



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA REMODELACIÓN DE LA PLANTA
DE TRATAMIENTO DE AGUA, PURIFICACIÓN DE AIRE Y GESTIÓN DE
LOS DESECHOS SÓLIDOS EN UNA EMPRESA DE TEXTILES**

Celso Orlando Gordillo Santos

Asesorado por el Ing. José Manuel Prado Abularach

Guatemala, octubre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA REