que tiene el ciclo natural del agua e interfiere en el proceso de sedimentación de plantas depuradoras.

2.2.5 Consumo de agua promedio por proceso.

Se han identificado los contaminantes emitidos por la industria, sin embargo, es necesario conocer el consumo de agua de cada proceso. A continuación se puede observar el aporte que tiene cada proceso sobre el total de agua utilizada. Se observa que en los 2 procesos de lavados del blanqueo, se tiene el mayor consumo de agua de aproximadamente 50%²⁴.

TABLA 2.9. Consumo promedio de agua por proceso.

PROCESO	VOLUMEN [Lt/Ton]
Engomado Desengomado Lavado	13,000
Quemado	900
Descrude	5,000
Mercerizado	8,000
Blanqueo (1)	20,000
Blanqueo (2)	19,978
Teñido	14,482
TOTAL	81,360



2.2.6 Otras apreciaciones.

El efluente del proceso de teñido es alcalino con valores de carga orgánica, grasas y detergentes relativamente bajos, sin embargo los altos niveles de sólidos disueltos y coloración no permiten que se reutilice el agua en los procesos. Además de suma importancia son las concentraciones de fenoles de hasta 1 mg/Lt, lo cual es lo suficientemente concentrado para ser letal.

²⁴ El consumo de agua varía según el tamaño y tipo de maquinaria usada, por lo que un cálculo específico es necesario para un estudio de consumo en una fábrica dada.

De acuerdo al reglamento de calidad de agua y control de vertidos, estas son las normas deseables para aguas superficiales. Con esto se logra una idea de los niveles de contaminación que se desea obtener en las aguas superficiales de El Salvador como se muestra en la tabla 2.10

Tabla 2.10. Normas deseables de aguas crudas superficiales²⁵ que solamente requieren sistemas convencionales de tratamiento según el Ministerio de Salud.

PARAMETRO	UNIDAD	RANGO DE VALORES		
DBO (mes)	mg/Lt	1.5	-	2.5
DBO (muestra)	mg/Lt	3.0	-	4.0
COLIFORMES	NMP/100	50.0	-	5000.0
OD	mg/Lt	4.0	-	6.5
PH		6.5	-	9.2
CLORUROS	mg/Lt	50.0	-	250.0
COLOR	Unidades	20.0	-	150.0
TURBIDEZ	Unidades	10.0	-	250.0
FLUORUROS	mg/Lt	1.5	-	3.0
FENOLES	mg/Lt	0.0	-	0.0
TOXICOS		AUSENTES		

Todos los vertidos industriales de todas las industrias del AMSS con o sin tratamiento de aguas, son desechados al sistema de desagüe, el cual termina en los ríos y al final en el Océano Pacífico²⁶.

Los fenoles se encuentran presentes en los desagües en concentraciones de hasta 1 mg/l.

²⁵ Decreto No. 50. Reglamento sobre Calidad de Agua. Tabla 1.

²⁶ “Evaluación de recursos de agua de la República de El Salvador”. Cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos, Octubre 1998.

2.2.7 Peligrosidad de efluentes.

Mediante fuentes secundarias, se buscó también conocer que tan peligrosas son las descargas de aguas de las fábricas, las cuales se describen a continuación.

Dependiendo de la fábrica, se considera que los efluentes no son peligrosos desde el punto de vista de la toxicidad de los contaminantes. Actualmente, prácticamente se encuentra descartado (en algunos países está prohibido) el uso de colorantes basados de cromo y sulfuro, los que podrían generar efluentes sumamente tóxicos y/o cancerígenos, así como también el empleo de sales de mercurio, níquel, cinc, etc., que se usaban hace años para acabados. Determinados colorantes y detergentes pueden provocar la presencia de sustancias fenólicas en las descargas, las cuales deben ser controladas para evitar daños a la salud y medio ambiente.

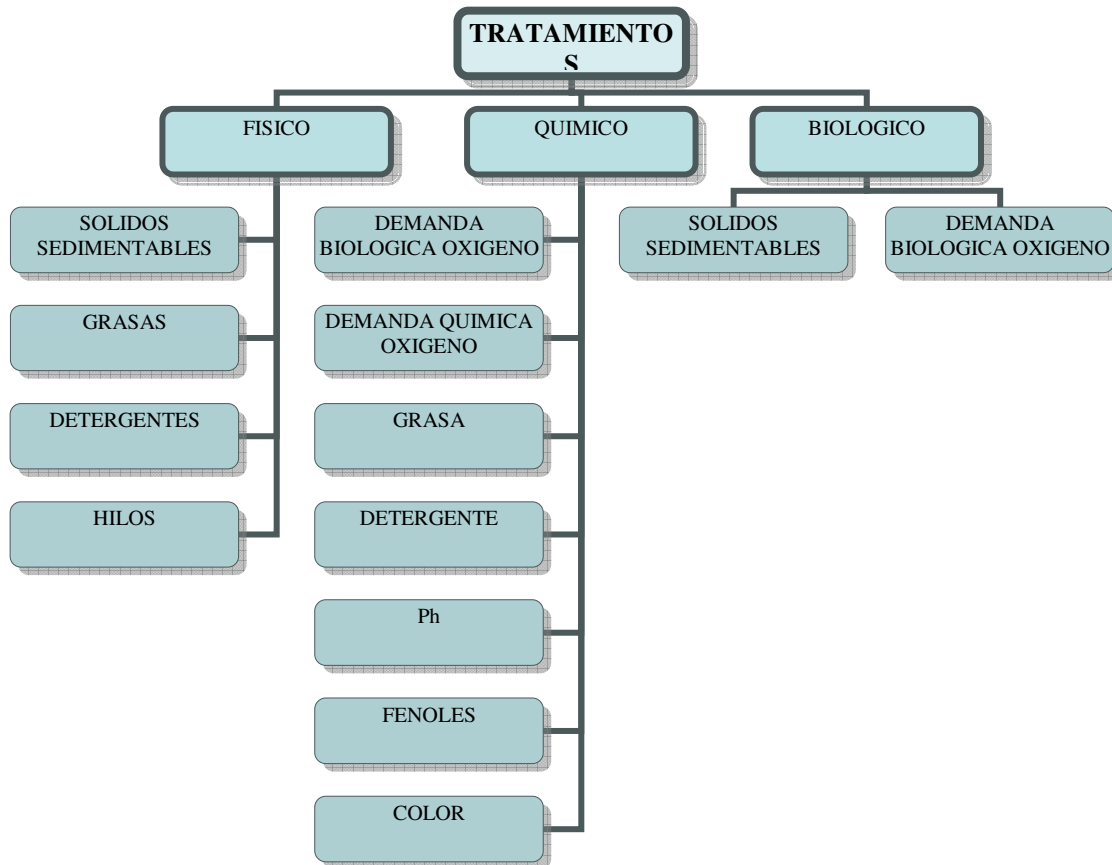
2.2.8 Descargas de los procesos

Se ha logrado identificar los principales contaminantes generados por la industria de El Salvador, a excepción del generado por el mercerizado, el cual no existe en los procesos locales.

Sin embargo, este proceso es de esperarse que se instale en El Salvador, principalmente porque la industria tiene una fuerte demanda en la región centroamericana con pocos proveedores capaces de satisfacerla por lo que habrán mejoras en los procesos y la tecnología para poder ofrecer productos que actualmente son importados de Asia debido a la fuerte demanda no atendida. El mercerizado se instalará en El Salvador para ofrecer un producto terminado con mayor valor agregado que haga más competitiva la región frente a Asia.

Según información de fuentes secundarias, los contaminantes identificados pueden ser tratados según se muestra en el siguiente árbol, pero una descripción mas detallada se hará en el próximo capítulo.

TABLA 2.11. Tipos de tratamiento para la reducción de contaminantes.



Estos son los contaminantes que deberán ser procesados por el sistema antes de ser desechados.

Los procesos que tienen una razón de DQO/DBO > 1.0, son procesos que tienen bajo nivel de biodegradabilidad debido principalmente a los remanentes de colorantes y productos utilizados.

2.3 REUTILIZACIÓN DEL AGUA

La reutilización del agua es posible aunque no toda sea apta para reingresar al sistema, la cual se puede considerar de 2 formas:

- Reutilizar agua sin ningún tipo de tratamiento
- Reutilizar aguas tratadas previamente

Esta reutilización se da principalmente en procesos que pueden utilizar su mismo efluente sin ningún tipo de tratamiento para ahorrar en consumo de agua y costos de tratamiento. La reutilización se trata con mayor detalle más adelante²⁷.

²⁷ Capítulo sobre reutilización de agua.

2.4 REACCIONES QUÍMICAS SECUNDARIAS.

Mediante investigación de fuentes secundarias se logró descubrir que en un tratamiento de agua, pueden existir reacciones químicas secundarias, las cuales generan nuevos subproductos que pueden requerir un distinto modelo de tratamiento al utilizado.

En el caso de la industria textil, debido a la variedad de sustancias presentes en las descargas de agua, es posible que se tengan reacciones químicas secundarias que complican el proceso de tratamiento.

Se puede evitar tener las reacciones secundarias al no combinar los efluentes de los distintos procesos con un manejo de células de tratamiento para neutralizar los contaminantes propios del proceso y dejar sustancias genéricas para un tratamiento del efluente final o para una reutilización del agua de esa célula en algún proceso específico.

Según las sustancias de cada proceso, se debe verificar si es necesario un pretratamiento de los efluentes o si se puede tratar todo el volumen hasta el final del proceso.

2.5 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS HIPÓTESIS.

HIPÓTESIS 1.

“Un sistema de tratamientos de agua, es una guía para determinar las necesidades para procesamiento de desperdicios en una planta productora de hilos.”

El diseño del sistema para purificar agua se creó como un Manual de Operaciones que se debe adaptar según las características de los procesos y de las empresas para que sea funcional a las necesidades actuales y planes futuros.

Mediante la información recopilada se puede diseñar un sistema de tratamientos de aguas que sirve a cualquier empresa de esta industria para aplicarlo a su realidad y determinar sus necesidades de tratamiento según lo establecido por las leyes, por lo que la hipótesis es aceptada.

HIPÓTESIS 2.

“Un sistema de tratamiento de aguas industriales debe contemplar tratamiento físico, químico y biológico de aguas para propiciar una purificación que no sea nociva para el medio ambiente”

De acuerdo a la información recopilada durante la investigación, se lograron determinar contaminantes en los procesos que es posible de neutralizar mediante tratamientos físicos y químicos únicamente. El tratamiento biológico puede ayudar a mejorar alguna característica final del efluente, sin embargo el valor que agregaría es mínimo puesto que los tratamientos anteriores pueden manejar sin problemas los contaminantes involucrados, por lo que la hipótesis queda rechazada.

HIPÓTESIS 3.

“El 100% del agua tratada puede ser reutilizada en la planta en procesos productivos o no productivos para disminuir el consumo total del agua demandada por la fábrica”

Como se muestra en el análisis de la información, sólo se puede reutilizar parte del agua de los efluentes debido a que las propiedades físicas, químicas y biológicas impiden que el agua sea reutilizada por afectar la calidad final del producto.

De los 81.9 m³ de agua utilizados para la fabricación de hilos²⁸, desde el proceso de preparación hasta la tintura final, sólo se pueden reingresar al sistema productivo el efluente del segundo lavado del blanqueo el cual utiliza aproximadamente 21 m³ diarios para la fabricación del producto final, por lo que se logra un ahorro de 25% en el consumo de agua, una cifra nada despreciable ante la gran cantidad de agua que requiere el proceso. Sin embargo, a pesar que el ahorro es significativo, no se puede reingresar a producción más agua y los procesos no productivos utilizan una parte insignificante comparado con el volumen total de la fábrica por lo que la hipótesis debe ser rechazada al no poderse reutilizar el 100% del agua en la planta.

Usos alternos a el agua y la reutilizacion de ésta serán tratados más adelante.

²⁸ identificados en el capítulo 2.2.5 para una tonelada de producto.

2.6 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.6.1 Descripción de los procesos.

El proceso investigado tiene etapas húmedas y secas²⁹, en donde, de acuerdo a la información proporcionada por las fábricas, las etapas con procesos húmedos son los que afectan la composición del agua al final de cada proceso.

Se ha comprobado que todos los procesos húmedos descargan contaminantes al agua. Cada uno de ellos tiene su propio aporte de carga por lo que fueron analizados con los resultados que se muestran a partir del siguiente apartado.

Se puede lograr un ahorro de aproximadamente 25% del agua de los efluentes mediante la reutilización del agua del segundo enjuague de blanqueo, lo que representa un ahorro anual en consumo de agua de \$4,050.53 para el modelo planteado³⁰.

2.6.2 Tipos de tratamientos.

En la tabla 2.11 se identificaron los tipos de tratamiento que se pueden usar para el manejo de los contaminantes que están presentes en los efluentes de cada proceso.

A pesar que se podría utilizar el tratamiento biológico, éste no es necesario debido a que se usa para realizar pequeños ajustes a la calidad final del vertido que se desecharía y para estabilizar contaminantes biológicos que son difíciles de eliminar por un tratamiento físico-químico.

²⁹ Ver Cáp. 1.6

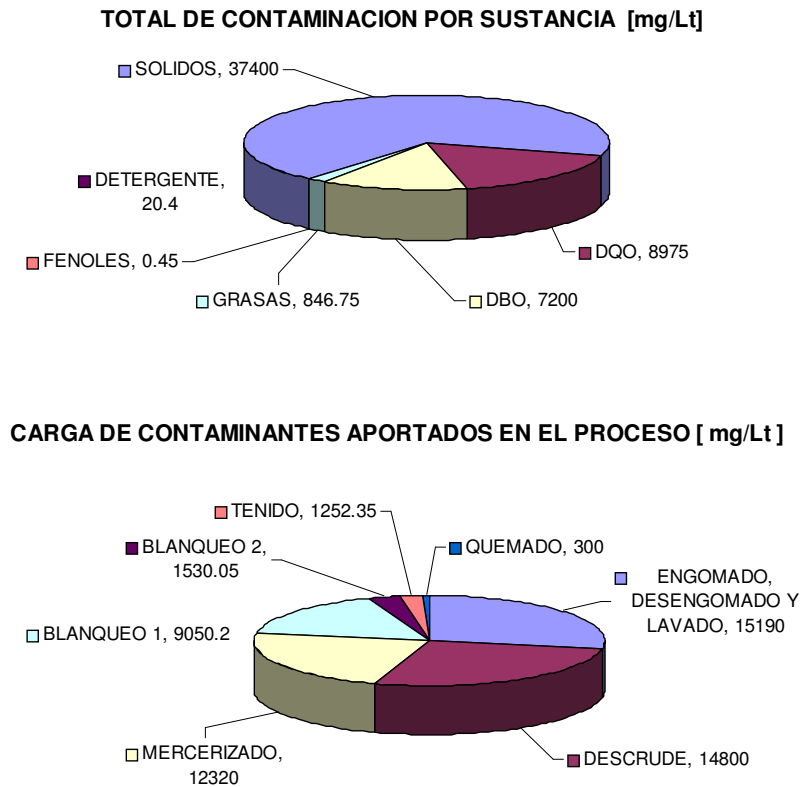
³⁰ Una explicación mas detallada de esto se puede encontrar en el Capítulo 4.

En este proceso se desea eliminar los sólidos y DBO, sin embargo, la DBO y DQO se eliminan fácilmente en el tratamiento primario y los sólidos por medios de remoción físicos, los cuales tienen la ventaja de ser más económicos y fáciles de controlar.

2.6.3 Tipos de contaminantes.

Para lograr identificar la carga de contaminación de cada proceso, se han agrupado los procesos de dos formas: La primera por contaminante con el objetivo de conocer cuál es el que más carga el efluente y el segundo, ordenado por proceso para observar cuáles procesos aportan más contaminación.

GRAFICA 2.8. Concentración de contaminación por tipo de contaminantes y por proceso.



En las gráficas se puede observar en promedio, la cantidad total de cada contaminante y la concentración en mg/Lt de sustancias agregadas al agua.

Los fenoles se pueden encontrar en concentraciones de hasta 1 mg/lit en los procesos de tintura. Esta concentración es lo suficientemente fuerte como para inhibir toda actividad biológica en el agua y el suelo, además que provocaría un envenenamiento severo en las personas.

La coloración del agua puede variar de tonos claros a oscuros dependiendo de los colorantes que se utilicen para el producto final.

Un estudio realizado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América en 1998, reveló la contaminación que presentan los cuerpos de agua subterráneos y aguas superficiales en El Salvador. En el estudio se muestra que los altos niveles de contaminación en aguas superficiales del área del Río Acelhuate y subterráneas de los alrededores, presentan niveles de contaminación de tal magnitud que no se puede tratar ni con el método de ósmosis inversa³¹, por lo que no existe modo de poderlo recuperar³².

Estos altos niveles de contaminación son indicadores de la alta necesidad de tratamiento de aguas de manera de no expandir la contaminación de nuestros limitados recursos hídricos. En el caso de El Salvador, se debe de crear una cultura de ciclo del agua para el reciclaje y reutilización de esta sin comprometer la salud humana, ya que actualmente, se está descargando el agua al alcantarillado público y por último a los ríos, prácticamente sin ningún tipo de tratamiento³³.

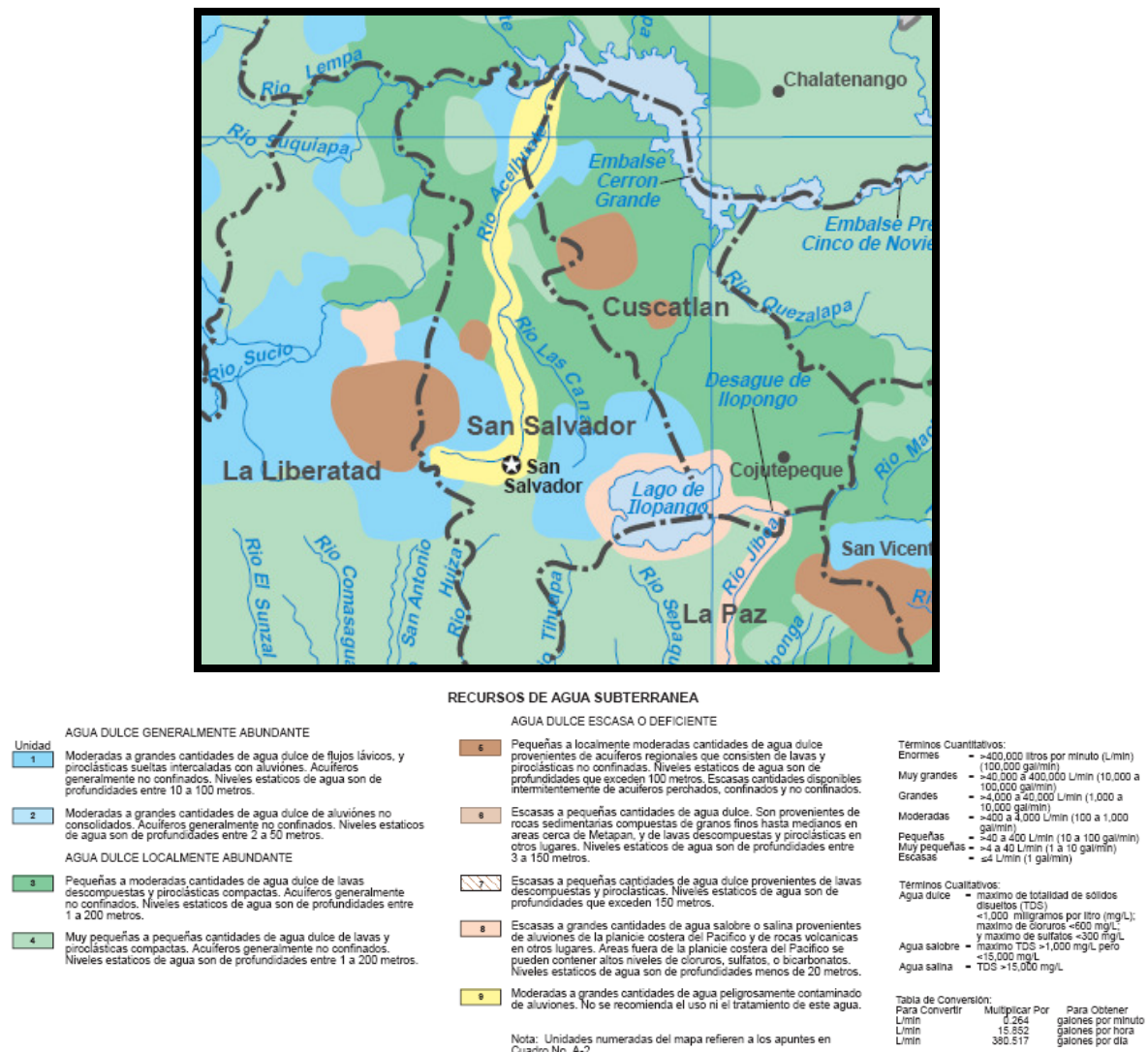
³¹ Membrana semipermeable para separar y para quitar los sólidos disueltos, los orgánicos, los pirogénicos, la materia coloidal, microorganismos, virus, y bacterias del agua con eficiencia entre 95 y 99%

³² Según Pons y otros, Op. Cit. el componente para un saneamiento del Acelhuate requiere una inversión de US\$ 100 millones. Al momento de este estudio no se conocía la floculación iónica, tratada mas adelante.

³³ Una de las fábricas a pesar de informar que ellos tratan el agua previo a desecharla, se observó que desecharon una fuerte cantidad de agua caliente color rojo a una tubería de aguas que estaba adentro de la fábrica.

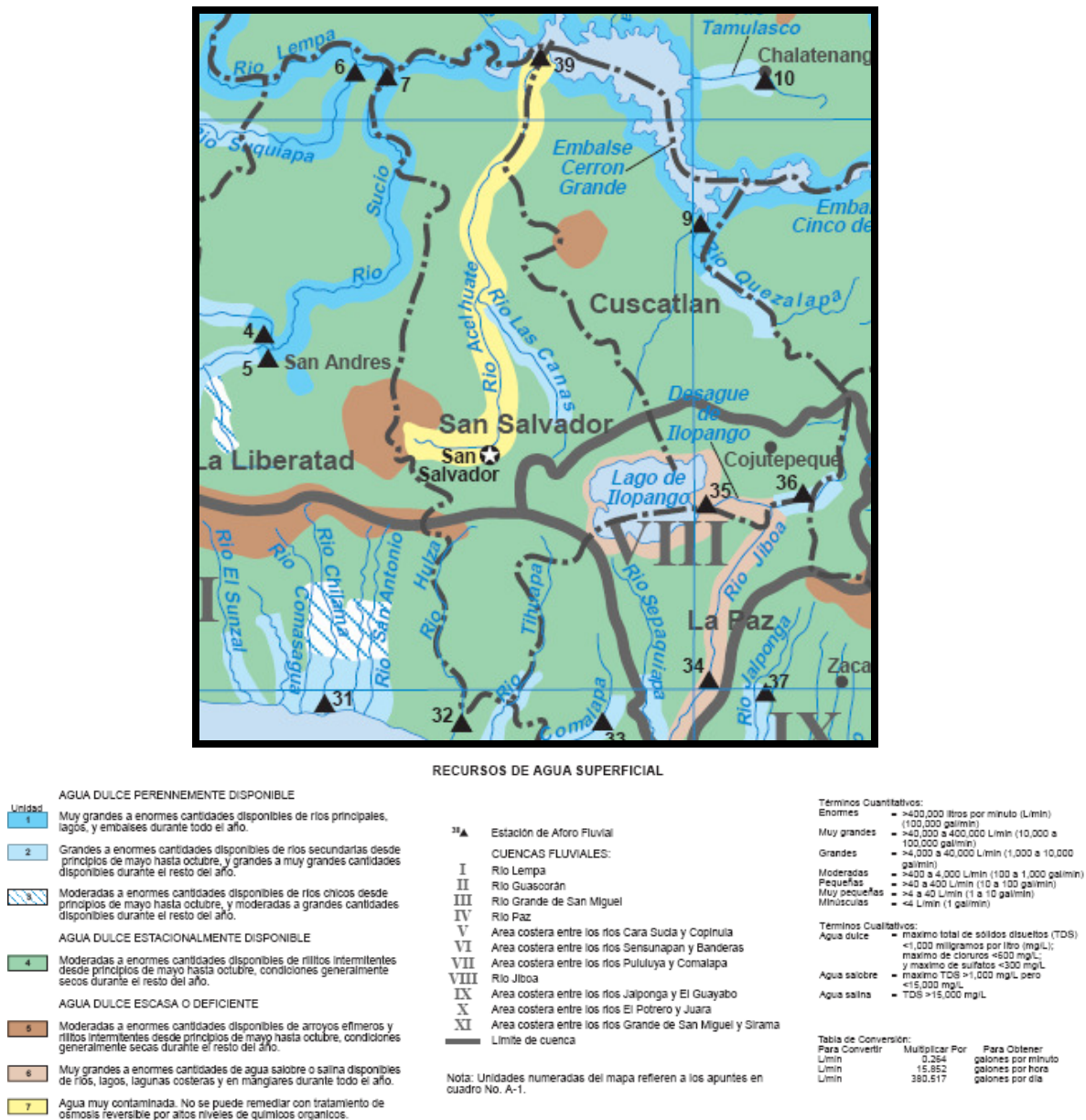
Un estudio realizado en 1996 por la Universidad Técnica Latinoamericana, analizó la calidad de aguas superficiales en 21 puntos de control en “Río Sucio”, “el Acelhuate”, “Agua Caliente” y “Cuya”, en los cuales se encontró que el 100% de las aguas estaban contaminadas microbiológicamente, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, nitrógeno amoniacal y demanda bioquímica de oxígeno. Estos desaguan sus contenidos en el río Lempa. Según un estudio de FUSADES en 1998 se concluyó que la contaminación se debe a vertidos de alcantarillados de distintos centros de desagüe del AMSS. A continuación, se muestran las gráficas de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos aledaños al AMSS.

GRAFICA 2.9. Niveles de contaminación en cuerpos de agua subterráneos en AMSS



Se observa en la gráfica la fuerte contaminación que se presenta en el río Acelhuate con todo tipo de sustancias, debido a las descargas con altas concentraciones de contaminantes.

GRAFICA 2.10. Niveles de contaminación en cuerpos de agua superficiales en AMSS



En esta gráfica se muestra el efecto que tienen las descargas de agua con altos niveles de contaminación sobre los suelos y aguas subterráneas. En el caso del río Acelhuate, la contaminación penetró y saturó el suelo en tal grado que la contaminación

llegó hasta las aguas subterráneas volviéndolas imposibles de utilizar ni siquiera con tratamientos para su purificación. La recuperación de este río tomaría años, grandes cantidades de dinero y una estricta ley de protección.

2.6.4 Tipos de contaminación de los efluentes³⁴

Contaminación orgánica

Se tiene mayor contaminación en el engomado-desengomado y descrude, y es menor en el teñido. Esta contaminación está presente debido a los agentes utilizados para el engomado de características biológicas, mientras que en el teñido, los colorantes son artificiales. Además se encontró que la DBO del engomado-desengomado y del descrude representa 75% del total, lo que indica fuerte carga de reducción orgánica, mientras que el teñido prácticamente no tiene aporte orgánico.

Contaminación inorgánica.

Fuentes secundarias sugieren que esta contaminación proviene del lavado en las operaciones de mercerizado, blanqueo y teñido. Los efluentes de esta manufactura suelen ser alcalinos, coloreados (cuando pasa por el proceso de teñido) y con una DBO promedio comprendida entre los 300 y 1000 mg/l. Los principales contaminantes son: almidones y glucosa, ceras, pectinas, agentes humectantes, auxiliares, sulfuros, sulfitos, ácido acético, detergentes, hipoclorito, agentes reductores y colorantes no biodegradables.

Los efluentes del acabado del algodón contienen fibras finas que obstruyen los efluentes por lo que es necesario tener un método de filtración a la salida de los procesos

³⁴ www.wikipedia.org

CAPÍTULO 3.

IDENTIFICACION DE TRATAMIENTOS DE AGUAS

3.1 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS ADECUADOS PARA ELIMINAR LOS CONTAMINANTES.

Se identificó en el capítulo anterior el tipo de tratamiento que deben llevar los contaminantes³⁵ según el proceso que se les realiza. Se describió antes que existen 3 clases principales de procesos de tratamiento que se utilizarán para este sistema, los cuales deben de utilizarse para los contaminantes identificados en la industria del AMSS.

En términos genéricos, una planta de tratamiento completa capaz de degradar cualquier partícula no radioactiva en cualquier industria, debe de estar constituida por al menos uno de los siguientes tratamientos³⁶.

1. *Pretratamiento*. Busca preparar el agua para facilitar los tratamientos propiamente dichos, y evitar en la instalación erosiones u obstrucciones. Incluye equipos tales como rejillas, tamices y desarenadores.
2. *Tratamiento primario o tratamiento físico-químico*: busca reducir la materia suspendida por medio de la precipitación o sedimentación, con o sin reactivos, o por medio de diversos tipos de oxidación química³⁷, la cual consiste en la oxidación aerobia de la materia orgánica o su eliminación anaerobia en digestores cerrados. Ambos sistemas producen lodos en mayor o menor medida que deben ser tratados en su momento para su reducción, acondicionamiento (almacenaje) y destino final.

³⁵ Tabla 2.11

³⁶ www.wikipedia.org

³⁷ Debido a su alto costo, la oxidación en esta etapa es raramente utilizada en la práctica.

3. *Tratamiento secundario o tratamiento biológico*: se emplea de forma masiva para eliminar la contaminación orgánica disuelta, la cual es costosa de eliminar por tratamientos físico-químicos.
4. *Tratamiento terciario, de carácter físico-químico o biológico*: Este, en teoría, no aplica técnicas diferentes que los tratamientos primarios o secundarios, sino que utiliza técnicas de ambos tipos para limpiar el vertido final, mejorando alguna de sus características. Si se emplea intensivamente pueden lograr hacer el agua de nuevo apta para el abastecimiento de necesidades agrícolas, industriales, e incluso para potabilización.

Sin embargo, las plantas de tratamiento eficientes no necesitan llevar todas estas etapas, por ejemplo, sería ilógico y económicamente inviable, instalar un tratamiento con todas las fases a una fábrica donde el único contaminante sean altas temperaturas y en caso contrario, sería instalar sólo tratamiento físico a una fábrica de tintura de hilos; ninguno estaría adaptados a las necesidades de la empresa, no sería eficiente ni económicamente sensato. Los diseños deben de ser adecuados a las fábricas, según las características de sus efluentes.

3.1.1 Pretratamiento y tratamiento físico

El sistema de tratamiento de proceso físico tiene como objetivo eliminar las propiedades físicas de las impurezas lo cual depende directamente del tamaño de las partículas, peso específico, viscosidad, etc. Ejemplos muy difundidos para tratar las sustancias de los efluentes son el tamizado, clarificación por sedimentación y clarificación por flotación.

Debido al tipo de producto que se está produciendo, los efluentes llevan partículas sólidas flotantes y sólidos suspendidos, que deben ser eliminados cuanto antes para evitar obstrucciones en el flujo de agua o que se pueda dañar el equipo instalado.

En el tratamiento físico se busca eliminar a partículas grandes no disueltas como hilos, además de sólidos sedimentables y en suspensión, grasas y detergentes. Para eliminar estos contaminantes se recomienda el uso del microtamizado y de la clarificación.

3.1.1.1 Microtamizado

Se recomienda para la eliminación de partículas el uso de un microtamizado que es una rejilla de tambor que usa una malla fina de acero inoxidable de aberturas variables entre 20 y 60 μm con lo que se pueden eliminar las hebras de hilos suspendidas en el agua y algunos sólidos flotantes que se puedan encontrar. Esta malla al presentar aberturas muy pequeñas tiende a obstruirse fácilmente, por lo que el tambor debe girar a una velocidad lineal periférica de 0.5m/s ³⁸ para que unos chorros de alta presión limpien la malla continuamente. La tasa normal de filtración en uso normal es de 750 a 2500 $\text{m}^3\text{agua} / \text{m}^2\text{filtro}$, sin embargo para el diseño de la planta de tratamiento, se deberá determinar con pruebas de laboratorio una característica empírica conocida como índice de filtrabilidad para determinar las propiedades de obstrucción de las partículas y determinar la velocidad permisible del microtamizado.

3.1.1.2 Clarificación

Este proceso consiste, como su nombre sugiere, en aclarar el agua, por medio de la sustracción de las partículas del efluente. Este proceso se puede realizar de varias formas como los de tanques de sedimentación en los cuales las partículas más densas que el agua se precipitan, o por flotación, en el cual las partículas menos densas que el agua flotan.

El proceso de clarificación se explicará con más detalle en el tratamiento primario en el Capítulo 3.1.2.1.

³⁸ “Fundamentos de control de la calidad de agua.”

Si se desea realizar un análisis de propuestas de tanques de clarificación, existe software gratis en Internet para cálculo de dimensiones, profundidad, flujo y áreas de los tanques.³⁹.

3.1.2 Tratamiento primario o físico-químico.

Procesos que buscan eliminar características del agua por medios físicos y químicos con una amplia capacidad de remover sustancias.

En este tipo de tratamiento se busca eliminar las siguientes sustancias:

- Sólidos disueltos.
- Remanentes de grasas y detergentes.
- Remanentes de hilos.
- DBO y DQO
- pH
- Fenoles
- Color y olor.

Estas sustancias por su naturaleza requieren de un sistema más complejo de tratamiento por lo que se recomienda para la eliminación del color el uso de ozono; para la DQO.

3.1.2.1 Clarificación

Las impurezas de agua pueden presentarse como materia en suspensión, en líquidos que fluyen, pero con desplazamiento vertical por efecto de la gravedad.

La materia suspendida en el efluente que permanece en esa condición después del microtamizado puede moverse verticalmente por la influencia de la gravedad en condiciones estáticas o semiestáticas. Por lo regular las partículas son más densas que el líquido circundante y ocurre la sedimentación, en caso contrario, si las partículas cuando

³⁹ <http://www.ce.siu.edu/civil/Rproject/USSt/ast.html>.

tienen menor densidad que el líquido circundante, se debería instalar la flotación, el cual es más eficiente pero también más costoso. A continuación se presentan 3 tipos de clarificación ampliamente utilizados.

1. Clarificación por sedimentación

La sedimentación tiene una función dual:

- Remoción de sólidos sedimentables
- Concentración de sólidos removidos en un volumen menor de lodo.

En la sedimentación se deben diferenciar 2 tipos de partículas:

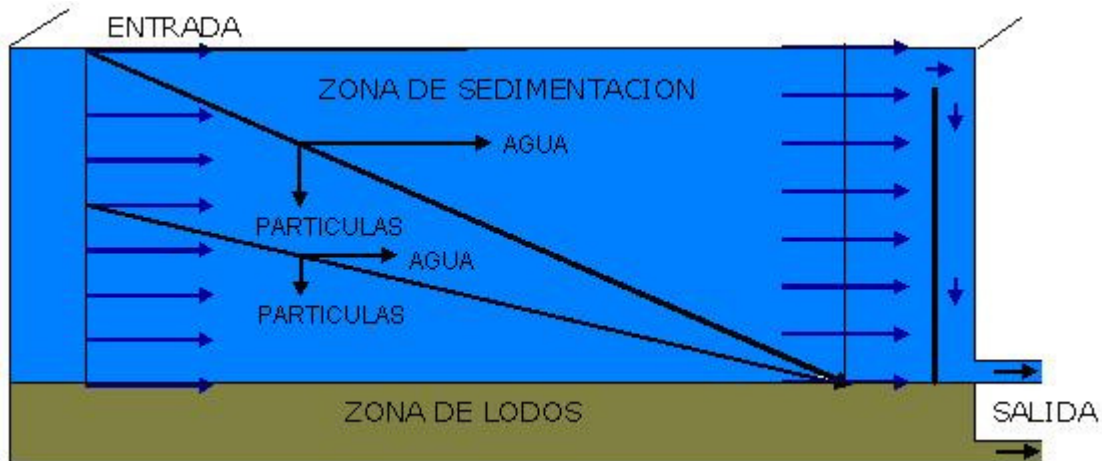
- *Partículas discretas*: No cambian de tamaño, forma o masa durante la sedimentación.
- *Partículas floculantes*: Son las que se aglomeran entre sí durante la sedimentación y no mantienen características constantes.

Se pueden diferenciar 4 tipos distintos de sedimentación:

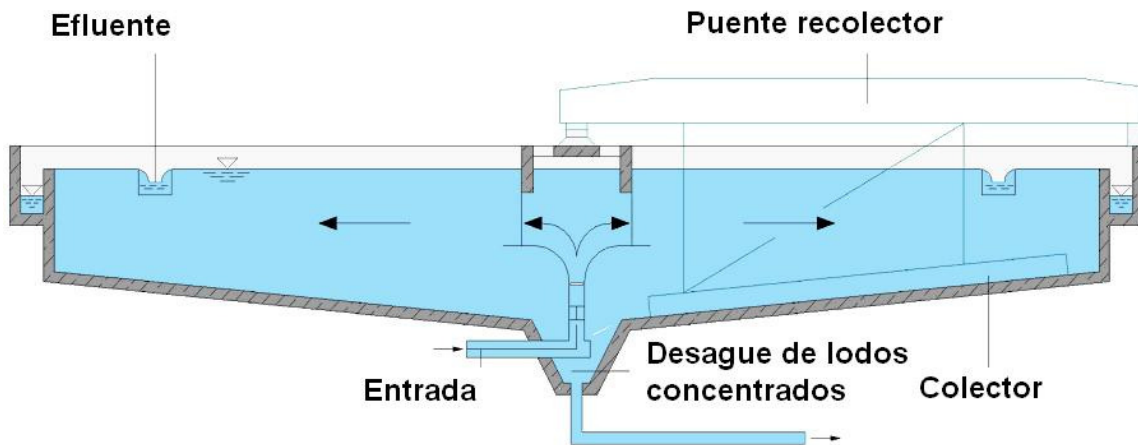
- *Sedimentación de clase 1*: Sedimentación de partículas discretas de acuerdo a lo mencionado anteriormente.
- *Sedimentación de clase 2*: Sedimentación de partículas floculantes que aumentan su velocidad de sedimentación durante el proceso.
- *Sedimentación por zona*: Determinadas concentraciones de partículas. Estas están suficientemente cerca unas de otras ya que las fuerzas intermoleculares las mantienen fijas en relación de unas con otras de manera que la suspensión se sedimenta homogéneamente como una unidad.
- *Sedimentación de compactación*: Sucede cuando se tienen sólidos en suspensión en altas concentraciones. Las partículas están en contacto y las partes inferiores soportan en parte el peso de las partículas.

El tanque de sedimentación funciona como se muestra en la gráfica 3.1 y 3.2. Las características y condiciones del tanque varían de fábrica a fábrica según la maquinaria y concentraciones y las características de los contaminantes presentes.

GRAFICA 3.1. Principio de tanques de sedimentación cuadrados en condiciones ideales.



GRAFICA 3.2. Principio de tanque de sedimentación circular en condiciones ideales.

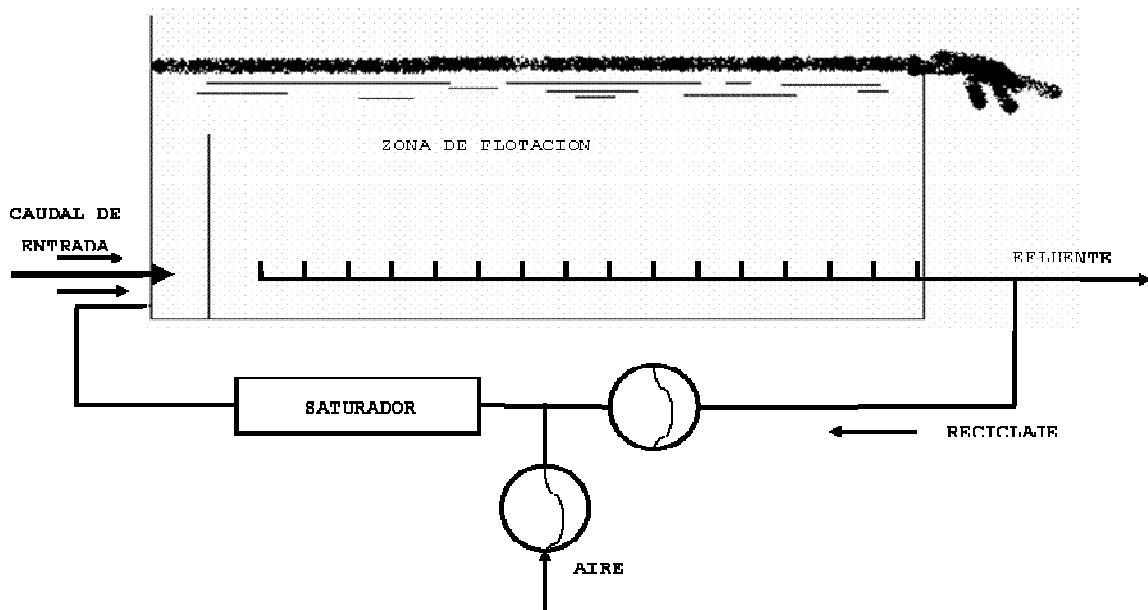


2. Clarificación por flotación

Esta técnica se utiliza cuando las partículas en suspensión tienen densidad menor al fluido. En esta técnica, las tasas de carga no están directamente relacionadas con las

características de la suspensión; por esta razón es posible que los tiempos de retención sean relativamente cortos y aun así obtener una buena clarificación. Este proceso requiere que se agregue un agente de flotación, el cual normalmente son finas burbujas de aire, las cuales están ionizadas positivamente y las partículas con carga negativa, por lo que se adhieren a las burbujas y suben a la superficie para removerlas en forma de espuma o lodo. La gráfica 3.3 muestra cómo se da el proceso de flotación.

GRAFICA 3.3. Principio de un tanque de flotación en condiciones ideales.



De la superficie del tanque se remueven los sólidos suspendidos que se encuentran adheridos a las burbujas de agua como se muestra en la siguiente figura.

Figura 3.1. Eliminación de espuma y sólidos por flotación



El contenido de sólidos que salen del sistema es más alto que el que se alcanza por sedimentación de la misma suspensión. Aunque el precio de un tanque de flotación es menor que el de un tanque de sedimentación, éste tiene costos de operación más elevados. Esto se debe principalmente a que la flotación se aplica a suspensiones con velocidades de sedimentación relativamente bajas⁴⁰ o no sedimentables.

La flotación se recomienda para ser utilizada en la remoción de las partículas de sólidos en suspensión, detergentes, grasas e hilos, ya que este proceso es capaz de remover grasas y detergentes mientras que por sedimentación sólo es posible la eliminación de sólidos en suspensión e hilos.

3. Clarificación por coagulación y floculación.

La coagulación y floculación son dos procesos diferentes pero que funcionan juntos. Estos procesos se dan cuando el agua tiene partículas coloidales con lo que se logra eliminar gran parte de este material en suspensión.

En la coagulación, se agrega un coagulante al agua para hacer que las partículas, que tienden a repelerse unas de otras y que no se precipitan, se atraigan entre sí o al coagulante. Lo que se logra en este proceso es que las partículas que tienen cargas cinéticas haciendo que se repelan entre sí, se vuelvan cinéticamente inactivas con lo que se pueden aglutinar formando partículas mas grandes llamados “flocs”, con peso específico mayor que el del agua. Con este proceso se tienen partículas con características para lograr la sedimentación.

El proceso de floculación que sigue a la coagulación, consiste en agitar de forma lenta y suave al fluido con lo que se logra que las partículas tengan más contacto recíproco. Esto logra hacer que las partículas se agrupen entre sí y se vuelvan lo

⁴⁰ Para el cálculo de las velocidades de sedimentación y flotación así como las dimensiones de los tanques se puede consultar la información contenida en el capítulo 11 de “Fundamentos de control de la calidad de agua”.

suficientemente grandes para que sean sedimentables o filtrables. El alumbre (sulfato de aluminio) es un coagulante ampliamente utilizado en las plantas de tratamiento del agua.

La velocidad de sedimentación que se logrará al final de este proceso depende del éxito del proceso en agrupar las partículas y el tamaño de flocs obtenido. En la siguiente tabla se pueden observar algunas velocidades de sedimentación.

TABLA 3.1. Velocidad de sedimentación de partículas en agua a 10°C

Tamaño de partícula [μm]	Velocidad de sedimentación [m/h]
1000	600
100	20
10	3
1	0.003
0.1	1×10^{-5}
0.01	2×10^{-7}

3.1.2.2 Tratamiento con Ozono.

La DQO es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar toda la materia biodegradable y no biodegradable de los efluentes de agua. Esta medida indica la cantidad total de contaminación oxidable presente en el vertido, lo que da una idea muy realista de la calidad del vertido.

En comparación con la DBO, que es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable, la DQO representaría la cantidad total de materia biodegradable y no biodegradable.

Para asegurar una buena calidad final del efluente, el cual cumpla con las regulaciones nacionales sin poner en peligro el ecosistema, se debe controlar la presencia de DBO y DQO en el efluente.

Para disminuir esta carga del agua, según la naturaleza del proceso y la alta carga que se presenta en estos efluentes, no son recomendados procesos alternativos a éste para tratamiento de esta agua⁴¹.

El tratamiento con ozono, el cual es una forma de oxígeno distinta a la molécula común (O_2) que está conformada por 3 átomos de oxígeno (O_3) lo que lo convierte en un poderoso oxidante con resultados muy efectivos para disminuir la carga de DQO y DBO. El ozono tiene un poder oxidante de velocidad de reacción 3000 veces superior al del cloro, suficientemente fuerte para oxidar hasta los metales pesados como el hierro y descomponer a detergentes, pesticidas y derivados de metano, neutraliza cianuro, amoníaco, nitritos, nitratos, urea y otros compuestos.

Para realizar este proceso, se debe analizar adecuadamente la producción mínima necesaria de ozono así como el tiempo medio de contacto para eliminar la demanda de oxígeno del agua. El tratamiento con ozono disminuye la demanda de oxígeno, elimina el color, el olor y produce una desinfección total de los microorganismos en caso que hubieran presentes, dejando al efluente con carga de DBO, DQO controladas y sin olor ni color.

3.1.2.3 El pH.

El pH será analizado más adelante en los tratamientos terciarios. Al combinar los efluentes, el pH ácido y básico se equilibra, el cual ha sido afectado por todos los productos químicos utilizados en el proceso de producción.

Además, por razones económicas se trata el pH al final del proceso para evitar tener que hacer tratamientos distintos para pH alto y pH bajo, lo que implica distintos químicos que se deben usar así como diferentes puntos de control. Al final del proceso los efluentes se combinan y se obtiene un valor de pH según las características dadas en el proceso y se hace un solo tratamiento con lo que se reducen los costos.

⁴¹ Información recopilada de la empresa Española de tratamiento de agua Hidritec.

3.1.2.4 Tratamiento de fenoles.

El tratamiento de cualquier sustancia fenólica es de suma importancia en la calidad del efluente por la alta toxicidad que éste representa como se muestra a continuación:

Tabla 3.2 Niveles de toxicidad según concentración del fenol.

Concentración	Toxicidad
1.5 g	Dosis oral letal para un adulto
> 200 ppm	Inhibe la actividad biológica del suelo. (AMORNPRASERTSOOK & POLPRASERT, 1996) y se torna bactericida (KOLACZKOWSKI et al., 1997)
5 – 25 ppm	Dosis letal para la vida acuática (AMORNPRASERTSOOK & POLPRASERT, 1996; POLPRASERT & SOOKHANICH, 1995).
2 – 2.5 ppm	Le da al agua de beber sabor y olor característico cuando combinado con cloro(POLPRASERT & SOOKHANICH, 1995; ABDO et al., 1997)

El fenol es una sustancia que debe ser tratada antes de ser eliminada del efluente debido a que este reacciona con el cloro⁴², produciendo compuestos fenil-policlorados, los cuales son más tóxicos y más resistentes a la biodegradación, que es el último recurso de eliminación de contaminantes después que se desecha el efluente.

El fenol, puede presentarse en una gran forma de subproductos dependiendo de las sustancias con las cuales éste interactúe, por lo que se recomienda su reducción antes de ser combinado con otros efluentes. En nuestro país, el fenol presenta el peligro de que se combine en los ríos con cloro utilizado en zonas rurales, con lo cual se obtienen compuestos como el pentaclorofenol, el cual es considerado por la EPA⁴³ el contaminante No. 31 según su nivel de toxicidad. Para el tratamiento de los fenoles existen varios tipos de procesos que se pueden utilizar, como en el siguiente cuadro:

⁴² El cloro se encuentra presente en todos los ríos de El Salvador puesto que es usado por la población rural en los ríos.

⁴³ Enviromental Protection Agency. (Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos).

Tabla 3.3. Técnicas de remoción de compuestos fenólicos.

Técnica	Variantes	Observaciones
Tratamientos Biológicos	Columnas de filtración con lodo activado	Son una buena opción de tratamiento de efluentes con la desventaja que requieren hasta 12 horas de tratamiento e inmensos tanques de almacenaje.
	Remoción enzimática por la b - tyrosinase	
	Lagunas de estabilización con plantas Typha	
	Adsorción en carbón activado y biodegradación	
	Remoción con Pseudomonas alcaligenes	
Extracción Líquido-Líquido	Emulsiones oleosas y cáusticas soportadas en fibras microporosas de polipropileno	Se recomienda este método cuando las cargas de fenol son elevadas.
	Emulsiones oleosas y cáusticas con N503. (N,N-di (11 – metilheptil) acetamina como "carrier".	
Adsorción	Columna de lecho fijo con carbón activado modificado superficialmente	Se recomienda este método cuando las cargas de fenol son elevadas.
	Columna de lecho fijo con mezcla de diferentes carbones	
	Materiales sorbentes alternativos: hollín y cenizas volantes	
Oxidación	Oxidación a altas temperaturas y presiones	Velocidad de destrucción de fenoles rápida.

El fenol de la industria, puede presentar una concentración de hasta 1mg/Lt al salir del proceso lo que representa un serio peligro para la salud de las personas ya que 1.5 mg se vuelve letal para los seres humanos, pero de acuerdo a las leyes de El Salvador, éste no requiere de tratamiento para desecharlo al sistema de alcantarillado mientras esté por debajo de los 5 mg/Lt⁴⁴.

La remoción del fenol se puede realizar de manera rápida mediante oxidación, obteniendo como subproducto del proceso, agua.

⁴⁴ Acta No. 1937 Punto XIV. Norma para regular la calidad de aguas residuales.

3.1.3 Tratamiento secundario o Biológico

Los procesos biológicos son los que utilizan reacciones bioquímicas para quitar impurezas solubles o coloidales (suelen ser de naturaleza orgánica). Los procesos biológicos pueden ser aerobios o anaerobios según el tipo de compuesto que se desea reducir y el ambiente en el que se desarrolla.

La posibilidad de recurrir a tratamientos biológicos depende de la biodegradabilidad de los efluentes, y deben tenerse en cuenta, ciertas peculiaridades de las aguas industriales:

- Las aguas que se desea tratar, generalmente ya tuvieron algún tipo de tratamiento fisicoquímico previo, por lo que se encuentran poco cargadas de materias en suspensión.
- Su composición en nutrientes casi nunca es equilibrada y pueden tener valores muy bajos, lo que implica que se deben hacer ajustes a la composición química del agua para prepararla para las bacterias. La composición química del agua debe estar bajo estricto control de modo de mantenerla en las condiciones necesarias para las bacterias.
- Una deficiencia inicial de microorganismos debe compensarse mediante una siembra adecuada y la aclimatación de organismos específicos, lo que conlleva a un estricto control bacteriano activo en los tanques.
- La presencia de compuestos biodegradables puede hacer necesario el mantenimiento de una relativa constancia de la concentración de microorganismos y el desarrollo de una flora específica.

Debido al bajo grado de biodegradabilidad del agua, se vuelve difícil que exista un proceso de tratamiento biológico, este se deberá adaptar al sistema dependiendo de la capacidad del tratamiento primario para estabilizar el efluente.

En este tipo de tratamiento se desea eliminar del agua a sólidos disueltos y remanes de DBO, sin embargo, el proceso requiere de un volumen de agua que demanda tanques inmensos de contención de efluentes para ser utilizados en el tratamiento biológico.

Se recomienda invertir en incrementar la eficiencia en el tratamiento primario antes de invertir en un tratamiento biológico en donde la carga de materia biodegradable y sus condiciones no son favorables para instalar este sistema a un bajo costo.

En caso sea necesario instalar el sistema biológico puesto que las condiciones finales del efluente así lo demandan, entonces se tienen 2 tipos de tratamiento: Aerobio y Anaerobio.

Tratamiento aerobio

Es un tipo de tratamiento que se caracteriza por utilizar bacterias para la oxidorreducción de azúcares y otros compuestos nitrogenados que viven en presencia de oxígeno.

La velocidad de una reacción de oxidación aerobia no se puede alterar en gran medida pero si se sitúa una población grande de microorganismos en forma de depósito (como fango para instalar la colonia de microorganismos) o lago si es posible que la remoción de la materia orgánica presente en la solución sea rápida, una superficie microbiana amplia permite la absorción inicial de sustancias coloidales y orgánicas solubles junto con la síntesis de nuevas células de modo que después de un periodo de contacto relativamente corto la fase líquida contiene poca materia orgánica residual. Una vez que se finaliza esta etapa, la materia orgánica adsorbida se oxida para formar

productos aerobios finales. Entre algunos procesos aerobios están el filtrado biológico y lodos activados.

La velocidad de remoción de la materia orgánica depende de la fase de la curva de crecimiento biológico⁴⁵ por lo que se debe controlar la densidad de bacterias para asegurar que se tenga una eficiente remoción de materia del efluente.

Tratamiento anaerobio

Con algunos tipos de condiciones de efluentes, el requerimiento de oxígeno para la estabilización aerobia es alto y físicamente difícil conservar condiciones aerobias en el tanque de reacción. En estas circunstancias la estabilización anaerobia de la parte principal de la materia orgánica puede ser un método adecuado de tratamiento a pesar de que su eficiencia es más baja y la velocidad de reacción es lenta. La diferencia básica entre la oxidación aerobia y anaerobia es que en el sistema aerobio, el oxígeno es el último aceptante del hidrógeno y hay gran liberación de energía. En el sistema anaerobio, el último aceptante de hidrógeno puede ser un nitrato, sulfato u otro compuesto orgánico, lo que resulta en una liberación mucho más baja de energía. La estabilización completa de la materia orgánica no se puede lograr anaerobicamente y normalmente es necesario tratar el efluente de la planta anaerobia por medios aerobios.

Otra diferencia fundamental con el sistema aerobio es que tiene bacterias que viven en presencia de oxígeno, mientras que en el sistema anaerobio, las bacterias no pueden sobrevivir en presencia de oxígeno.

La oxidación anaerobia cuenta con 2 fases, lo que presenta problemas operacionales que se deben tener muy controlados para evitar una falla general en el sistema. La primera fase la realizan unas bacterias que forman ácidos y realizan la primera parte de la descomposición, estas son muy adaptables para condiciones ambientales; la segunda fase la realizan bacterias que forman metano, y sólo toleran pH

⁴⁵ Para mayor información sobre la curva de crecimiento, ver anexo 5.

entre 6.5 y 7.5, por lo que un meticuloso control de estas propiedades es necesario. Las bacterias de la fase 1 generan ácidos que bajan el pH del efluente, lo que desacelera la acción de las formadoras de metano y deja la reacción en un punto en el que se producen compuestos desagradables y de mal olor. Una producción excesiva de ácidos inhibiría a las bacterias formadoras de metano y cesa toda la acción. Esta situación se puede corregir agregando cal para nivelar el pH pero el mejor sistema es un constante y permanente monitoreo de estas propiedades.

3.1.4 Tratamiento terciario o biológico y físico-químico.

Como se mencionó antes en este capítulo, el tratamiento terciario no aplica técnicas diferentes que los tratamientos primarios o secundarios, sino que utiliza técnicas de ambos tipos para darle “el último toque” al vertido final, mejorando alguna de sus características antes de ser evacuado.

Hasta este punto ya se han realizado acciones contra todos los contaminantes encontrados en la investigación excepto el pH y la temperatura. La razón de esto es que no tiene sentido tratar distintos valores de pH a lo largo de todos los procesos⁴⁶ de tratamiento ya que éste se puede auto equilibrar como se muestra a continuación, sin embargo, esta etapa puede ser utilizada para ajustar cualquier tipo de contaminante.

El pH

El pH es un valor que representa la acidez o basicidad del agua. Este valor es de suma importancia para conocer que tan reactiva o estéril puede ser ésta frente a diferentes sustancias.

⁴⁶ Algunos procesos por las características de su efluentes, posiblemente necesite que se le haga un ajuste de pH previo a entrar al sistema de tratamiento.

Todos los fluidos tienen iones hidrógenos que entre mayor cantidad existe, mayor será el grado de acidez y menor el pH así como entre mayor cantidad de iones hidróxilos exista, mayor será la basicidad.

El valor del pH viene dado por la relación entre iones hidrógeno $[H^+]$ y iones hidróxilo $[OH^-]$, cuya suma siempre es 14^{47} .

En el caso que sólo se tengan $[H^+]$ el pH será 0 o en su ausencia será pH 14, en cuyo caso el fluido estará dominado por $[OH^-]$

Entonces, si sabemos que la interacción de los iones $[H^+]$ y $[OH^-]$ definirán el pH del agua según la concentración que estos tengan en el vertido, se puede permitir que todos se junten y el pH se autorregule hasta donde sea posible previo al proceso de neutralización final, ahorrando espacio, tiempo y mas importante, dinero.

Otra parte crítica del control del agua es la alcalinidad que presenta. Se refiere a la habilidad del agua para mantener estable el pH cuando se le añaden ácidos o bases. El pH y la alcalinidad están entrelazados uno con el otro; aunque se podría pensar que mezclando el mismo volumen de un ácido y el de un agua neutra se obtiene un pH a medio entre los dos, esto pocas veces sucede en la práctica. Si el agua tiene suficiente alcalinidad, ésta puede absorber y neutralizar ácidos sin apenas modificar el pH. El concepto es que actúa como una gran esponja. A medida que se añade ácido, la "esponja" absorbe el ácido sin cambiar mucho el pH. Sin embargo, la capacidad de la "esponja" está limitada; una vez que la alcalinidad se ha gastado, el pH cambia más deprisa a medida que se añaden ácidos. El término "alcalinidad" no debería confundirse con "alcalino". Alcalinidad se refiere a capacidad de neutralizar ácidos, mientras que "alcalino" se refiere a que es básico (esto es, pH superior a 7).

El control del pH deberá tenerse en áreas críticas del sistema de tratamiento. Por ejemplo, si se desea instalar un sistema de tratamiento biológico, entonces se deberá

⁴⁷La explicación de esto se encuentra en el anexo 8.

realizar la neutralización del pH posiblemente antes o durante el proceso para permitir la supervivencia de las bacterias; Otro caso puede ser que se usen compuestos que disparen el pH que puede causar problemas al sistema de tuberías o equipos de tratamiento, en cuyo caso, se deberá realizar un tratamiento parcial del efluente de ese proceso para no mezclar efluentes y tener problemas con reacciones químicas secundarias⁴⁸.

Aumento del pH

El aumento del pH va amarrado a modificaciones en la alcalinidad del agua. Un método sencillo para aumentar el pH y alcalinidad del agua es agregar una mezcla de 16 partes de bicarbonato de sodio y 2 partes de carbonato de sodio. Esta mezcla puede ser muy estable para aumentar ambos indicadores y liberar un agua que se puede desechar en los océanos la cual tiene la estabilidad para permitir la vida y crecimiento de peces y crustáceos⁴⁹

El aumento del pH se debe hacer al igual que en la disminución, después de un monitoreo adecuado de las propiedades del agua en el transcurso del día y pruebas para identificar la dosis que se deberá agregar al efluente.

Disminución del pH

El ácido muriático (clorhídrico) puede usarse para reducir el pH. La cantidad exacta necesaria depende de la alcalinidad del agua por lo que se debe monitorear la oscilación del pH a través del día y la noche para determinar como disminuir el pH.

Se debe añadir suficiente ácido para gastar toda la “esponja” o alcalinidad. Una vez que esto ha sucedido, disminuir el pH es fácil. Sin embargo, el agua con bajo pH resultante tiene mucho menos capacidad tampón que la que tenía antes, haciéndolo más susceptible a oscilaciones del pH.

⁴⁸ Ver Cáp. 2.4 “Reacciones químicas secundarias”

⁴⁹ Esta consideración es válida si se ha tratado adecuadamente el agua en los procesos anteriores.

Temperatura

La temperatura del agua representa un tipo de contaminación que se puede tratar de forma fácil, aunque dependiendo de las condiciones puede significar medianas inversiones de efectivo y gastos de operación.

El efecto de altas temperaturas en el efluente tiene como efecto la disminución de oxígeno presente por lo que puede representar un peligro para los organismos acuáticos, que pueden morir por falta de oxígeno o por choque térmico. Además si se utiliza un tratamiento biológico de aguas, se deberá instalar un punto de control previo al proceso para asegurar las condiciones óptimas del medio bacteriano.

La temperatura de los efluentes se autoestabiliza cuando está en contacto con el medio ambiente, por lo que durante todo el proceso de tratamiento se hace una nivelación involuntaria (pero efectiva) de la temperatura del agua.

La temperatura final del efluente debe ser medida de manera de hacer los últimos pequeños ajustes previos a desecharla. En esta industria, si el agua necesita nivelación térmica, entonces se debe a temperaturas elevadas puesto que los procesos implicados sólo pueden aumentar la temperatura del agua.

Un sencillo método para disminuir la temperatura del agua es depositar el agua en tanques de enfriamiento donde se tira agua fría desde un cuerpo cercano de agua superficial, hacerlo pasar a través de los condensadores de la planta y devolverla fría al mismo cuerpo de agua hasta alcanzar la temperatura deseada.

La estabilización térmica del efluente se da en cierta medida durante el proceso de clarificación con lo que el agua podría llegar a temperaturas similares a la del medio ambiente. Dependiendo del grado de nivelación alcanzado, será necesario instalar un sistema de control térmico para el agua previo a desecharse.

3.2 MÉTODOS DE TRATAMIENTO EN LA INDUSTRIA AMSS

Actualmente de acuerdo a las leyes de El Salvador y que aplican al AMSS, ninguna de las fábricas puede funcionar sin tener algún tipo de tratamiento para sus efluentes. Esto se debe a que las leyes ya están funcionando de manera que toda fábrica que no cumpla con los requisitos legales podrá ser cerrada o penalizada por su incumplimiento⁵⁰

Se observó que los tipos de tratamientos comunes que se encontró en las fabricas fueron las “lagunas facultativas”⁵¹, para reducir el pH y la temperatura del efluente, luego se pasa el efluente por un proceso químico de floculación y coagulación para encapsular las partículas pesadas las cuales se sedimentan en tanques de sedimentación, donde se terminan de separar los materiales los cuales se extraen en forma de lodos. Estos lodos⁵² son después secados y se elimina en forma de marquetas.

Figura 2. Ejemplo de una laguna de sedimentación.



⁵⁰ Ley de Medio Ambiente. Art 15, 21, 22, 23, 24, 32; 42; 46; 49; 64; 85 y 86.

⁵¹ Por definición, las lagunas facultativas fueron diseñadas para remoción de DBO en aguas residuales mediante algas y bacterias aerobias y anaerobias, sin embargo se encontró que estos tanques son utilizados para reducir temperatura y estabilizar el pH.

⁵² Los lodos deberán ser dispuestos según el Art.8 del decreto #39 de la Republica de El Salvador y las regulaciones del programa de manejo y adecuación ambiental correspondiente.

Actualmente existen en El Salvador empresas expertas en el tratamiento de aguas capaces de ayudar a la planificación de una planta de tratamiento, entre las que se encuentran YKK de El Salvador, Textiles San Andrés, Hilasal, Textufil, etc.

El tratamiento de preferencia para esta industria será descrito con mayor detalle más adelante.

CAPÍTULO 4.

DISEÑO DEL SISTEMA.

4.1 FORMULACIÓN DEL SISTEMA

Dentro del contexto de este trabajo, el diseño de un sistema de tratamiento de agua para la industria textil, es la creación y descripción de un conjunto de lineamientos ordenados y relacionados entre sí con el fin de describir los requisitos para la purificación de agua contaminada en la industria textil.

El diseño de un sistema de purificación de agua contaminada para su reutilización y aplicación en usos industriales se ha organizado en forma de manual para que sea una metodología clara y simple de trabajo para que personas sin conocimientos o nuevos en la materia de tratamientos de agua, puedan conocer las necesidades de tratamiento para cumplir con las regulaciones locales.

El sistema propuesto, presenta lineamientos de cómo se debe de realizar el proceso para instalar una planta de purificación de agua desde la identificación de la situación actual de la empresa hasta la reutilización del agua. El manual debe ser una norma de trabajo y una inducción a los procesos comúnmente utilizados para tratamientos de aguas, el cual deberá ser adaptado a la situación de la empresa para alcanzar el potencial con el que ha sido creado, ya que las condiciones de funcionamiento de cada empresa, vuelven imposible la creación de una norma que sirva a todas las empresas.

El sistema formulado, tiene como meta organizar e inducir a los interesados a las necesidades de una planta de tratamiento. Este sistema esta hecho para que sea usado por las empresas para:

- Identificar la situación actual de la empresa.
- Conocer los procesos que se deben seguir después de conocer la situación actual.

- Procedimientos que se deben realizar para cumplir con las leyes nacionales.
- Estudio técnico, diseño y construcción que debe realizar una empresa experta en tratamientos de agua.
- Documentación de resultados de la operación
- Informar algunas prácticas de reutilización de los efluentes.

4.2 SOBRE EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA.

El diseño del sistema de tratamiento de agua pretende ser un modelo de organización, práctico y sencillo de las necesidades de las fábricas para su tratamiento de agua.

En este sistema se han incorporado documentos de soporte creados por entidades locales para el control de aguas contaminadas y así aprovechar los documentos públicos que existen en el medio, en lugar de crear documentos nuevos con el mismo fin.

4.2.1 Requisitos gubernamentales de efluentes.

La República de El Salvador ha generado una serie de decretos y leyes, en los cuales se regulan los niveles de contaminación que pueden ser desechados en términos generales y de acuerdo a las características de la industria. Para el caso de esta industria, es necesario presentar informes operacionales de resultados de laboratorios⁵³ para el análisis de los siguientes parámetros.

- DBO'5. Demanda bioquímica de oxígeno al quinto día y 20 grados Celsius.
- pH. Potencial Hidrógeno
- G. Grasas
- A. Aceites
- Ssed. Sólidos Sedimentables.
- SST. Sólidos suspendidos totales.
- CT. Coliformes totales.
- Cl.-. Cloruros.
- T. Temperatura.
- SAAM. Sustancias activas al azul de metileno.

⁵³ Los laboratorios deben estar certificados por el CONACYT.

- Color.
- Fenoles.

Estos informes deben de ser presentados con cierta periodicidad de acuerdo al efluente de agua según la tabla siguiente.

TABLA 4.1. Frecuencia mínima de muestreo y análisis de agua

CARACTERISTICAS GENERALES	CAUDAL [m ³ /DIA]		
	< 50	> 50	> 100
pH, sólidos sedimentables y caudal	mensual	semanal	diario
grasas y aceites	Anual	semestral	trimestral
DBO'5	trimestral	trimestral	trimestral
Sólidos Suspendidos Totales	Anual	semestral	trimestral
Coliformes fecales	trimestral	trimestral	trimestral

CARACTERISTICAS PARA LA INDUSTRIA	CAUDAL [m ³ /DIA]		
	< 10	10 a 100	> 100
Temperatura, pH, sólidos sedimentables	mensual	semanal	diario
Compuestos fenólicos	mensual	semanal	diario

Se debe de llevar un control de muestras y análisis según dispuesto en el decreto No 39 “Reglamento de aguas residuales” de El Salvador para la elaboración de informes anuales.

Para cumplir con los requisitos gubernamentales sobre efluentes, tratamientos e incentivos fiscales, es necesario cumplir con lo establecido en los decretos siguientes:

- Decreto No. 17, REGLAMENTO GENERAL DE MEDIO AMBIENTE.
- Decreto No. 39, REGLAMENTO DE AGUAS RESIDUALES.
- Decreto No. 50, REGLAMENTO SOBRE CALIDAD DE AGUA.
- Decreto No. 153, LEY DE RIEGO.
- Decreto No. 233, LEY DE MEDIO AMBIENTE.
- Decreto No. 296, LEY DE IMPUESTO A LA TRANSFERENCIA DE BIENES.
- Decreto No. 732 LEY DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL.

El marco legal bajo el cual funciona el presente trabajo es el vigente a Febrero 2007.

4.2.2 Contenidos en el diseño del sistema de purificación de agua.

Las siguientes operaciones son las que se deben desarrollar en este sistema, las cuales han sido organizadas en un Manual de Operaciones⁵⁴ para el desarrollo de proyectos de purificación de agua.

- Identificación de procesos húmedos presentes que generan contaminantes.
- Recopilación de muestras.
- Identificación de contaminantes.
- Análisis de muestras y cargas contaminantes.
- Identificación de máximos permisibles por el gobierno.
- Documentación de muestro y resultados
- Análisis de necesidad de tratamiento de aguas.
- Documentación de resultados.
- Estudio de impacto de planta de tratamiento de aguas.
- Trámites de permisos estatales.
- Reutilización de efluentes y usos alternativos del agua.

⁵⁴ Este manual contiene información que pretende ser un guía para identificar las necesidades de tratamiento y posibles soluciones a las necesidades de la fábrica, previo a realizar inversiones en plantas de tratamiento de agua. No se pretende crear un modelo a seguir sobre cómo planificar el proceso ni para realizar inversiones según los resultados obtenidos. Toda conclusión de este trabajo debe ser validada por expertos en la materia y/o por futuros proyectos de investigación.

4.3 SISTEMA DE PURIFICACION DE AGUA.

El sistema de purificación de agua ha sido creado como un manual de operaciones para que se vuelva un modelo sistemático de tareas para definir las necesidades básicas para la purificación del agua.

El Manual de Operaciones se ha creado en el mismo formato utilizado en manuales con certificaciones ISO 9001-2000 para asegurar su orden de igual modo que los previamente aprobados y aceptados globalmente.

MANUAL DE OPERACIONES.
(MO)

San Salvador
El Salvador

Cubierta	Índice General	28 Febrero 2007	00.01.00.
		Rev. 00	Página 1 de 3

Índice General

TITULO	CAPÍTULO
PORTADA	
CUBIERTA	00.00.00
INDICE GENERAL	00.01.00
INTRODUCCIÓN	00.02.00
CONTROL DE REVISIONES	00.03.00
DISTRIBUCIÓN Y USO DEL MANUAL	00.04.00
DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.	00.05.00
ORGANIZACIÓN Y RESPONSABILIDADES	01.00.00
ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA	01.01.00
NOMBRES DE TITULARES DESIGNADOS A LOS CARGOS	01.02.00
RESPONSABILIDADES Y FUNCIONES	01.03.00
IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS Y OPERACIÓN	02.00.00
IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS HÚMEDOS	02.01.00
PERIODICIDAD DEL MUESTREO DE EFLUENTES	02.02.00
RECOPIACIÓN DE MUESTRAS.	02.03.00
PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA LABORATORIOS	02.04.00
ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LAS MUESTRAS	02.05.00
DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS	02.06.00
DESCARGAS DE AGUAS	02.07.00

Cubierta	Índice General	28 Febrero 2007	00.01.00.
		Rev. 00	Página 2 de 3

ESTUDIO TÉCNICO PARA PLANTA DE TRATAMIENTO.	03.00.00
INTRODUCCIÓN	03.01.00
IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS Y EQUIPOS	03.02.00
DOCUMENTACIÓN DE CONTAMINANTES.	03.03.00
PLANOS Y PERMISOS	03.04.00
PLANES DE EXPANSIÓN FUTUROS	03.05.00
EMPRESAS ESPECIALIZADAS.	03.06.01
LISTA DE EMPRESAS	03.06.02
TIPOS DE PLANTAS QUE DESARROLLAN	03.06.03
COSTO DE PROYECTOS	03.06.04
TECNOLOGÍAS DISPONIBLES EN EL PAÍS	03.06.05

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS DE CONTROL	04.00.00
INTRODUCCIÓN	04.01.00
OPERADORES	04.02.00
CONTROLES RECOMENDADOS	04.03.00
HOJAS DE CONTROL DE OPERACIONES	04.04.00
HOJAS DE CONTROL DE CALIDAD	04.05.00
HOJAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS	04.06.00
HOJAS DE MEDIDAS CORRECTIVAS	04.07.00

ANEXOS

FORMULARIO DE ENVÍO DE MUESTRAS	ANEXO I
SOLICITUD DE SERVICIO DE CATASTRO	ANEXO II
ARANCELES PARA PRESENTAR PLANO	ANEXO III
INSTRUCTIVOS DE LA OPAMSS	ANEXO IV

Cubierta	Introducción	28 Febrero 2007	00.02.00.
		Rev. 00	Página 1 de 2

Introducción

El presente Manual de Operaciones ha sido creado de acuerdo a la información pública disponible en el medio, las leyes nacionales que regulan los efluentes de agua de las fábricas y la investigación de campo y bibliográfica efectuada.

Este manual pretende ser una modelo de organización, práctico y sencillo de las necesidades de las fábricas para su tratamiento de agua con lo que se puede investigar las necesidades de tratamientos así como los métodos de control de acuerdo a regulaciones locales.

Este manual ha sido creado para su correcto funcionamiento en el AMSS, sin embargo documentación y/o estudios pueden ser exigidos por cada alcaldía de El Salvador según las políticas municipales.

Este manual no pretende ser una documento a prueba de fallas, por lo que consultores externos expertos en el área serán necesarios para asegurar un correcto proceso de gestión. Además, es responsabilidad del usuario asegurar que toda la información exigida por el estado sea la actualizada y correcta.

Cualquier modificación, cambio y/o actualización realizada a este manual queda a juicio de cada usuario y es su responsabilidad asegurar que la información contenida sea utilizada correctamente.

De manera de asegurar un buen control de actualizaciones, se deberá documentar todos los cambios realizados en la hoja de control de revisiones que se encuentra adelante en este manual.

Cubierta	Introducción	28 Febrero 2007	Cáp. 00.02.00.
		Rev. 00	Página 2 de 2

El formato y orden de este manual se ha procurado que sea de acuerdo a manuales con certificación ISO 9001-2000.

Cubierta	Control de revisiones.	28 Febrero 2007	Cáp. 00.03.00
		Rev. 00	Página 1 de 1

Cuadro de control de revisiones.

Cubierta	Distribución y uso del manual	28 Febrero 2007	00.04.00
		Rev. 00	Página 1 de 1

Distribución y uso del manual

Este manual ha sido creado por Juan Carlos Jule Moreno con el fin de obtener el título de Ingeniero Industrial y es propiedad de la Universidad Dr. José Matías Delgado y puede ser utilizado en la forma en que considere apropiada.

Este manual es de carácter público por lo que puede ser utilizado por cualquier persona natural o jurídica en representación propia o de empresas de cualquier giro con el fin que considere apropiados siempre y cuando no sea para realizar ningún tipo de daño material, personal o jurídico ni que atente contra la integridad moral y/o ética de personas e instituciones.

En caso que este manual esté en manos del sector privado, será responsabilidad del departamento de aseguramiento de calidad su control de revisiones, actualizar páginas corregidas, remover hojas no actualizadas y la aprobación de revisiones.

El uso de este manual está destinado a gerentes de empresas con necesidades de purificar el agua que desean reutilizar en otros procesos. El manual tiene 2 objetivos:

1. Ordenar la organización de la empresa previo a la realización de su proyecto.
2. Presentar ayudas, noticias, lineamientos y controles para poder realizar sus proyectos de forma ordenada y de acuerdo a regulaciones locales.

Este manual deberá ser adecuado a la situación de cada empresa y de sus proyectos para que sea válido para sus necesidades.

Cubierta	Definiciones y abreviaturas.	28 Febrero 2007	00.05.00.
		Rev. 00	Página 1 de 3

Definiciones.

- a) **Aforo:** Caudal de una corriente de agua.
- b) **Aguas Residuales:** Es el agua resultante de cualquier uso, proceso u operaciones de tipo agropecuario, doméstico, comercial e industrial.
- c) **Aguas Residuales de tipo Ordinario:** Es el agua de origen doméstico o aguas negras, producto del uso humano.
- d) **Aguas Residuales de tipo Especial:** Es el agua producto de procesos agropecuarios, químicos, minerales, orgánicos, comerciales e industriales.
- e) **Aceites y Grasas:** sustancia química no miscible en el agua, pero soluble en solventes designados en los métodos de análisis de aceites y grasas.
- f) **Contaminación:** Es la alteración de la calidad física, química, biológica y radiactiva del agua.
- g) **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Cantidad de oxígeno necesaria para la estabilización biológica de la materia orgánica biodegradable.
- h) **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** La cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación química fuerte de sustancias susceptibles, de origen inorgánico y orgánico presentes en el agua.
- i) **Descarga:** Es todo tipo de aguas residuales que se vierten o disponen en el alcantarillado sanitario.
- j) **Dilución:** Es el acción de disminuir la concentración de soluto presente en una solución, aumentando la cantidad de disolvente.

Cubierta	Definiciones y abreviaturas.	28 Febrero 2007	00.05.00.
		Rev. 00	Página 2 de 3

- k) **Límite Máximo Permisible:** Son los valores y rangos de los parámetros establecidos en esta Norma, los cuales no deben ser excedidos por el responsable de la descarga de aguas residuales.
- l) **Muestra simple o instantánea:** es aquella tomada en forma inmediata, de tal forma que el tiempo empleado en su extracción sea el transcurrido para obtener el volumen necesario.
- m) **Muestra compuesta o integrada:** son dos ó más muestras simples que han sido mezcladas en proporciones conocidas y apropiadas para obtener un resultado promedio representativo de sus características. Las proporciones se basan en mediciones de tiempo y caudal.
- n) **Parámetro:** Es aquella característica que es sometida a medición.
- o) **Procesos Húmedos:** Todo proceso que utiliza agua para su operación.
- p) **Radiactividad:** Es la propiedad de determinados elementos químicos (elementos radiactivos) de descomponerse en forma espontánea, liberando energía en forma continúa de radiación nuclear: alfa, beta, gamma.
- q) **Sistemas de Alcantarillado Sanitario:** Conjunto o sistema de obras, instalaciones y servicios que tienen por objeto la evacuación y disposición final de las aguas residuales; tal conjunto o sistema comprende: las alcantarillas sanitarias con sus pozos de visita; los colectores maestros, de descarga y los sistemas de tratamiento.
- r) **Sólidos Sedimentables:** Materia presente en el agua que se deposita por acción de la gravedad, en un tiempo máximo de dos horas, en base a marcha analítica estándar cono imhoff.
- s) **Sólidos Suspendidos o en Suspensión:** Fracción de sólidos que no sedimentan en un tiempo de dos horas en base a marcha analítica estándar cono imhoff, constituidos mayormente por materia orgánica.

Cubierta	Definiciones y abreviaturas.	28 Febrero 2007	00.05.00.
		Rev. 00	Página 3 de 3

- t) **Tratamiento:** Es el proceso o serie de procesos a los que se someten las aguas residuales, con el objeto de disminuir o eliminar características perjudiciales de los contaminantes a la infraestructura de alcantarillado y a los procesos biológicos a los que se sometan, a fin de cumplir con las normas técnicas de calidad ambiental vigentes.
- u) **Vertido:** Sinónimo de descarga.

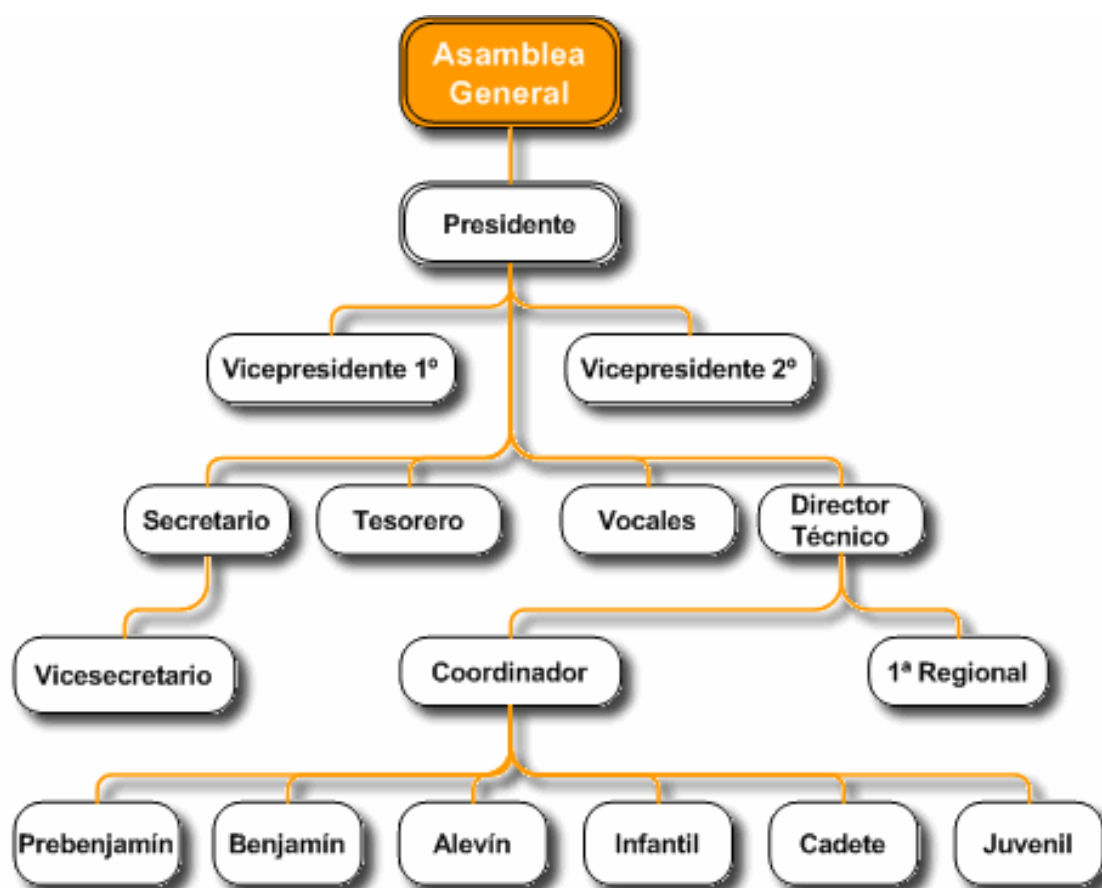
Abreviaturas.

- a) **°C.** Grados Celsius.
- b) **AMSS.** Área Metropolitana de San Salvador.
- c) **ANDA.** Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados.
- d) **CAESS.** Compañía de Alumbrado Eléctrico de San Salvador.
- e) **CNR.** Centro Nacional de Registros.
- f) **DBO.** Demanda Bioquímica de oxígeno o demanda biológica de oxígeno.
- g) **DBO5.** Demanda Bioquímica de oxígeno o demanda biológica de oxígeno al quinto día y a 20 grados Celsius.
- h) **DELSUR.** Distribuidora de Electricidad del Sur.
- i) **DQO.** Demanda química de oxígeno..
- j) **OPAMSS.** Oficina de planificación del AMSS.
- k) **SAAM.** Sustancias activas al azul de metileno.

Organización y responsabilidades	Organigrama de la empresa.	28 Febrero 2007	Cáp. 01.01.00
		Rev. 00	Página 1 de 1

Organigrama de la empresa

En esta sección se deberá de adjuntar el organigrama de la empresa similar al modelo:



Identificación de procesos y operación	Identificación de procesos húmedos	28 Febrero 2007	Cáp. 02.01.00
		Rev. 00	Página 1 de 1

Identificación de procesos húmedos

La empresa es responsable de mantener documentados los procesos húmedos que agregan cualquier tipo de contaminación al agua del proceso.

La identificación del proceso húmedo se hará para asegurar que se tengan debidamente documentados los procesos que se deben tener bajo control y el número de muestras que se deben de realizar según sean exigidos por las leyes locales.

Proceso	Máquina	Cantidad de máquinas

Identificación de procesos y operación	Periodicidad del muestreo	28 Febrero 2007	Cáp.02.02.00
		Rev. 00	Página1 de 1

Periodicidad del muestreo de efluentes

De modo de cumplir con el Decreto No. 39, Reglamento de Aguas Residuales Art. 17 y 18 , se deberán de tomar muestras según el siguiente criterio.

CARACTERISTICAS GENERALES	CAUDAL [M3/DIA]		
	< 50	> 50	> 100
pH, sólidos sedimentables y caudal	mensual	semanal	diario
grasas y aceites	Annual	semestral	trimestral
DBO'5	trimestral	trimestral	trimestral
Sólidos Suspendedos Totales	Annual	semestral	trimestral
Coliformes fecales	trimestral	trimestral	trimestral

CARACTERISTICAS PARA LA INDUSTRIA	CAUDAL [M3/DIA]		
	< 10	10 a 100	> 100
Temperatura, pH, sólidos sedimentables	mensual	semestral	diario
Compuestos fenólicos	trimestral	trimestral	trimestral

Es responsabilidad del departamento de control de calidad asegurar que se cumpla con el muestreo exigido por las leyes locales con el fin de evitar multas o cierres de operaciones.

Las empresas cuyo caudal no excede los 5 m³/día, son exentos de presentar informes operacionales a entidades gubernamentales, aunque sí están sujetos a las leyes locales y deberán cumplir con los valores máximos permisibles por El Salvador.

Identificación de procesos y operación	Recopilación de muestras	28 Febrero 2007	Cáp.02.03.00
		Rev. 00	Página 1 de 2

Recopilación de muestras

1) Tipo de muestra.

Se debe de asegurar que la muestra que se tome sea del tipo exigido por las leyes locales. En el caso de fábricas ubicadas en el AMSS, se deberán hacer muestras compuestas.

Muestra instantánea. En esta se toma una porción de agua de una sola vez, la cual representa las condiciones en ese momento del muestreo.

Muestra compuesta o integrada. Consiste de varias porciones de agua tomados a intervalos de tiempo regulares siendo proporcional el volumen de cada muestra al volumen del recipiente, éstas al mezclarse son representativas del efluente de cierto período de tiempo.

2) Tamaño de la muestra.

El tamaño de la muestra es determinado por el laboratorio escogido para realizar el análisis según la cantidad necesaria para que los equipos funcionen adecuadamente.

3) Punto de muestreo. (ACTA No. 1937 PUNTO XIV numeral 10 de ANDA)

La muestra deberá ser tomada de un punto del efluente en el que la mezcla de agua sea homogénea. Entre más lejos esté de las operaciones se garantiza una muestra mas homogénea de los subproductos del proceso. Además, la fábrica deberá construir una cámara o dispositivo especialmente habilitado para la toma de la muestra, ubicado entre el tratamiento (si lo hay) y punto de descarga al alcantarillado; en caso existan varias descargas en diferentes puntos del alcantarillado deberá construirse igual número de dispositivos para las tomas de muestras.

Identificación de procesos y operación	Recopilación de muestras	28 Febrero 2007	Cáp.02.03.00
		Rev. 00	Página 2 de 2

4) Materiales necesarios para muestreo.

- a) Guantes
- b) Termómetro
- c) Frascos o recipientes estériles según especificaciones del laboratorio.
- d) Gradilla para colocar los recipientes.
- e) Medidor del volumen de las muestras.
- f) Hielera para transportar las muestras.
- g) Lapiceros y controles necesarios.

5) Procedimiento del muestreo.(Proceso recomendado)

- a) La persona a realizar el muestreo deberá protegerse adecuadamente.
- b) Debe tomarse donde estén bien mezcladas las aguas residuales y de fácil acceso, como puntos de mayor turbulencia, caída libre desde una tubería, justamente en la entrada de una tubería o áreas designadas para el muestreo.
- c) Deben excluirse las partículas grandes; es decir, mayores de 6 milímetros (un cuarto de pulgada) ni el material flotante, ya que se relacionan con el volumen del recipiente.
- d) Las muestras deben examinarse tan pronto sea posible, ya que la descomposición bacteriana continúa en el frasco de la muestra. Después de una hora son apreciables los cambios biológicos.
- e) Tomar la temperatura del agua de donde se tomó la muestra.
- f) Identificar muestra, anotar datos de la muestra y colocarlo en hielera para su transporte hasta el laboratorio.

Identificación de procesos y operación	Preparación de muestras	28 Febrero 2007	Cáp.02.04.00
		Rev. 00	Página 1 de 1

Preparación de muestras para laboratorios

- 1) En todo momento se deberá de velar por la integridad de las muestras.
- 2) Las muestras deberán ser empacadas en la hielera en forma vertical para evitar pérdidas de agua
- 3) Las muestras deberán ser transportadas selladas a menos que el laboratorio indique lo contrario.
- 4) Las muestras tienen que estar debidamente numeradas para el control de muestras en laboratorio y el control interno
- 5) Se deberá de cumplir estrictamente con un tiempo establecido desde que se inició el muestreo hasta que la muestra es entregada al laboratorio.
- 6) Completar el formulario para envío de muestras al laboratorio que se encuentra en el ANEXO 1.

Identificación de procesos y operación	Análisis y Resultados de las muestras.	28 Febrero 2007	Cáp.02.05.00
		Rev. 00	Página 1 de 2

Resultados de las muestras

- 1) El análisis de las muestras sólo puede ser realizado por laboratorios legalmente acreditados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Los laboratorios acreditados y que funcionan con Normas ISO /IEC 170225 hasta el 2003 son:
 - a) Laboratorio Especialidades Industriales (ESPINSA),
 - b) Laboratorio de Calidad Integral de FUSADES,
 - c) Laboratorio de Control de Calidad de Plaguicidas del MAG/OIRSA,
 - d) Laboratorio de Cemento de El Salvador, S.A. (CESSA),
 - e) Laboratorio Especializado en Control de Calidad (LECC),
 - f) Laboratorio Síntesis Química de Centroamérica,
 - g) Laboratorio Soluciones Analíticas,
 - h) Laboratorio de Servicios de Química Agrícola de la UCA,
 - i) Laboratorio Especialidades Microbiológicas Industriales, y
 - j) Laboratorio Geoquímico de Lageo
- 2) En caso de que se quiera realizar un análisis no disponible en los laboratorios acreditados, se permitirá realizar el análisis en laboratorios que estén en proceso de acreditación.
- 3) Los resultados deberán ser comparados contra los valores máximos permisibles descritos por la norma para regular la calidad de aguas residuales de tipo especial descartadas al alcantarillado.

Identificación de procesos y operación	Análisis y Resultados de las muestras.	28 Febrero 2007	Cáp.02.05.00
		Rev. 00	Página 2 de 2

- 4) En caso que los resultados obtenidos estén por encima de los límites máximos permisibles por el ACTA No. 1937 PUNTO XIV que es la norma para regular la calidad de aguas residuales de ANDA, se deberá aumentar la periodicidad del muestreo según el criterio del departamento de control de calidad y se deberán considerar las acciones correctivas necesarias para eliminar el problema.

Identificación de procesos y operación	Documentación de resultados	28 Febrero 2007	Cáp.02.06.00
		Rev. 00	Página 1 de 1

Documentación de resultados

- 1) Se deberán documentar las muestras, análisis y los resultados obtenidos del laboratorio acreditado por el CONACYT por fecha del registro con el fin de cumplir con Art.21 de el Decreto No. 39 (Reglamento de Aguas Residuales) de la República de El Salvador.
- 2) Al final del año, el responsable de la empresa y por consiguiente de la descarga, deberá presentar un informe operacional a partir de la fecha de emisión del permiso.
- 3) El contenido del informe operacional debe tener:
 - a) Registro de Aforos.
 - b) Registro de análisis de laboratorios.
 - c) Situaciones fortuitas o accidentes en el manejo o funcionamiento del sistema que originen descargas con niveles de contaminantes que contravengan los niveles permisibles.
 - d) Evaluación actual de los sistemas.
 - e) Acciones correctivas y de control.

Identificación de procesos y operación	Descargas de aguas	28 Febrero 2007	Cáp.02.07.00
		Rev. 00	Página 1 de 2

Descargas de aguas de las fábricas.

- 1) Las descargas de aguas que se harán de la fábrica deberán cumplir con los valores máximos permisibles por el estado para que sean descargadas al sistema de alcantarillas.
- 2) De manera de cumplir con lo valores máximos permisibles de concentraciones, no es permitido la mezcla de agua de proceso con agua limpia para disminuir las concentraciones y evitar realizar procesos de tratamientos a los efluentes industriales.
- 3) De acuerdo al ACTA No. 1937 PUNTO XIV de ANDA, para esta industria no es permitido bajo ninguna circunstancia descargas que contengan cualquiera de las siguientes partículas o propiedades:
 - a) Fragmentos de piedras.
 - b) Fragmentos de cenizas.
 - c) Fragmentos de vidrio.
 - d) Fragmentos de basura.
 - e) Fragmentos de cuero.
 - f) Fragmentos de textiles.
 - g) Cualquier partícula que pueda solidificarse, dar obstrucciones o dificultar el normal funcionamiento del sistema de desagües.
 - h) Descargas puntuales de grandes volúmenes.
 - i) Sedimentos, lodos y/o sustancias sólidas provenientes de sistemas de tratamientos de aguas.

Identificación de procesos y operación	Descargas de aguas	28 Febrero 2007	Cáp.02.07.00
		Rev. 00	Página 2 de 2

Los valores máximos permisibles por ANDA son los siguientes: (Acta 1937 de ANDA)

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR MAXIMO PERMISIBLE
Aceites y grasas	mg/l	150
Aluminio (Al)	mg/l	10
Arsénico (As)	mg/l	1
Boro (B)	mg/l	3
Cadmio (Cd)	mg/l	1
Cianuro Total (CN)	mg/l	1
Cinc (Zn)	mg/l	5
Cobalto (Co)	mg/l	0.5
Cobre (Cu)	mg/l	3
Color Real*		
Compuestos fenólicos	mg/l	5
Cromo hexavalente (Cr+6)	mg/l	0.5
Cromo total (Cr)	mg/l	3
DBO5	mg/l	400
Detergentes (SAAM)	mg/l	35
DQO	mg/l	1000
Fluoruros (F)	mg/l	6
Fósforo Total (P)	mg/l	45
Herbicidas totales	mg/l	0.1
Hidrocarburos	mg/l	20
Hierro total (Fe)	mg/l	20
Manganeso total (Mn)	mg/l	4
Materiales Flotantes	mg/l	Ausentes
Mercurio (Hg)	mg/l	0.02
Molibdeno (Mo)	mg/l	4
Níquel (Ni)	mg/l	4
Nitrógeno Total (N)	mg/l	100
Organoclorados	mg/l	0.05
Órgano fosforados y Carbamatos	mg/l	0.25
PH	mg/l	5.5-9.0
Plata (Ag)	mg/l	3
Plomo (Pb)	mg/l	1
Selenio (Se)	mg/l	0.15
Sólidos sedimentables	ml/l	20
Sólidos suspendidos totales	mg/l	450
Sulfatos (SO4)2	mg/l	2000
Sustancia radioactivas - Ausente		
Temperatura	°C	20-35
Vanadio (V)	mg/l	5

* El efluente líquido no deberá introducir coloración visible diferente al de la descarga

Estudio técnico para planta de tratamiento	Introducción	28 Febrero 2007	Cáp.03.01.00
		Rev. 00	Página 1 de 1

Introducción

- 1) Se deberá realizar un estudio técnico por medio de una empresa especializada en tratamientos de aguas previo a realizar la inversión. Algunas empresas especializadas serán nombradas más adelante.

- 2) La empresa de tratamiento deberá realizar un estudio de los efluentes de las aguas con el fin de determinar las características del agua y la necesidad de tratamiento de la fábrica.

- 3) Este manual no deberá usarse para verificar el procedimiento realizado por la empresa especializada en tratamientos de aguas, sino como un conjunto de referencias de los pasos a seguir, los cuales deben ser validados por un experto.

Estudio técnico para planta de tratamiento	Identificación de proceso y equipos	28 Febrero 2007	Cáp. 03.02.00
		Rev. 00	Página 1 de 1

Identificación de procesos y equipos.

Se debe documentar la maquinaria que se tiene en la fábrica textil.

Proceso	Código de máquina	Marca de máquina	Cantidad	Caudal

Estudio técnico para planta de tratamiento	Planos y permisos	28 Febrero 2007	Cáp. 03.04.00
		Rev. 00	Página 1 de 6

Planos y permisos.

Se debe cumplir con los requisitos necesarios para la obtención del permiso del proyecto.
Para el Ministerio de Medio Ambiente.

- 1) El titular debe consultar en la Ley de Medio Ambiente si su actividad, obra o proyecto requiere permiso ambiental (Art. 21, 60, 62, 63 y 82)
- 2) En caso que sí requiera permiso, debe solicitar el formulario ambiental correspondiente en la Dirección de Gestion Ambiental del MARN, llenarlo correctamente y presentarlo con los anexos siguientes:
 - a. Plano de ubicación geográfica que indique el acceso y reconocimiento del sitio del proyecto.
 - b. Documentación que pruebe la propiedad o tipo de tenencia de terreno en que se desarrollará la actividad, obra o proyecto.
 - c. Fotocopia de DUI o escritura de constitución de sociedad, según si el titular es persona natural o jurídica, respectivamente.
- 3) El MARN notificará al titular el paso a seguir para obtener el permiso ambiental, en un plazo no mayor de 20 días hábiles. (Art. 22 Reglamento General de la Ley de Medio Ambiente)
- 4) Si del proceso de aplicación del Artículo 22 del Reglamento General de la Ley de Medio Ambiente, se determina que para la ejecución del proyecto no se requiere de Permiso Ambiental el titular recibirá los términos de referencia que deberá satisfacer el estudio de impacto ambiental cuando se requiera.
- 5) El titular deberá contratar u equipo multidisciplinario para la elaboración del estudio de impacto ambiental correspondiente, de acuerdo a los términos de referencia emitidos por el MARN. (Art. 23 de la Ley de Medio Ambiente).

Estudio técnico para planta de tratamiento	Planos y permisos	28 Febrero 2007	Cáp. 03.04.00
		Rev. 00	Página 2 de 6

- 6) El titular tiene la responsabilidad de conocer el contenido del estudio de impacto ambiental y estar de acuerdo con él, previo a su presentación al MARN para su evaluación.
- 7) El titular deberá hacer del conocimiento público la disponibilidad del estudio de impacto ambiental para su análisis y observaciones. Y para aquellos estudios de impacto ambiental cuyos resultados reflejen la posibilidad de afectar la calidad de vida de la población o de amenazar riesgos para la salud, el bienestar humano y el medio ambiente se organizará por el ministerio una consulta pública del proyecto (Art. 25 Ley de Medio Ambiente y Art. 32 Reglamento General de Ley).
- 8) El MARN notificará la resolución derivada de su evaluación pudiendo ser un dictamen técnico con observaciones o el requerimiento de rendir la fianza de cumplimiento ambiental que corresponda (Art. 24 de la Ley de Medio Ambiente)
- 9) En el primer caso, el Titular debe satisfacer las observaciones a la brevedad posible, para continuar el proceso de obtención del permiso ambiental. En el segundo caso, deberá rendir la fianza correspondiente como paso final para la obtención del permiso. De acuerdo a la Ley de Medio Ambiente, la evaluación y aprobación del Estudio de Impacto Ambiental deberá ser en un plazo máximo de 60 días, en los tiempos efectivos que corresponden al MARN.
- 10) El titular debe conocer que el permiso ambiental no constituye una autorización para el inicio de la ejecución del proyecto, ni excluye de obtener autorizaciones necesarias de las otras instituciones competentes.

Para las alcaldías del AMSS cuando la construcción es en terrenos propiedad de la empresa o titular, se deben de cumplir 4 pasos y presentar la certificación catastral.

- 1) Obtener la calificación del lugar mediante la solicitud que se obtiene en las oficinas de la OPAMSS
 - a. Llenar instructivo original N° 2.

Estudio técnico para planta de tratamiento	Planos y permisos	28 Febrero 2007	Cáp. 03.04.00
		Rev. 00	Página 3 de 6

- b. Nombre, firma y sello del profesional o técnico responsable del:
 - i. Levantamiento del inmueble y/o
 - ii. Responsable del proyecto.
- c. Dos copias de planos del levantamiento topográfico, firmados y sellados en original, por el profesional responsable del proyecto.
- d. Copia de escritura de propiedad del inmueble. Al momento de solicitar el trámite de permiso de construcción la escritura deberá estar inscrita en el Centro Nacional de Registro (CNR).
- e. Los inmuebles ubicados en los centros y/o conjuntos históricos, deberán presentar las elevaciones y plantas arquitectónicas existentes, fotografías del inmueble y del entorno, memoria descriptiva del proyecto, además de las propuestas arquitectónicas (plantas y fachadas) en caso de modificación.
- f. Área y linderos del terreno indicando: mojones, rumbos y distancias referenciado a coordenadas geodésicas.
- g. Esquema de ubicación general del terreno o parcela, indicando puntos de referencia como iglesias, escuelas, puntos de buses, etc.
- h. Orientación, escala y fecha de levantamiento.
- i. Niveles y/o curvas de nivel referidos a los terrenos colindantes y a los derechos de vías existentes. En colindancia a quebradas las curvas de nivel se prolongarán en un mínimo de 15 metros del eje de la quebrada.
- j. Indicar la planimetría e infraestructura existente en terrenos vecinos tales como: tapiales, muros, cordones, aceras, arriates, rodajes existentes, cercos, viviendas, etc.

Estudio técnico para planta de tratamiento	Planos y permisos	28 Febrero 2007	Cáp. 03.04.00
		Rev. 00	Página 4 de 6

- k. Definir y acotar las secciones transversales de los derechos de vías existentes.
- l. Indicar sobre el eje existente de la calle de acceso, la distancia desde un esquinero del inmueble hasta el punto de intersección P.I. (del eje actual de la calle o avenida más próxima).
- m. Deberán ubicarse las líneas férreas y/o cables de alta tensión (en caso de colindancia), así como otro tipo de servidumbre que afecte al terreno.
- n. Para cambios de usos de suelo o legalización de usos existentes, anexar la planta arquitectónica existente y la planta proyectada, además de la escritura de arrendamiento o promesa de arrendamiento.
- o. Para otros usos que no sea vivienda, adjuntar el levantamiento de usos aledaños, derechos de vía, curvas de nivel y otra información necesaria según sea el caso.

2) Línea de construcción

- a. Llenar instructivo original N° 1.
- b. Nombre, firma y sello del profesional o técnico responsable del levantamiento del inmueble.
- c. Nombre, firma y número de registro del profesional o técnico responsable del proyecto.
- d. Dos copias del plano del levantamiento topográfico, firmados y sellados en original, por el profesional responsable del proyecto.
- e. Escritura de propiedad debidamente registrada por el Centro Nacional de Registro (CNR).

Estudio técnico para planta de tratamiento	Planos y permisos	28 Febrero 2007	Cáp. 03.04.00
		Rev. 00	Página 5 de 6

3) Revisión vial y zonificación

- a. Llenar instructivo N° 3.
- b. Nombre, firma y sello del profesional responsable del levantamiento del inmueble en instructivo y juego de planos a presentar.
- c. Escritura del inmueble debidamente certificada ante notario, en caso de que no requiera Línea de Construcción o Calificación de Lugar.
- d. Memoria de cálculo de área verde, de equipamiento social, y otras debidamente firmadas por ingeniero civil o arquitecto.
- e. Estudio de Impacto Ambiental y compatibilidad ambiental u otros según lo que establezca la Calificación de Lugar (un original y tres copias)
- f. Tres juegos de planos.
- g. Dos fotocopias de resolución de Línea de Construcción, más una copia del plano.
- h. Dos fotocopias de resolución de Calificación de Lugar.
- i. Una fotocopia y original del instructivo N° 3.

4) Obtención del permiso de construcción.

- a. Llenar instructivo N° 5. Para ampliaciones menores de 100.00 m² será firmado y sellado por un profesional (ingeniero civil o arquitecto). Para construcciones nuevas o ampliaciones mayores de 100.00 m² será firmado y sellado por tres profesionales (ingeniero civil, arquitecto e ingeniero electricista de acuerdo a su especialidad y responsabilidad).
- b. Tres juegos de planos, firmados y sellados en original, por los mismos profesionales que firman y sellan la solicitud.

Estudio técnico para planta de tratamiento	Planos y permisos	28 Febrero 2007	Cáp. 03.04.00
		Rev. 00	Página 6 de 6

- c. Copia de último recibo de ANDA, CAESS o DEL SUR, para construcciones individuales en parcelas urbanas previamente habilitadas. (Los permisos de construcción en lotes de urbanizaciones otorgadas por esta Oficina se eximen de constancias de ANDA, CAESS o DEL SUR).
- d. Copia de escritura de propiedad inscrita en el Centro Nacional de Registro (CNR).
- e. Copia de Solvencia Municipal correspondiente al mes anterior de la fecha de solicitud (excepto San Salvador).
- f. Revisión Gráfica y Alfanumérica del inmueble extendida por el municipio de San Salvador, en lugar de Solvencia Municipal (únicamente para este municipio).
- g. Esquema de ubicación general del terreno o parcela, indicando coordenadas o ubicado en planimetría de OPAMSS, indicando puntos de referencia como iglesias, escuelas, puntos de buses, etc.

El servicio de la certificación catastral se da en el Centro Nacional de Registros (CNR) el cual se debe completar presentando los documentos del anexo II y pagando la cuota establecida de acuerdo al anexo III. Los instructivos de la OPAMSS se pueden conseguir como se muestra en el anexo IV.

Estudio técnico para planta de tratamiento	Planes de expansión futuros	28 Febrero 2007	Cáp. 03.05.00
		Rev. 00	Página 1 de 2

Planes de expansión futuros.

Detallar planes de expansión que se desean a futuro, de manera que el proyecto a realizar sea adecuado. Esta información la deben tener los especialistas que realizarán el proyecto.

1) Detalle de operaciones que se espera expandir.

Operación	Capacidad actual	Capacidad esperada	Cantidad de máquinas nuevas

2) Detalle de equipos necesarios para la expansión

Operación	Cantidad	Marca/Modelo	Dimensiones	Capacidad

3) Sistemas de tuberías que será necesario instalar.

Efluente sale de	Efluente llega a	Distancia	Flujo	Tipo de conector

Estudio técnico para planta de tratamiento	Planes de expansión futuros	28 Febrero 2007	Cáp. 03.05.00
		Rev. 00	Página 2 de 2

4) Manejo de efluentes contaminados si es necesario.

Proceso	Permisos necesarios	Contaminante	Tratamiento

Estudio técnico para planta de tratamiento	Empresas especializadas	28 Febrero 2007	Cáp. 03.06.01
		Rev. 00	Página 1 de 1

Empresas especializadas

Existen en el país actualmente varias empresas que desarrollan proyectos de tratamientos de aguas a nivel residencial, comercial e industrial.

Se deberá de contactar a estas empresas para identificar cuál puede cumplir mejor con las necesidades de tratamiento identificadas.

Es recomendable aclarar con las empresas los siguientes puntos para asegurar un buen trabajo y aumentar el valor sobre la inversión.

- a) Cuál es la eficiencia de remoción de contaminantes.
- b) Capacidad máxima de flujo.
- c) Garantías sobre las soluciones brindadas.
- d) Garantías sobre equipos defectuosos.
- e) Garantías sobre fallas de las instalaciones.
- f) Sistemas y soporte técnico de control de la operación.
- g) Soporte de mantenimiento y repuestos.

Estudio técnico para planta de tratamiento	Lista de empresas	28 Febrero 2007	Cáp. 03.06.02v
		Rev. 00	Página 1 de 1

Lista de empresas

La siguiente lista muestra algunas empresas salvadoreñas especializadas en el tratamiento de aguas:

- a) Hidrotec de El Salvador.
- b) Watertek
- c) Especialidades Industriales SA de CV. (ESPINSA)
- d) Luna Ingenieros Asociados SA de CV (LIASA)

Además, también se cuenta con empresas extranjeras con el caso de:

- a) Retrofit Services, afiliada de Siemens Water Technologies especializada en el tratamiento de aguas residuales de industrias textiles con mayor capacidad que las locales pues puede proveer de la Ingeniería para el diseño, construcción y manejo de las plantas. Además, ofrecen servicios para renovaciones, cambios de equipo, readecuaciones, mantenimiento, inspección y seguros para instalaciones y equipos.
- b) FI Escorpion Grupo corporativo. SA de CV. Empresa mexicana con un novedoso sistema de tratamiento de aguas.

Estudio técnico para planta de tratamiento	Tipos de plantas que desarrollan.	28 Febrero 2007	Cáp. 03.06.03
		Rev. 00	Página 1 de 1

Tipos de plantas que desarrollan

Las empresas salvadoreñas tienen capacidad para diseñar plantas de tratamientos de agua con las siguientes características:

- a) Eliminación de color y olores.
- b) Tratamiento de demanda de oxígeno.
- c) Clarificación del agua por sedimentación, flotación, coagulación y floculación.
- d) Filtraciones físicas
- e) Eliminación de detergentes y grasas de las columnas de agua.
- f) Tratamiento de efluente con ozono.
- g) Tratamiento físico para remoción de partículas
- h) Lagunas facultativas.
- i) Tratamiento de lodos.
- j) Clorinación y purificación de agua.
- k) Eliminación de metales pesados.
- l) Sistemas de eliminación de microorganismos ultravioleta.

Los tipos de tratamientos disponibles en el medio son los mismos que se utilizan comúnmente en la muestra investigada para el tratamiento de efluente por lo que en el país sí existen empresas calificadas para realizar los trabajos.

Estas tecnologías encontradas en el país son los tipos de tratamiento comunes que se utilizan en el tratamiento de aguas industriales con los contaminantes descritos para la industria.

Estudio técnico para planta de tratamiento	Costo de los proyectos	28 Febrero 2007	Cáp. 03.06.04
		Rev. 00	Página 1 de 1

Costo de los proyectos

No existe una fórmula nemotécnica para el cálculo del costo de proyectos basados en indicadores como US\$ / Lt agua ni otras similares, debido a que son muchas las condiciones que afectarán el diseño operativo y estructural de una planta de tratamiento.

Los principales factores que se deberán considerar para un cálculo adecuado del proyecto debe incluir:

- a) Todas las características contaminantes del agua en base a las cuales se diseñará la planta de tratamiento y las fases que debe contener.
- b) Disponibilidad de espacio para la planta
- c) Tipo de suelo sobre el cual se levantará el proyecto.
- d) Planes de ampliaciones futuros.
- e) Distancia entre la fábrica, el tratamiento y la disposición final de agua y subproductos.

Un proyecto de tratamiento de agua que se adjudique a empresas salvadoreñas puede llegar a tener un valor de \$200,000.00 aunque estos proyectos tienen una ocurrencia de uno por año⁵⁵

⁵⁵ Ing. José Cuchillas. Watertek

Estudio técnico para planta de tratamiento	Tecnologías disponibles en el país	28 Febrero 2007	Cáp. 03.06.05
		Rev. 00	Página 1 de 1

Tecnología disponible en el país

Actualmente la empresas salvadoreñas tienen equipos para purificación de aguas de tipo residencial y comercial disponibles para instalación inmediata. Los equipos industriales debido al bajo movimiento no se mantienen en stock en El Salvador, sin embargo, de acuerdo a las necesidades de cada empresa, se importan todos los materiales y equipos para solucionar el problema de contaminación.

Por otro lado, las grandes industrias de El Salvador, que requieren complejos sistemas de tratamientos de aguas, prefieren contratar los servicios de empresas extranjeras para el diseño y construcción de sus plantas de tratamientos debido a poca confianza que le tienen a las empresas locales.

Las empresas salvadoreñas por su parte, se conforman con la realización de proyectos de menor tamaño pero cuyos costos pueden llegar hasta los US\$ 200,000.00

Los tipos de plantas que pueden realizar empresas salvadoreñas no tiene limitaciones sobre tecnologías ni tamaños, debido a que las tecnologías de tratamiento son bien conocidas y difundidas en todo el mundo. Esto les permite encontrar soluciones comunes a los problemas de contaminación específicos de cada fábrica.

Las facilidades de las empresas para realizar sus proyectos de tratamiento de agua se debe a que las sustancias a tratar no tienen tanta complejidad como la que representan efluente radiactivos.

Plan de implementación de procesos de control	Introducción	28 Febrero 2007	Cáp. 04.01.00
		Rev. 00	Página 1 de 1

Introducción

A continuación se muestra de forma básica algunos controles generales que se deben usar para controlar la planta de tratamiento.

Toda planta de tratamiento al igual que una fábrica debe tener su sistema de control de procesos para asegurar el funcionamiento correcto bajo un perfil preventivo y no correctivo que de acuerdo a la norma 5-1 representa ahorros de magnitud 5 a 1 si se previenen los problemas en lugar de corregirlos.

En el diseño de un sistema tratamiento de aguas, es de suma importancia considerar los controles que se deben tener para asegurar el cumplimiento de las concentraciones máximas permitidas por la ley.

Además, los controles de procesos para evitar fallas y problemas que puedan suceder al interactuar con poderosos químicos y equipos que pueden causar serios daños personales y materiales si no son manejados correctamente por personal calificado.

Plan de implementación de procesos de control	Operadores	28 Febrero 2007	Cáp. 04.02.00
		Rev. 00	Página 1 de 1

Operadores

1. Tipo de trabajo.
 - a. Control de equipos, control de procesos y manejo de materiales químicos.
 - b. Lectura, interpretación y ajuste de procesos, flujos y materias primas para asegurar la calidad del proceso
 - c. Manejo de equipos a través de computadoras.
 - d. Manejo de situaciones fuera de control como rebalses por tormentas o emergencias por liberación de químicos.
 - e. Toma de muestras según sea normado en la planta.
 - f. Realizar pruebas de procesos y detectar malfuncionamientos.
 - g. Lectura de resultados y análisis de resultados del laboratorio.

2. Condiciones de trabajo
 - a. Trabajo adentro y afuera de oficinas.
 - b. Exposición a químicos, ruido y malos olores.
 - c. Lugar de trabajo usualmente sucio y resbaladizo.
 - d. Operación de 24 horas, 365 días al año.

3. Escolaridad y entrenamientos. (Algunas recomendaciones)
 - a. Estudios de bachillerato.
 - b. Aptitudes en mecánica y computación básica.
 - c. Se debe tener un programa de entrenamientos para asegurar un mejor conocimiento y control de la planta.

Plan de implementación de procesos de control	Controles recomendados	28 Febrero 2007	Cáp. 04.03.00
		Rev. 00	Página 1 de 1

Controles recomendados

Se deben crear hojas de control de calidad para las siguientes áreas:

- 1) Control de operaciones.
- 2) Control de calidad del proceso
- 3) Mantenimiento preventivo
- 4) Prevención de accidentes.
- 5) Mantenimiento Correctivo
- 6) Plan de manejo de emergencias.

Plan de implementación de procesos de control	Hojas de control de operaciones	28 Febrero 2007	Cáp. 04.04.00
		Rev. 00	Página 1 de 1

Hojas de control de operaciones

Las hojas de control de operaciones son lineamientos, guías, listas de chequeo o normas, que tienen como finalidad asegurar que cualquier persona que labore en la empresa realice las operaciones correctamente en un entorno regulado.

Se deben crear hojas de control de operaciones cuyo fin es estandarizar los procesos y evitar “olvidos” en alguna operación que pueda terminar en un problema mayor que detenga el proceso, dañe equipo o materiales o en el peor de los casos, a las personas.

A continuación se detallan las áreas que deben ser reguladas para asegurar un adecuado funcionamiento de la planta.

- 1) Checklist para inicio y paro de la planta.
- 2) Hoja de descripción para manejo de materiales peligrosos.
- 3) Obedecer siempre todas las normas de higiene y seguridad para el almacenamiento, manejo, transporte y adición al agua de materiales
- 4) Control y manejo de inventarios.

Plan de implementación de procesos de control	Hojas de control de calidad	28 Febrero 2007	Cáp. 04.05.00
		Rev. 00	Página 1 de 1

Hojas de control de calidad

Las hojas de control de calidad tienen como fin describir el proceso que se debe de realizar para asegurar que el agua tenga las características de contaminación esperadas por debajo de los límites máximos permisibles legales.

Algunos de los controles de calidad que se recomiendan son:

- 1) Metodología para extracción de muestras.
- 2) Hojas de control para documentación de muestras y envío al laboratorio.
- 3) Hojas de control de resultados para análisis de procesos.
- 4) Control de preparación de dosis de materias primas a efluentes.
- 5) Instalación de puntos de control programados para medición de flujo, temperatura y concentraciones de sustancias consideradas pertinentes por cada fábrica.
- 6) Control rutinario de eficiencia de funcionamiento de la planta.

Plan de implementación de procesos de control	Hojas de medidas preventivas	28 Febrero 2007	Cáp. 04.06.00
		Rev. 00	Página 1 de 1

Medidas preventivas.

Se deben crear controles y programaciones para 2 tipos de medidas de prevención. Una para el personal y otra para instalaciones y equipos.

1) Mantenimiento preventivo de instalaciones y equipo.

- a. Mantenimiento programado a equipos según sea especificado por el productor del equipo.
- b. Limpieza programada de sistema de tuberías y de flujo de agua.
- c. Prevención contra la corrosión.
- d. Eliminación de depósitos en instalaciones y equipos que dificulten el flujo libre del agua.
- e. Verificación de conexiones eléctricas aledañas a flujos de agua por personal calificado.

2) Prevención para el personal.

- a. Uso de botas deslizantes.
- b. Protección de piel, ojos y oídos si hay fuertes ruidos.
- c. Uso de mascarillas apropiadas en zonas consideradas peligrosas por el tipo de partículas presentes en el aire.
- d. Prohibir fumar, tomar y beber en zonas donde puede existir contaminación biológica o química.
- e. Realizarse exámenes periódicos para identificar enfermedades o alergias relacionadas a sustancias presentes en el agua o en la planta.
- f. Programación de capacitaciones para el personal.

Plan de implementación de procesos de control	Hojas de medidas correctivas	28 Febrero 2007	Cáp. 04.07.00
		Rev. 00	Página 1 de 1

Medidas correctivas.

Se deben crear controles y programaciones para 2 tipos de medidas correctivas.
Una para el personal y otra para instalaciones y equipos.

- 1) Mantenimiento correctivo de instalaciones y equipo.
 - a. Mantenimiento y reparaciones para equipo electromecánico.
 - b. Mantenimiento o reparaciones para infraestructura.
 - c. Proceso de emergencia y correctivo en caso de fugas de químicos.
 - d. Proceso de emergencia y correctivo por daños en la infraestructura.

- 2) Medidas correctivas.
 - a. Proceso de emergencia por accidentes con materiales peligrosos.
 - b. Proceso de emergencia para accidentes de trabajo.
 - c. Proceso de emergencia que afecten salud e higiene ocupacional.
 - d. Plan alternativo de funcionamiento de la planta en caso de problemas con personal.

ANEXOS

ANEXOS I	Formulario de envío de muestras	Fecha	Anexos.
		Rev. 00	Página 1 de 1

Información para acompañar el frasco o recipiente con la muestra recolectada de aguas residuales.

Institución (municipalidad): _____

Dirección: _____,

Teléfonos: _____, fax: _____

Nombre de persona que remite la muestra: _____,
cargo: _____

Nombre / Identificación de Planta: _____

Punto de colección de la muestra: _____

Temperatura: _____

Tipo de agua residual colectado:

Cruda o sin tratar ☐ Tratada ☐

Tipo de muestra:

Puntual ☐ Compuesta ☐ Otro tipo: _____

Fecha de toma de la muestra: _____

Fecha de remisión de la muestra: _____

Información adicional:

ANEXO II	Solicitud de servicio de catastro	Fecha	Anexos.
		Rev. 00	Página 1 de 2



CODIGO DE INGRESO:

**DIRECCION DE CATASTRO
SOLICITUD DE SERVICIOS
FORMULARIO 1**



I. SERVICIO		
INFORME CATASTRAL <input type="checkbox"/> CARÁCTER LEGAL (ESPECIFIQUE) _____ _____	CERTIFICACIONES CATASTRALES DILIGENCIAS DE: TITULO MUNICIPAL <input type="checkbox"/> DONACION <input type="checkbox"/> TITULO SUPLETORIO <input type="checkbox"/>	REVISION DE PROYECTOS PERIMETRO GENERAL <input type="checkbox"/> FRACCIONAMIENTO <input type="checkbox"/>
OTROS SERVICIOS(ESPECIFIQUE) _____		
NOMBRE COMPLETO DE LA PERSONA A FAVOR DE QUIEN SE EMITIRÁ LA CERTIFICACION O INFORME _____		
II. DATOS CATASTRALES Y REGISTRALES DEL INMUEBLE		
NATURALEZA URBANA <input type="checkbox"/> RURAL <input type="checkbox"/>	UBICACIÓN CATASTRAL MAPA O SECTOR CATASTRAL _____ NUMERO DE PARCELA _____ AREA CATASTRAL _____	DATO REGISTRAL MATRICULA O LIBRO <input type="checkbox"/> ANTECEDENTE _____ NO POSEE <input type="checkbox"/>
III. DATOS RELATIVOS AL INMUEBLE		ESPACIO EXCLUSIVO PERSONAL DEL CENTRO NACIONAL DE REGISTROS
NOMBRE DEL PROPIETARIO O POSEEDOR _____ DIRECCION COMPLETA DEL INMUEBLE: DEPARTAMENTO _____ MUNICIPIO _____ CANTON-CASERIO _____ BARRIO/ COLONIA/ CALLE, PASAJE Y NUMERO DE CASA _____ DOC. DE IDENTIFICACION (DUI Y NIT) _____ NOMBRE DEL PROPIETARIO ANTERIOR _____ TIEMPO DE RESIDIR EN EL INMUEBLE _____		
IV. DATOS COMPLEMENTARIOS DEL INFORMANTE NOMBRE DE LA PERSONA QUE PRESENTA Y/O CON LA QUE SE PUEDE OBTENER INFORMACION ADICIONAL SOBRE EL INMUEBLE _____ DIRECCION COMPLETA: DEPARTAMENTO _____ MUNICIPIO _____ CANTON-CASERIO _____ BARRIO/ COLONIA/ CALLE, PASAJE Y NUMERO DE CASA _____ TELEFONO _____ DOCUMENTO DE IDENTIFICACION (DUI O NIT) _____ CORREO ELECTRONICO _____		
VALOR A CANCELAR IVA INCLUIDO NO CANCELA IVA REVISION DE PROYECTOS PAGO CANCELADO <input type="checkbox"/> NO REQUERIDO <input type="checkbox"/>		
		RECIBIDO POR FIRMA DEL SOLICITANTE

AL SOLICITAR CERTIFICACIONES O INFORME CATASTRALES, COLOCAR ESQUEMA DE UBICACIÓN AL REVERSO DE ESTA SOLICITUD

ANEXO II	Solicitud de servicio de catastro	Fecha	Anexos.
		Rev. 00	Página 2 de 2

V.COLINDANTES	
NORTE	_____
PONIENTE	_____
SUR	_____
ORIENTE	_____
VI. OBSERVACIONES:	
VII. ESQUEMA DE UBICACION	
CONTENIDO INDICAR NORTE Y LUGAR (PARCELA O INMUEBLE) COLOCAR PUNTOS DE REFERENCIA (ESCUELAS, TIENDAS, ARBOLES DE IMPORTANCIA, QUEBRADAS, RIOS, ETC.) COLOCAR NOMBRES DE CALLES DE IMPORTANCIA	

ANEXO III	Aranceles para presentar planos	Fecha	Anexos.
		Rev. 00	Página 1 de 1

TABLAS DE ARANCELES PARA PRESENTACION DE PLANOS

TABLA DE ARANCELES PARA: REMEDIACION, REUNION DE INMUEBLES, SEGREGACIONES SIMPLES, HIPOTECAS DE PORCION.

De 0 a 30	Tramos	\$ 13.00
De 31 a 100	Tramos	\$ 22.00
De 101 a 200	Tramos	\$ 41.00
De 201 a 300	Tramos	\$ 62.00
De 301 a 500	Tramos	\$ 104.00
De 501 a 800	Tramos	\$ 166.00
De más de 801	Tramos	\$ 351.00

TABLA DE ARANCELES PARA FRACCIONAMIENTOS: D.C.D., LOTIFICACIONES, URBANIZACIONES, PARTICIONES, CONDOMINIOS.

De 0 a 30	Lotes	\$ 35.00
De 31 a 100	Lotes	\$ 84.00
De 101 a 200	Lotes	\$ 116.00
De 201 a 300	Lotes	\$ 154.00
De 301 a 500	Lotes	\$ 270.00
De 501 a 1000	Lotes	\$ 289.00
De 1001 a 2000	Lotes	\$ 578.00
De 2001 a 3000	Lotes	\$ 866.00
De 3001 a 5000	Lotes	\$ 1155.00
De más de 5001	Lotes	\$ 2021.00

CERTIFICACIONES CATASTRALES E INFORME CATASTRAL

Distancia Kilometraje Area de Parcela (m2)		0 a 20	21 - 40	41 - 60	61 - 100	101 - 150	150 a más
0 a 200	mts2	\$ 25.83	\$ 30.74	\$ 38.48	\$ 43.39	\$ 58.11	\$ 65.48
201 a 400	mts2	\$ 28.28	\$ 33.19	\$ 40.94	\$ 45.85	\$ 60.57	\$ 67.93
401 a 600	mts2	\$ 30.74	\$ 35.64	\$ 43.39	\$ 48.30	\$ 63.02	\$ 70.38
601 a 800	mts2	\$ 33.19	\$ 38.10	\$ 45.85	\$ 50.75	\$ 65.48	\$ 72.84
801 a 1000	mts2	\$ 35.64	\$ 40.55	\$ 48.30	\$ 53.21	\$ 67.93	\$ 75.29
1001 a 5000	mts2	\$ 42.88	\$ 47.91	\$ 55.53	\$ 60.57	\$ 75.16	\$ 82.65
5001 a 10000	mts2	\$ 47.78	\$ 52.69	\$ 60.44	\$ 65.35	\$ 80.07	\$ 87.43
10001 mt2 a más		\$ 52.69	\$ 57.60	\$ 65.35	\$ 70.25	\$ 84.98	\$ 92.34

ANEXO IV	Instructivos de la OPAMSS	Fecha	Anexos.
		Rev. 00	Página 1 de 1

Los instructivos de la OPAMSS no se encuentran disponibles en Internet. Estos deben ser retirados físicamente de las oficinas de la OPAMSS.

Dirección: Diagonal San Carlos, 25 calle poniente y 15 avenida norte, Col. Layco

Apartado: 02-14. San Salvador, El Salvador

Teléfono (503) 235- 2100, ext. 210

Los instructivos necesarios son los siguientes:

1. Instructivo Original No. 1
2. Instructivo Original No. 2
3. Instructivo Original No. 3
4. Instructivo Original No. 4
5. Instructivo Original No. 5

CAPÍTULO 5

REUTILIZACIÓN DEL AGUA

5.1 INTRODUCCIÓN.

La reutilización del agua es necesaria para el cuidado del medio ambiente y es una fuerte herramienta de control de los costos de la empresa.

Además el uso eficiente del agua ayuda a disminuir el grave problema que se tiene en El Salvador de contaminación, desperdicio y disponibilidad de ésta.

La reutilización de aguas de procesos es regulada en el Reglamento de Aguas Residuales según el fin de reutilización de agua de acuerdo al siguiente cuadro:

Codigo de Uso	Tipo de Uso	Muestreo DBO
Tipo 1	Urbano	Quincenal
Tipo 2	En riego de acceso restringido	NA
Tipo 3	Agricola encultivos permanentes de frutos procesados no industrialmente	NA
Tipo 4	Agricola encultivos permanentes de frutos procesados industrialmente	NA
Tipo 5	Agrícolas en cultivos no alimenticios para humanos	NA
Tipo 6	Recreativo	Quincenal
Tipo 7	Paisajistico	Trimestral
Tipo 8	En construccion	NA

Un análisis de cálculos de consumo de agua en procesos productivos y consumo en procesos no productivos se encuentra disponible en los anexos 9 y 10.

5.2 REUTILIZACIÓN DE AGUA EN EL PROCESO.

De acuerdo a las regulaciones de El Salvador, no existe ninguna regulación que impida la reutilización de efluentes sin tratamiento en el proceso productivo por lo que es decisión de cada fábrica el uso eficiente del agua.

La reutilización del agua de efluentes de la fábrica es posible siempre y cuando se cumpla con los parámetros de contaminación adecuados para no afectar el trabajo en proceso. En la reutilización del agua en algún proceso, los niveles de contaminación deben ser controlados para no afectar la calidad final del producto.

5.3 AGUA DE PROCESO SIN TRATAMIENTO PREVIO.

El agua de procesos sí se puede reutilizar en algunos casos dependiendo de los contaminantes y sus concentraciones encontrados en el agua.

- a) El contenido de grasas en los efluentes afecta severamente la calidad final del producto por lo que el uso de aguas con grasas en el proceso productivo quedan descartadas.
- b) La carga orgánica debe de ser baja.
- c) Debe existir una ausencia total de color en el agua.

La reutilización del agua sin tratamiento es posible para procesos con baja carga orgánica como el efluente del segundo lavado de blanqueo que se puede ingresar de nuevo al primer lavado del blanqueo antes de ser descartada al sistema de tratamiento.

El efluente del teñido desde el punto de vista de la carga orgánica presente sí podría ser reutilizado en los procesos, sin embargo la alta concentración de colorantes impide que pueda regresar al sistema.

El agua de proceso sin ningún tipo de tratamiento no puede ser desechada al alcantarillado público por no cumplir con las exigencias del país.

5.4 AGUA DE PROCESO CON TRATAMIENTO PREVIO.

Además, el efluente del quemado debido a su baja carga contaminante puede ser reutilizado en procesos no productivos.

El efluente del teñido mediante un adecuado tratamiento del color, se puede reutilizar el agua en procesos no productivos.

El agua de los efluentes después de haber sido tratada puede ser reutilizada en procesos no productivos tales como descargas de servicios sanitarios, lavado de equipos y materiales que no estén directamente involucrados con el proceso.

5.5 NUEVOS ESTUDIOS SOBRE REUTILIZACIÓN DE AGUAS

1. Potabilización de agua residual o agua salada. (Oportunidad de inversión)

El ingeniero mexicano, Jesús Figueroa Flores, ha descubierto cómo convertir cualquier tipo de agua residual o de mar con cualquier tipo de Temperatura, acidez, saturación o alcalinidad por medio de la técnica de floculación iónica⁵⁶ por medio de electricidad.

El proceso no requiere de ningún tipo de insumo para funcionar con un tiempo de proceso de 4 horas, trata eficientemente sustancias orgánicas e inorgánicas, funciona con energía de bajo voltaje, costos de instalación, mantenimiento y operación bajos con un requerimiento de espacio 50% inferior de una planta de tratamiento con la tecnología actual, un sistema de control automatizado remoto y el subproducto del proceso son lodos inactivos que pueden ser industrializados.

La técnica permite obtener agua potable o de la calidad requerida a base de cualquier tipo de efluente, excepto radiactivos, por lo que podría ser reciclada y reutilizada en el proceso todas las veces que se requiera debiendo reponer únicamente las pérdidas de agua por evaporación.

Debido a lo nuevo de esta tecnología, no existe mucha información sobre ella. Sólo se han construido 3 plantas en México cuyos resultados eran los esperados y el agua resultante del sistema ha sido catalogada en laboratorios mejicanos como apta para consumo humano.

2. Se puede usar para hacer cemento para proyectos no estructurales. Este es un sistema puede demandar altas cantidades de agua, sin embargo, pruebas de resistencia se deberán realizar antes de ser utilizado en los proyectos, ya que la materia residual que quedaría atrapada afecta las características de presión final que puede soportar el producto.

⁵⁶ www.floculacionionica.com

CAPITULO 6

MÉTODOS DE FINANCIAMIENTO

6.1 INTRODUCCIÓN SOBRE FINANCIAMIENTOS

Actualmente en El Salvador existen incentivos y desincentivos ambientales para fomentar un buen manejo de los recursos hídricos.

El programa de incentivos ambientales de El Salvador busca:

- 1) Promover la reconversión de actividades y procesos contaminantes a tecnologías o procesos amigables al medio ambiente.
- 2) Estimular a los empresarios a procesos de producción limpios.
- 3) Promover mecanismos de financiamiento.

Entre los instrumentos que se desea desarrollar para el programa pueden ser de naturaleza fiscal, crediticia, servicios ambientales u otros.

6.2 AYUDAS FINANCIERAS.

Las ayudas financieras que están disponibles son a través de los organismos internacionales como se muestra a continuación.

- 1) El Banco Multisectorial de Inversiones (BMI) tiene una línea de crédito para instalación y equipamiento de empresas de servicios especializados para el control y certificación de la calidad ambiental, cuyas tasas de interés oscilan entre 3.5% y 6.25%.
- 2) El Fondo de Crédito para el Medio Ambiente (FOCAM), promueve la conservación del medio ambiente en El Salvador; mediante una línea de crédito a una tasa preferencial de hasta el 6% para obras de recuperación y conservación del medio ambiente.
- 3) Banco Mundial con proyectos de suministro y saneamiento de agua en todo el mundo donde 63 proyectos son en América Latina por un total de US \$3,900 millones que representa el 22% del financiamiento entregado.
- 4) Los bancos locales también dan financiamiento para proyectos de tratamiento de agua, el cual está sujetos a un estricto plan de trabajo que debe detallar costos y dimensiones de la instalación y equipos que se usarán, el cual no puede ser modificado bajo ninguna circunstancia.

6.3 INSTITUCIONES FINANCIERAS.

Algunas instituciones que promueven el financiamiento para una buena gestión y saneamiento de aguas son las siguientes:

- 1) Banco Mundial, con su programa desarrollo del milenio.
- 2) Banco Multisectorial de inversiones (BMI).
- 3) Fondo de Crédito para el Medio Ambiente (FOCAM).
- 4) El sistema bancario de El Salvador.

6.4 INCENTIVOS FISCALES.

El gobierno de El Salvador concede condiciones favorables a las empresas privadas que disminuyan las emisiones al suelo, aire y agua, en donde las empresas que cumplan los requisitos pueden gozar de exención de impuesto sobre la renta y depreciación acelerada los primeros diez años de operación.

Se identificaron los siguientes beneficios fiscales:

- 1) La Ley del Impuesto sobre la Renta en el Art. 30 permite depreciación acelerada de instalaciones, maquinaria e inmuebles.
- 2) La Ley del Impuesto sobre la Renta en el Art. 32 establece que son deducibles del impuesto sobre la renta las inversiones en construcción y mantenimiento para tecnologías mas limpias.
- 3) La Ley a la Transferencia de Bienes Muebles y a la Prestación de Servicios (IVA) en el Art. 45, exonera el pago de impuestos a la importación de maquinaria para el control de la contaminación del aire utilizada en proceso de producción.

CAPITULO 7.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Los procesos involucrados se separaron según fueran procesos húmedos o secos, siendo los húmedos los que afectan la calidad final del vertido. Se describió en qué consiste y los niveles de contaminación emitidos para conocer la necesidad de tratamiento de la empresa.
- No se encontró en el estudio fábricas que tuvieran en su proceso productivo el mercerizado, el cual aumenta la resistencia a la tensión y afinidad de los colorantes debido probablemente a que las fábricas no exigen materias primas que tengan alta resistencia a la tensión.
- Los métodos de tratamiento que se pueden usar son la coagulación y floculación para lograr la sedimentación para sustraer a los sólidos. En caso que se tenga después de la sedimentación altos niveles de DBO o DQO, se puede usar la ozonificación en el vertido para oxidar rápidamente a las sustancias que consumen el oxígeno. Además, se deberá regular el pH y la temperatura según las condiciones finales que tenga el vertido.
- Los contaminantes que se deben de eliminar para cumplir con las leyes nacionales son la DB O, DQO, sólidos disueltos o en suspensión, grasas, detergente y color y dependiendo de las condiciones finales del vertido se deberían incluir el pH y temperatura.

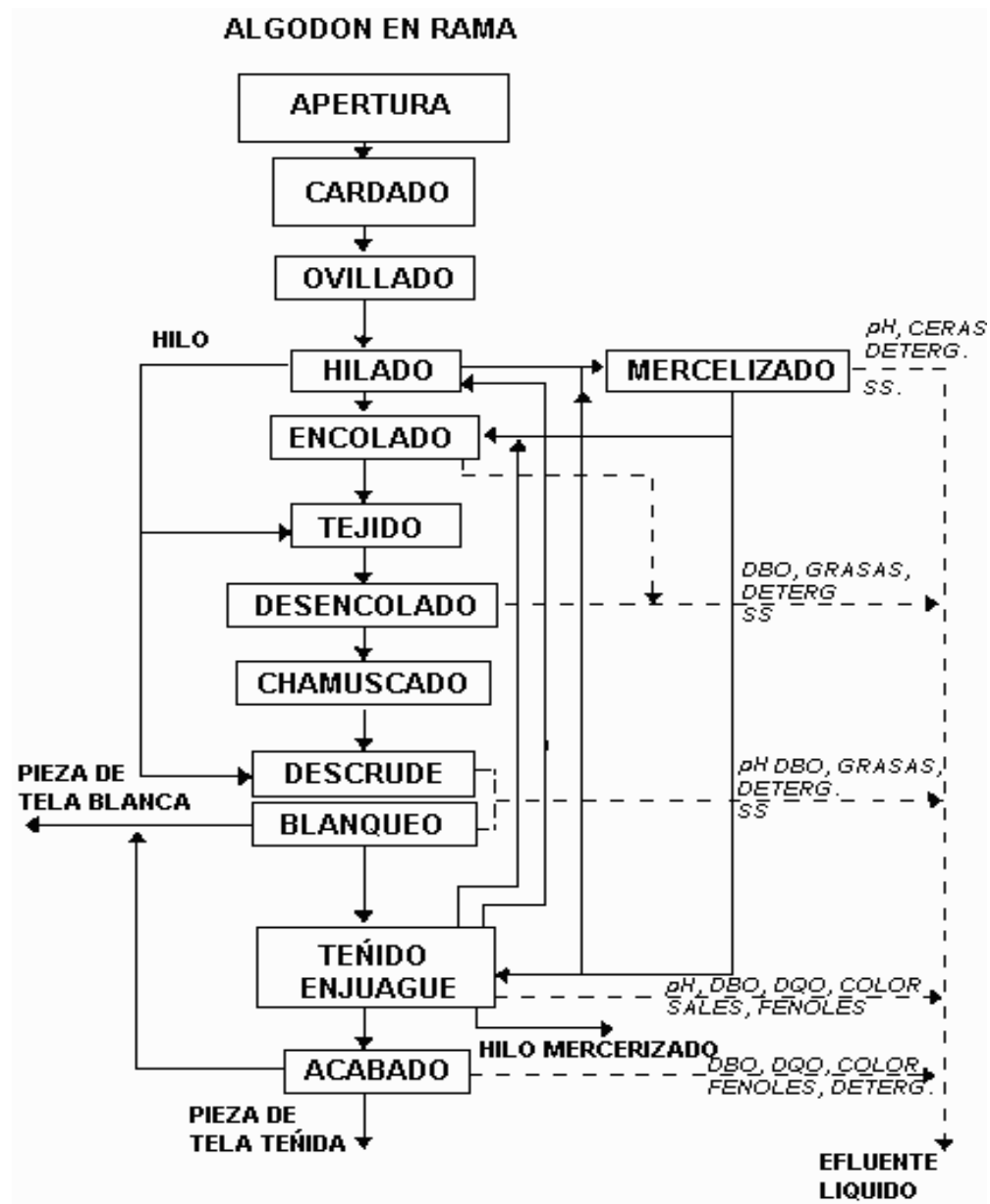
- El nivel de contaminación que emite la industria estudiada en el AMSS supera los límites permitidos por las leyes locales, lo que exige plantas para el tratamiento de efluentes previo a ser desechados de la fábrica.
- Los niveles de contaminación de los ríos a los que se desaguan los efluentes, principalmente el río Acelhuate, tienen niveles de contaminación en el que ya presentan un peligro bacteriológico para la población por lo que es imperativo adecuar los efluentes de las fábricas para no agravar el problema.
- El Salvador, en su búsqueda de apoyo a tecnologías limpias, busca fomentar estas prácticas mediante incentivos fiscales entre los que se tiene la depreciación acelerada de infraestructura, inmuebles y equipos; Además es deducible de la renta la inversión en construcción y mantenimiento de tecnologías limpias y por último, exoneran del pago de impuesto a la importación de maquinaria para el control de contaminación.
- Existe una nueva tecnología con muy poca difusión en el medio llamada floculación iónica, la cual es capaz de competir con los métodos tradicionales de tratamiento de agua pero con la ventaja que tiene mejores resultados.
- Es posible reutilizar una pequeña parte del agua de proceso que ha sido tratada para los servicios sanitarios de la fábrica con lo que se podría reducir el consumo de agua en 15Lt/día por cada persona que labore en la planta.

7.2 RECOMENDACIONES

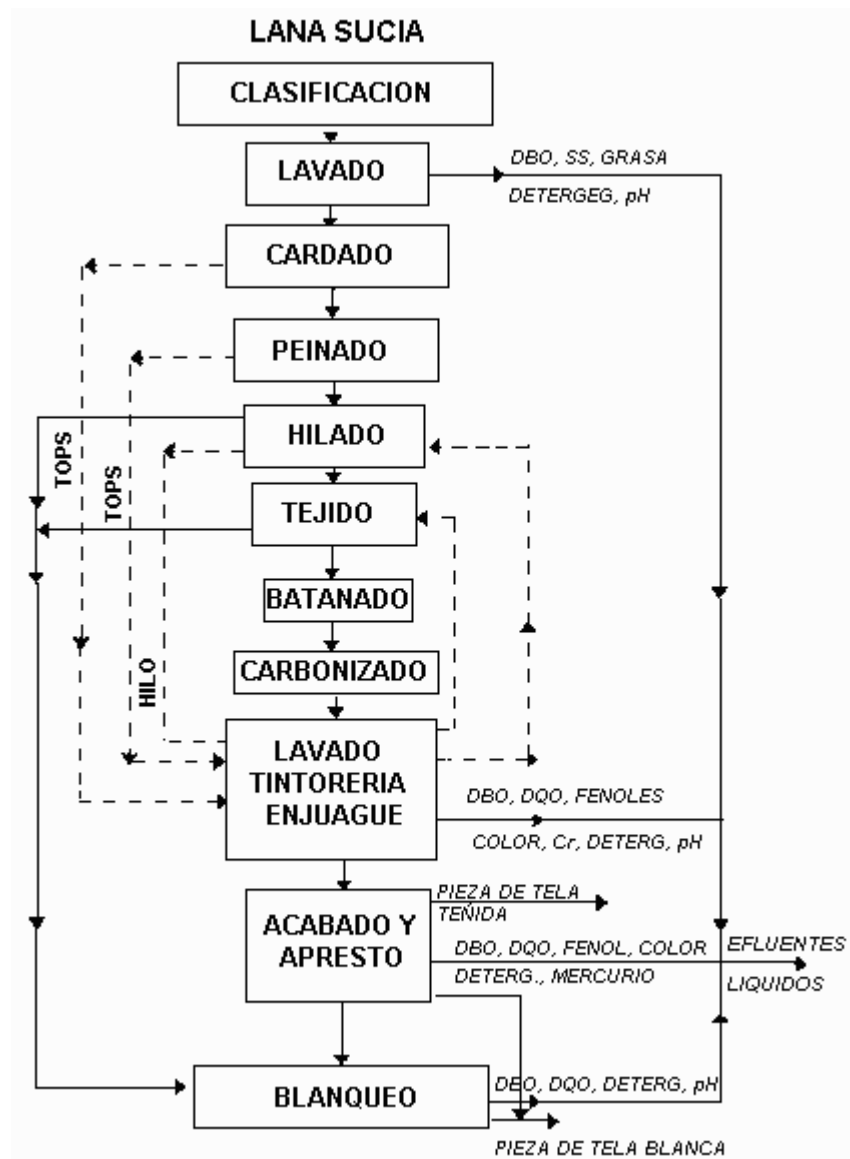
- Se recomienda que después de identificar la necesidad de tratamiento de agua, también se realice un estudio para purificación del agua mediante floculación iónica, ya que existe la posibilidad que se pueda reutilizar hasta el 100% del agua del vertido debiendo solo compensar las pérdidas por evaporación con lo que los costos de operación de la fábrica pueden verse disminuidos drásticamente.
- Se recomienda el tratamiento de fenoles producidos en los procesos (aunque no se llegue al límite máximo permitido por las leyes salvadoreñas) debido a su alto grado de peligrosidad, además de su potencial de convertirse en sustancias aun más peligrosas o cancerígenas debido a la presencia de los químicos en los ríos de El Salvador.
- Se recomienda efectuar otras tesis que retomen este estudio para llevar a cabo el diseño y controles que debe tener una planta de tratamiento de agua para la industrial textil de el AMSS que cumpla con los requisitos de la nueva Ley de Aguas que entrara en vigencia los próximos meses.
- Se recomienda que este estudio (avalado y corregido por expertos de ser necesario) sea difundido por parte de la Universidad Dr. José Matías Delgado como guía para pequeños y medianos industriales en la rama textil u afines como herramienta de evaluación de necesidades de tratamiento de aguas de procesos.

ANEXOS

ANEXO 1. Gráfica del proceso del algodón



ANEXO 2. Gráfica del proceso de lana.



ANEXO 3. Instrumento utilizado para la investigación

FABRICA No. _____

6. Que capacidad tiene la fabrica

a. Consumo de agua. _____

7. Cuáles son los procesos textiles que se utilizan para el producto final y cuales contaminantes se generan en estos procesos?

TIPO DE

TRATAMIENTO

<input type="checkbox"/>	a. Almacenamiento de la materia prima _____	-	<input type="checkbox"/>
	b. Preparación de la fibra hasta el hilado o tejido (procesos secos)		
<input type="checkbox"/>	i. Cardado-peinado _____	-	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	ii. Hilado. _____	-	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	c. Teñido de hilado: _____	-	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	d. Engomado o encolado. _____	-	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	e. Tejido. _____	-	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	f. Chamuscado o quemado _____	-	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	g. Desencolado o desengomado _____	-	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	h. Mercerizado _____	-	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	i. Descrude _____	-	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	j. Blanqueo _____	-	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	k. Teñido. _____	-	<input type="checkbox"/>

8. Existen procesos distintos que generen los mismos tipos de contaminantes ?

F: _____

Q: _____

B: _____

9. Pueden reutilizar el agua tratada?

a. SI ☐ NO ☐

b. Cuanto se podría reutilizar del volumen total inicial?

0 – 25%

26 – 50%

51 – 75%

76 – 100%

c. En que se podría reutilizar el agua?

i. _____

ii. _____

iii. _____

iv. _____

v. _____

vi. _____

ANEXO 4. Explicación de la Curva del Crecimiento Bacteriano.

La curva del crecimiento bacteriano resulta de la representación gráfica de la determinación periódica del número de células viables por mililitro que existen en un líquido inoculado con células microbianas provenientes de un cultivo que ha crecido previamente hasta la saturación.

Dicha curva se divide en seis fases, mismas que se simbolizan con letras de la "A" a la "F". A continuación también se muestra un cuadro con las características principales de cada fase y se desarrollan las fases más relevantes.

Parte de la Curva	Fase	Tasa de Crecimiento.
A	Rezago	Cero
B	Aceleración	Creciente
C	Exponencial	Constante
D	De retraso	Decreciente
E	Estacionaria máxima	Cero
F	Declinación	Negativa (muerte)

A : Fase de Rezago.

Este período consiste en la adaptación de las células microbianas a su nuevo ambiente. En esta fase, las células microbianas se encuentran empobrecidas en cuanto a metabolitos y enzimas, esto debido a las condiciones desfavorables que representaba el cultivo previo.

Por lo anterior, en este lapso de tiempo se forman las enzimas y los metabolitos intermedios hasta alcanzar las concentraciones necesarias para reiniciar el crecimiento.

Este período se puede prolongar en el caso de que el medio de cultivo previo y las condiciones actuales resulten tan diferentes que las células sean genéticamente incapaces de sobrevivir, por lo que sólo unas cuantas mutantes podrán subsistir, y obviamente se

requerirá más tiempo para que éstas se multipliquen lo suficiente y sea notorio el aumento de células.

B : Fase Aceleración.

En esta etapa, aumenta la velocidad de reproducción de las bacterias y se mantienen en crecimiento, hasta lograr llegar a un crecimiento que se estabiliza y se mantiene a una tasa constante en la Fase Exponencial.

C : Fase Exponencial.

Como el nombre lo indica, en esta fase las células se encuentran en un estado de crecimiento sostenido.

Se sintetiza nuevo material celular a una tasa constante, pero este material es en sí catalítico y la masa aumenta de manera exponencial. Lo anterior continúa hasta que uno o más nutrientes se agoten, o hasta que se acumule tal cantidad de metabolitos tóxicos que se inhiba el crecimiento. El nutriente limitante para los organismos aerobios suele ser el oxígeno : cuando la concentración bacteriana es de aproximadamente 1×10^7 / Lt es necesario incrementar el ingreso de oxígeno mediante agitación o burbujeo ; pero cuando la concentración alcanza 4 o 5×10^9 bacterias por Lt, la tasa de difusión de oxígeno no puede satisfacer las demandas aún en un medio aireado, por lo que el crecimiento disminuye progresivamente.

Durante el crecimiento exponencial, la tasa de crecimiento de las células (medida en gramos de biomasa producida por hora), cuando el crecimiento no es limitado por los nutrientes, se puede obtener multiplicando la constante de la tasa de crecimiento (k) por la concentración de biomasa. La constante de la tasa de crecimiento es la tasa a la cual las células producen más células, y el valor que ésta toma se interpreta como los gramos de biomasa producidos por cada gramo de biomasa preexistente creados en una hora.

El crecimiento se denomina exponencial porque la biomasa se incrementa exponencialmente con respecto al tiempo. De lo anterior se deriva que, si graficamos el

logaritmo de la concentración de la biomasa (o celular) en función del tiempo, como ocurre en la curva del crecimiento, obtendremos una línea recta como representación de esta fase.

Esta fase puede prolongarse indefinidamente si las células se transfieren repetidamente a un medio nuevo (fresco) de composición idéntica al anterior, lo cual se logra de manera automática mediante dos aparatos : el quimiostato y el turbidostato.

D : Fase de Retraso.

En esta fase, la población de bacterias empieza a perder bacterias madres capaces de mantener la población con la densidad y empieza a retroceder el crecimiento sostenido si no se transfieren a un nuevo ambiente con las condiciones para que crezcan.

Esta fase se estará acelerando a medida se agoten los nutrientes presentes en el medio hasta que desaparezcan totalmente y se entra a la fase de crecimiento cero llamada también fase estacionaria.

E : Fase Estacionaria Máxima.

Como se explicó en la descripción de la fase anterior, ante el agotamiento de nutrimentos en el medio o la acumulación de metabolitos tóxicos el crecimiento cesa por completo después de un período de decrecimiento en la tasa de crecimiento, lo cual corresponde a la fase D o de retraso.

No obstante, por lo general en esta fase se puede observar recambio celular, lo cual se debe a que, aunque existe una pérdida lenta de células por muerte, dicha pérdida se compensa exactamente por la formación de nuevas células a través de crecimiento y división. Así, la cifra de células viables se mantiene constante, aunque en realidad en el conteo aumente poco a poco el número de células, si se cuentan también las muertas.

Para comprender lo anterior debemos considerar que, para una célula microbiana, muerte significa la pérdida irreversible de la capacidad para reproducirse (crecer y dividirse), lo cuál se comprueba cuando una célula es incapaz de producir una colonia en

cualquier medio. De lo anterior se deriva que designar a una célula microbiana como muerta no implica su destrucción física.

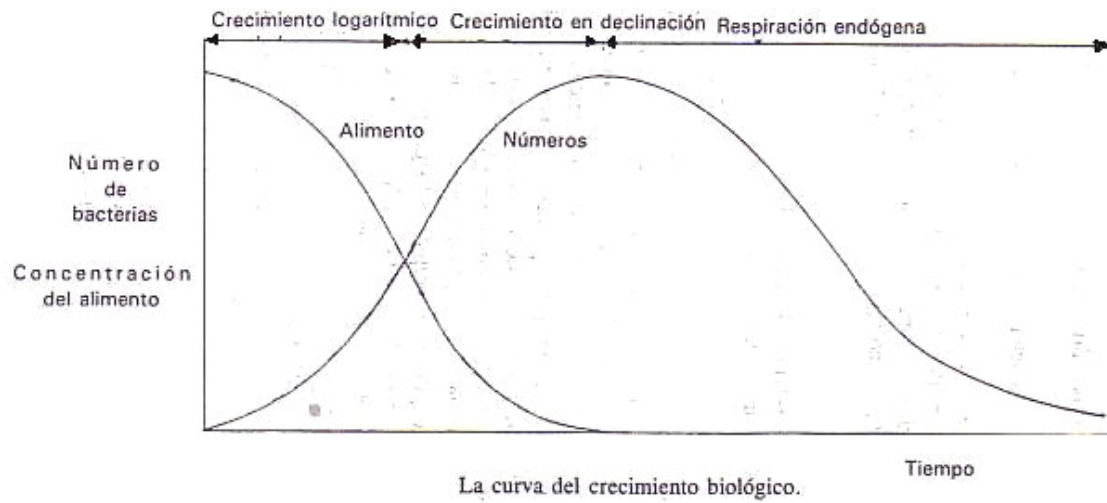
La duración de esta fase depende de la naturaleza del microorganismo y de las condiciones del medio.

F : Fase de Declinación.

Esta fase, también conocida como fase de muerte, representa el decremento de células debido al aumento progresivo de la tasa de mortalidad, misma que tarde o temprano alcanza un valor sostenido.

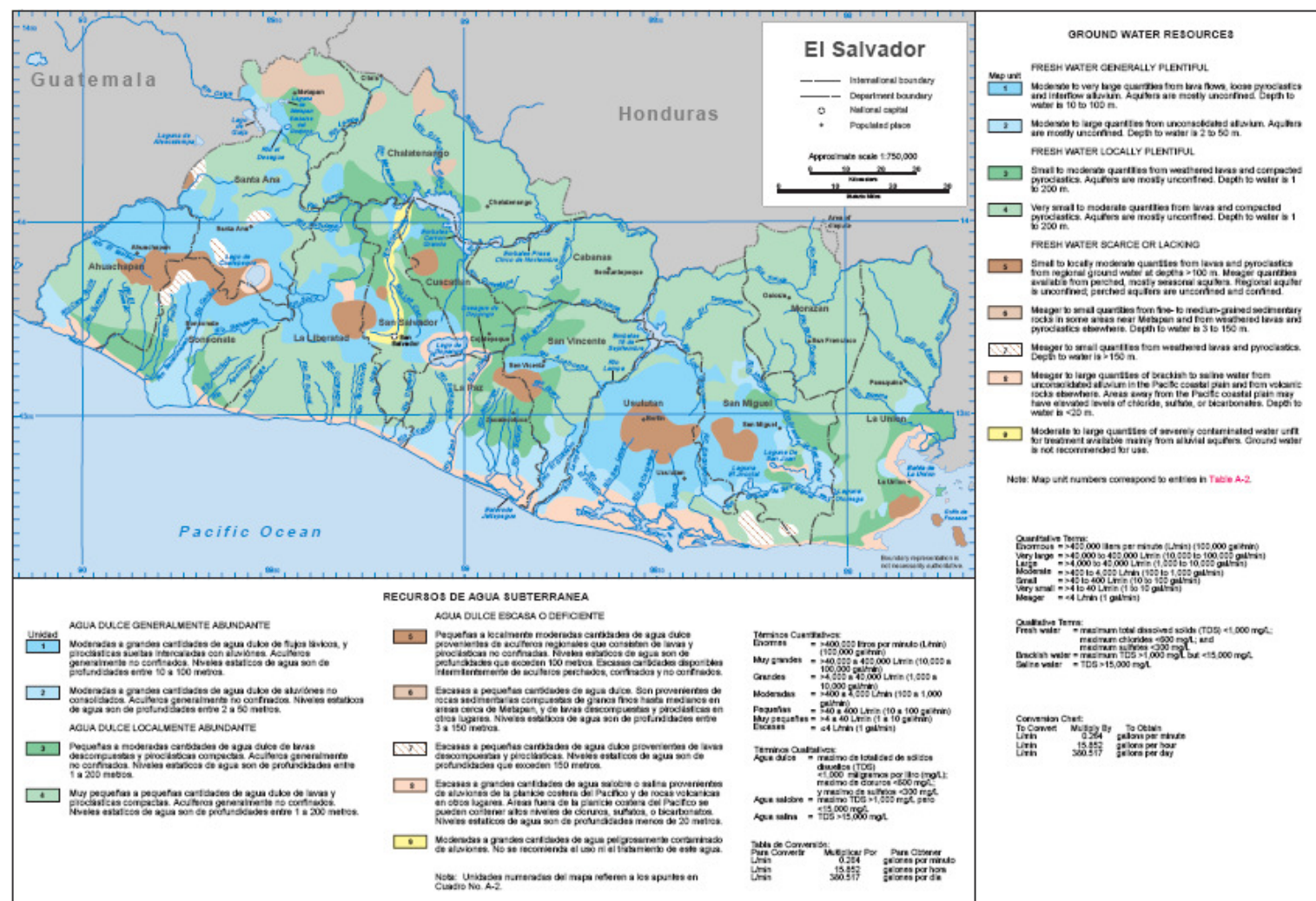
Por lo general, una vez que la mayoría de las células ha muerto, la tasa de mortalidad disminuye bruscamente, por lo que un número pequeño de sobrevivientes pueden persistir en cultivo por meses o años. Dicha persistencia puede deberse a que las células consiguen crecer gracias a los nutrientes liberados por las células que mueren y se lisan, observándose recambio celular.

ANEXO 5. Curva de crecimiento biológico⁵⁷

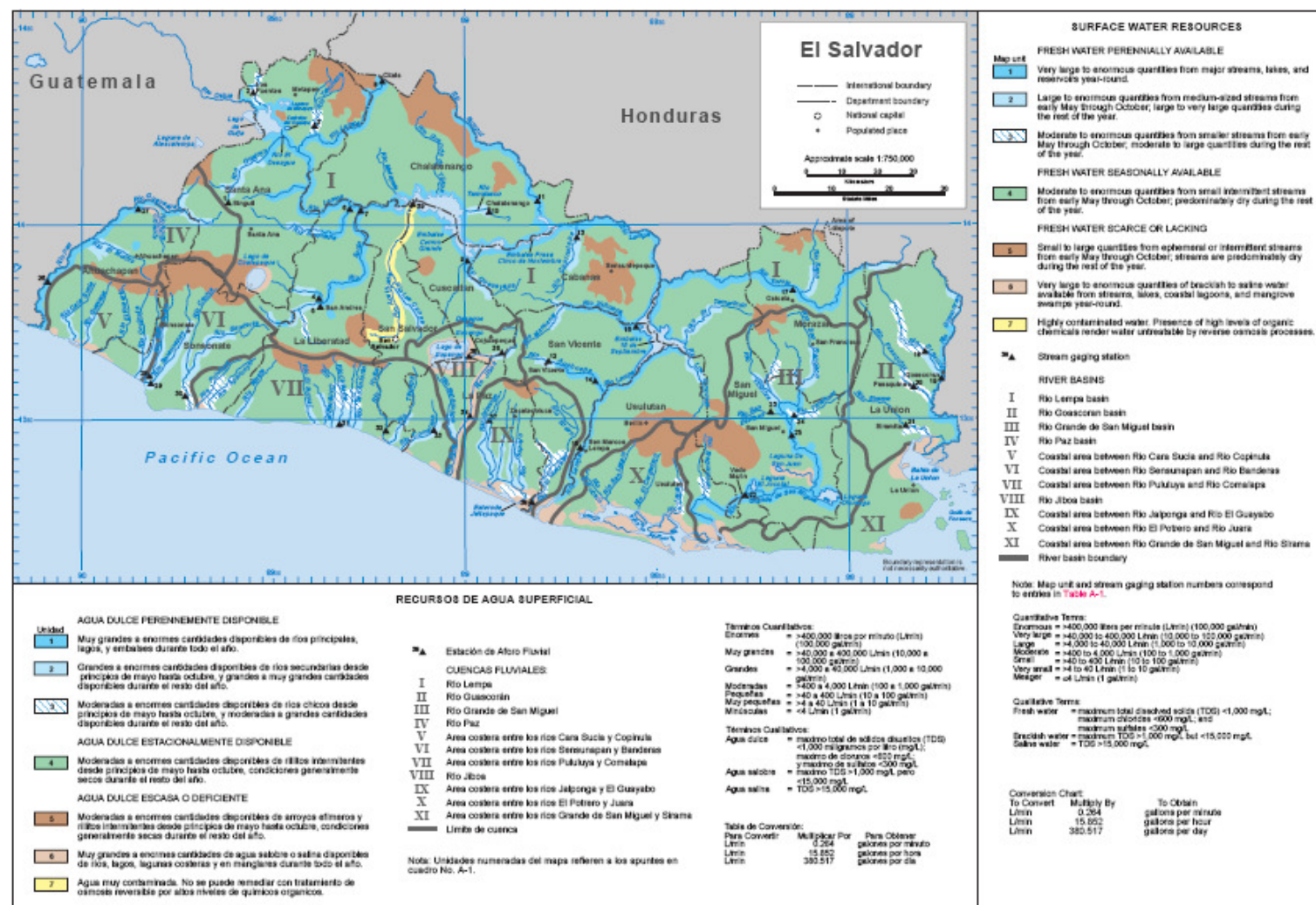


⁵⁷ Gráfica tomada del libro "Fundamentos de control de la calidad del agua"

ANEXO 6. Recursos de agua subterráneos según el estudio realizado por el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos de América.



ANEXO 7. Recursos de agua superficial según el estudio realizado por el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos de América.



ANEXO 8. Explicación matemática y relaciones en el pH

El pH es un término que en soluciones diluidas, se puede aproximar utilizando la concentración molar del ión Hidrógeno $[H^+]$. Por ejemplo, una concentración de $[H^+] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ (0,0000001) es simplemente un pH de 7 ya que: $\text{pH} = -\text{Log} [10^{-7}] = 7$, el cual todos sabemos que es una solución neutra, valores menores a 7 son ácidos y mayores a 7 son básicos.

También se define el pOH, que mide la concentración de iones OH^- . Puesto que el agua está disociada en una pequeña extensión en iones OH^- y H^+ , tenemos que:

$$K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14}$$

En donde: $[H^+]$ es la concentración de iones de hidrógeno,
 $[OH^-]$ es la concentración de iones hidróxido, y
 K_w es una constante conocida como producto iónico del agua.

Dicho lo anterior se puede concluir matemáticamente que los iones $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ como se muestra a continuación:

$$\begin{aligned}\text{Log } K_w &= \text{Log } [H^+] + \text{Log } [OH^-] \\ -14 &= \text{Log } [H^+] + \text{Log } [OH^-] \\ 14 &= -\text{Log } [H^+] - \text{Log } [OH^-] \\ \text{pH} + \text{pOH} &= 14\end{aligned}$$

ANEXO 9. Agua sin tratamiento

El consumo de agua de procesos productivos depende de cada fábrica pero se puede calcular como en el ejemplo de abajo:

$$C1 = (PCH * VSTBL) + (PC * VSTCH)$$

C1	Consumo de agua del segundo efluente de blanqueo
PCH	Peso total de producto blanqueado por día [Ton]
VSTBL	Consumo de agua por tonelada de producto
PC	Peso total del producto que pasa por quemado [Ton]
VSTCH	Consumo de agua del quemado por Ton de producto.

Si una fábrica produce aproximadamente 2000Lb de hilos en 2 turnos diarios, el volumen de agua en el segundo proceso de blanqueo que usa la máquina es de 20,000Lt/Ton, el volumen de agua para enjuague del quemado es 800Lt/Ton y el costo del agua para industria es de \$0.3346/m³.

El consumo diario de agua en el proceso es de 41.6m³ El ahorro anual por 291 días de trabajo sería de \$4,050.53 por 12,105.6 m³ reutilizados por lo que se puede decir que se ahorra 25% del consumo de agua.

ANEXO 10. Agua con tratamiento

El consumo de agua de procesos no productivos depende de cada fábrica pero se puede calcular como en la fórmula de abajo:

$$CB = NT * VDE$$

CB	Consumo de agua en el área de baños
NT	Número total de empleados en turnos de 8 Hr
VDE	Volumen de excusados en uso.

Una fábrica de las estudiadas tiene 48 empleados por turno y 2 turnos diarios, por lo que el volumen de agua que se usa al día según datos de la UNESCO serían 1920Lt por día y el costo del agua para industria es de \$0.3346/m³. El ahorro anual por 291 días de trabajo sería de \$187 por 558.7 m³ reutilizados.

El consumo normal de una fábrica es de mas de 80 m³ En comparación, una persona de ingreso medio en el AMSS con acceso al sistema de acueductos de ANDA con servicio interrumpido, consume 250Lt/día⁵⁸. Lo que en zonas rurales es inmensamente menor. Esto representa en una familia de 4 persona en la zona urbana 1 m³ diario. Estos son valores de referencia aunque el consumo real es menor que esto.

El consumo de la fábrica es mayor que el de 320 personas en la ciudad.

ACTIVIDAD	CONSUMO
En la ducha (cinco minutos)	100 litros
En la descarga del baño	50 litros
En lavado de ropa	30 litros
En lavado de loza	27 litros
En el jardín	18 litros
En lavar y cocinar alimentos	15 litros
Otros usos (como beber o lavarse las manos)	10 litros

⁵⁸ El consumo se puede reducir enormemente con baños rápidos y excusados de presión de bajo consumo.

GLOSARIO

- 1) **Acidulado.** Solución a la cual se le ha agregado algún ácido.
- 2) **Aforo:** Caudal de una corriente de agua
- 3) **Álcali.** Son óxidos, hidróxidos y carbonatos de sensación jabonosa al tacto. Actúan como bases fuertes, son muy solubles en agua y altamente corrosivos como para quemar la piel
- 4) **Alcalinidad.** Capacidad de neutralizar ácidos.
- 5) **Alcalino.** Fluido cuyo pH es mayor que 7, es decir, es básico
- 6) **Algodón:** La fibra es utilizada para hacer telas suaves y permeables. El algodón es un sembrado muy valorado porque solamente el 10% de su peso es perdido en su procesamiento. La celulosa presente, esta ordenada de cierta manera que le da al algodón propiedades únicas de durabilidad, resistencia y absorción. Cada fibra esta compuesta de 20 o 30 capas de celulosa, enrolladas en una serie de resortes naturales. Cuando la cápsula de algodón (cápsula de las semillas) se abre las fibras se secan enredándose unas con otras, ideal para hacer hilo. El algodón ha sido utilizado desde hace mucho tiempo para hacer ropa ligera en regiones de climas tropicales. Algunas personas afirman que los egipcios utilizaron algodón desde al año 1200 A.C., y que se han encontrado evidencia de algodón en cavernas mexicanas con edades de hasta 7000 años. Pero la referencia escrita más vieja proviene de la India.
- 7) **AMSS:** Área Metropolitana de San Salvador.
- 8) **Bacterias heterotróficas:** son aquellos que deben alimentarse con las sustancias orgánicas sintetizadas por otros organismos.

9) **Biodegradabilidad.** Es la característica de algunas sustancias químicas de poder ser utilizadas como sustrato por microorganismos que las emplean para producir energía por respiración celular y crear sustancias como aminoácidos, nuevos tejidos u otros microorganismos. Este proceso se ve interrumpido por vertidos que contengan sustancias como metales, pH extremo u otros contaminantes los cuales afectan el desarrollo de las bacterias aerobias y anaerobias. Algunos ejemplos del tiempo de degradación:

- a. Cáscara de Plátano(Banana): 2 a 10 días
- b. Pañuelos hechos de algodón: 1 a 5 meses
- c. Papel: 2 a 5 meses
- d. Cáscara de Naranja: 6 meses
- e. Cuerda: 3 a 14 meses
- f. Calcetines hechos de Lana: 1 a 5 años
- g. Envases/cartones de leche hechos de Tetra Paks (compuesto plástico): 5 años
- h. Filtros de cigarrillos: 1 a 12 años
- i. Bolsas plásticas: 12 a 20 años
- j. Zapatos de cuero: 25 a 40 años
- k. Líneas de nylon: 30 a 40 años
- l. Vasos de aislante térmico de poliestireno "Styrofoam": 1 a 100 cien años
- m. Anillos plásticos de paquetes de latas de aluminio "6-pack": 450 años

10) **Cargas cinéticas:** Es la energía que posee un cuerpo por encontrarse en movimiento lineal o angular.

11) **Cargas electrostáticas:** Es la energía eléctrica que acumula el líquido al ser bombeados, agitados o filtrados.

- 12) **Coagulación.** Es la desestabilización de las partículas coloidales causadas por la adición de un reactivo químico llamado *coagulante* el cual, neutralizando sus cargas electrostáticas, hace que las partículas tiendan a unirse entre sí.
- 13) **CONACYT.** Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de El Salvador.
- 14) **Concentración molar** La concentración de las soluciones es la cantidad de soluto contenido en una cantidad determinada de solvente o solución expresado en moles. Un mol de partículas son $6,023 \times 10^{23}$ (número de Avogadro) de estas partículas.
- 15) **DBO: Demanda Bioquímica/Biológica de Oxígeno.** representa la cantidad de oxígeno que consumen las bacterias para descomponer materia orgánica disuelta en agua.
- 16) **Detergentes:** son las sustancias que tienen la propiedad química de disolver la suciedad o las impurezas de un objeto sin corroerlo. Es decir, sustancias o productos que limpian químicamente.
- 17) **DQO: Demanda Química de Oxígeno.** Es un parámetro que mide la cantidad de materia en suspensión que se descompone por medios biodegradables y no biodegradables.
- 18) **Efecto Tyndall.** Fenómeno que ayuda por medio de la dispersión de la luz a determinar si una mezcla homogénea es realmente una solución o un sistema de coloidales, como suspensiones o emulsiones. Recibe su nombre por el científico irlandés John Tyndall. Por ejemplo, el efecto Tyndall es notable cuando los faros de un coche se usan en la niebla. La luz con menor longitud de onda se dispersa mejor, por lo que el color de la luz esparcida tiene un tono azulado. La luz que recibe las partículas son desviadas de la trayectoria en que se dirigía y se hacen visibles las partículas. También por este mismo efecto el cielo se percibe azul. La

luz del sol es dispersada por la atmósfera, en mayor medida por la región del espectro electromagnético que corresponde al azul.

- 19) **Enzimas:** Son proteínas que catalizan reacciones químicas. En estas reacciones, las moléculas en el comienzo del proceso son llamadas sustratos, y las enzimas los convierte en diferentes moléculas, los productos. Casi todos los procesos en las células necesitan enzimas para que ocurran en tasas significativas.
- 20) **Floculación.** Es la aglomeración de partículas coloidales desestabilizadas (sin cargas electrostáticas) en microflóculos y después en los flóculos más grandes, también llamados flocs que tienden a depositarse en el fondo de los recipientes contruidos para este fin, denominados sedimentadores.
- 21) **Floculación Iónica:** Consiste en la disociación de las moléculas contaminantes, mediante una radiación electromagnética (iones) que provoca la sustracción de los electrones de enlace de las moléculas ajenas al medio el cual es el agua..
- 22) **Flocs:** Son partículas aglomeradas por efecto de la floculación que tienen capacidad de sedimentarse.
- 23) **Grasas.** Término genérico para varias clases de lípidos, aunque generalmente se refiere a los acilglicéridos, ésteres en los que uno o varios ácidos grasos se unen a una molécula de glicerina. Las grasas están presentes en muchas formas de vida, y tienen funciones tanto estructurales como metabólicas.
- 24) **Índice de filtrabilidad:** es un índice numérico para evaluar el rendimiento de un filtro, siendo muy apropiado para fijar las condiciones óptimas de operación en la filtración directa.
- 25) **Lagunas facultativas.** Las lagunas pueden ser de dos tipos: laguna facultativas primarias que reciben aguas residuales crudas y laguna facultativas secundarias

que reciben aguas sedimentadas de la etapa primaria (usualmente el efluente de una laguna anaerobia). Las lagunas facultativas son diseñadas para remoción de DBO en el tratamiento de aguas residuales con base en una baja carga orgánica superficial que permita el desarrollo de una población algal activa. De esta forma, las algas generan el oxígeno requerido por las bacterias heterotróficas para remover la DBO₅ soluble. Una población saludable de algas le confiere un color verde oscuro a la columna de agua. Las lagunas facultativas pueden tornarse ocasionalmente rojas o rosadas debido a la presencia de bacterias fotosintéticas púrpuras oxidantes del sulfuro. Este cambio en la ecología de las lagunas facultativas ocurren debido a ligeras sobrecargas. De esta forma, el cambio de coloración en lagunas facultativas es un buen indicador cualitativo del funcionamiento del proceso de degradación.

- 26) **Lanolina.** Sustancia aceitosa segregada por las glándulas sebáceas de los animales que producen lana, en especial las ovejas. De composición química similar a la de la cera, se emplea como impermeabilizante y como tratamiento para la piel.
- 27) **Metabolitos:** Es cualquier sustancia producida o utilizada durante el metabolismo (digestión). En el uso de drogas, el término generalmente se refiere al producto final que queda después del metabolismo.
- 28) **Movimiento Browniano.** El movimiento aleatorio de partículas nanoscópicas ($\times 10^{-9}$ m). Se debe a que su superficie es bombardeada incesantemente por las moléculas del fluido sometidas a una agitación térmica. Este bombardeo a escala atómica no es siempre completamente uniforme y sufre variaciones importantes. Así la presión ejercida sobre los lados puede variar ligeramente con el tiempo provocando el movimiento aleatorio observado.
- 29) **Muestra compuesta o integrada:** son dos ó más muestras simples que han sido mezcladas en proporciones conocidas y apropiadas para obtener un resultado

promedio representativo de sus características. Las proporciones se basan en mediciones de tiempo y caudal.

30) **Muestra simple o instantánea:** es aquella tomada en forma inmediata, de tal forma que el tiempo empleado en su extracción sea el transcurrido para obtener el volumen necesario.

31) **Nutrientes:** Sustancias que se encuentran en los alimentos que son indispensables para el buen funcionamiento del organismo y para conservar la salud. El conjunto de alimentos a su vez constituyen la dieta, la cual debe ser variada y completa para llenar las necesidades de todos los nutrientes requeridos por el cuerpo humano.

32) **Ozono** O_3 : El ozono tiene un interesante uso industrial como precursor en la síntesis de algunos compuestos orgánicos, y sobre todo, como desinfectante (depuradoras). Su principal propiedad es que es un fortísimo oxidante. Este O_3 produce la eliminación absoluta de bacterias, virus, hongos, parásitos y olores presentes. La molécula se forma por la unión de una molécula de oxígeno con un átomo O_2 . Los átomos libres, y consecuentemente el ozono, son el resultado de la disociación de las moléculas de oxígeno cuando estas se ven sometidas a una fuerte descarga eléctrica.

33) **Partículas coloidales.** El nombre coloide fue introducido por el físico escocés Thomas Graham en 1861 y proviene de la raíz griega *kolas* que significa *que puede pegarse*. Este nombre hace referencia a una de las principales propiedades de los coloides: su tendencia espontánea a agregar o formar coágulos.

Sus características son:

- Sus partículas pueden ser observadas a simple vista.
- Los filtros que no pueden atravesar son las membranas semipermeables, como el papel celofán y colodión.

- Sus partículas presentan movimiento browniano
- Sus partículas presentan el efecto Tyndall
- Son opalescentes (semitransparentes)

34) **Partículas discretas.** No cambian de tamaño, forma o masa durante la sedimentación.

35) **Partículas floculantes.** Son las que se aglomeran entre sí durante la sedimentación y no mantienen características constantes.

36) **Procesos Húmedos.** Todo proceso que utiliza agua para su operación.

37) RTE: **Residuo Total por Evaporación.** materia restante tras la evaporación de una muestra de agua y su secado a una temperatura determinada de 110°C. El residuo total incluye al "residuo filtrable", que es el que queda retenido en el filtro la muestra, y al "residuo no filtrable", que es el que lo atraviesa. Estos dos términos se corresponden con el de sólidos en suspensión y disueltos, respectivamente.

38) SS: **Sólidos Sedimentables.** Son sólidos de mayor densidad que el agua, se encuentran dispersos debido a fuerzas de arrastre o turbulencias. Cuando estas fuerzas y velocidades cesan y el agua alcanza un estado de reposo, precipitan en el fondo. Suelen eliminarse fácilmente por cualquier método de filtración.

39) SSu: **Sólidos en Suspensión.** Se mantienen en el agua debido a su naturaleza coloidal que viene dada por las pequeñas cargas eléctricas que poseen estas partículas que las hacen tener una cierta afinidad por las moléculas de agua. Este tipo de sólidos como tales son difíciles de eliminar siendo necesaria la adición al agua de agentes coagulantes y floculantes que modifican la carga eléctrica de estas partículas consiguiendo que se agrupen en flóculas de mayor tamaño para

así poder separarlos mediante filtración. Se pueden agrupar agregando ozono al agua

40) **SDi: Sólidos Disueltos.** están relacionados con el grado de mineralización del agua ya que son iones de sales minerales que el agua ha conseguido disolver a su paso. Están relacionados con la conductividad del agua ya que un aumento de estos iones aumenta la capacidad conductiva.

41) **Sustancias Fenólicas.** Compuesto orgánicos con presencia de uno o varios hidróxilos unidos a un anillo aromatizado. Son derivados del fenol, el cual es un alcohol blanco de olor repugnante, dulce y alquitranado.

BIBLIOGRAFÍA

Libros.

- “La ingeniería ambiental. Entre el reto y la oportunidad”
Juan J. Rodríguez.
Editorial Síntesis, 1ra edición.
- “Ingeniería de aguas industriales. Tratamiento, vertido y reutilización”
Metcalf & Eddy, Inc.
Mc. Graw Hill, 3ra edición, año 1995
- “Metodología de la investigación”
Sampieri, Collado & Lucio.
McGraw Hill, 2da edición.
- “Fundamentos y control de la calidad del agua”
Y.H.Y. Tebbut
Limusa, año 2002.

Revistas, Documentos, Periódicos:

- “Reuse of textile effluent treatment plant sludge in building materials”
J. Balasubramanian, P.C. Sabumon, John U. Lazar, R. Ilangovan
El Sevier, 11-Jan-05
- “Evaluación de recursos de agua de la República de El Salvador”
Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América.
Octubre 1998

- “Gestión del agua en El Salvador: Desafíos y oportunidades”
Versión extensa del capítulo ambiental elaborado por PRISMA para el informe sobre desarrollo humano en El Salvador.
Año 2001.
- “Guía práctica de monitoreo de procesos de tratamiento de aguas residuales”.
PROARCA (Programa ambiental regional para Centroamérica)
Mayo 2004.
- “Decreto No. 39. Reglamento de Aguas Residuales”.
Francisco Guillermo Flores.
Junio 2000.
- “Decreto No. 50. Reglamento sobre la calidad de agua, control de vertidos y las zonas de protección”
José Napoleón Duarte.
Octubre 1987
- “Decreto No. 153. Ley de riego y avenamiento”.
Alfredo Félix Cristiani.
Noviembre 1989.
- Decreto No. 233. “Ley del medio ambiente”
Armando Calderón Sol.
Mayo 1998.
- Política Nacional de vivienda.
Elías Antonio Saca
Junio 2005

- “ILO. Enciclopedia de higiene y seguridad ocupacional”
Parmeggiani.
3ra edición 1983

Páginas WEB.

- www.cepis.ops.org.
- www.wikipedia.org.
- www.femica.org
- <http://www.puc.cl>
- www.hidritec.com
- www.wetwebmedia.com
- www.reefcentral.com
- www.sciencedirect.com
- www.elfaro.net
- www.marn.gob.sv
- www.mspas.gob.sv/
- www.mag.gob.sv
- www.elsalvador.com
- www.laprensagrafica.com
- www.conacyt.gob.sv
- <http://www.ce.siu.edu/civil/Rproject/USSt/ast.html>
- <http://cabierta.uchile.cl>
- <http://mico.aaa.com.co:7778/portal>
- www.sica.int
- www.snet.gob.sv
- www.opamss.org.sv/servicios.
- www.mop.gov.sv
- www.bvsde.paho.org
- www.caem.com.ar/
- www.minec.gob.sv
- www.hidrotecnia.net
- www.ecotec-centroamerica.com
- www.epa.gov
- web.worldbank.org/
- <http://www.hec.usace.army.mil>
- www.agualatinoamerica.com
- www.usfilters.com
- www.worldreference.com
- www.ilo.org

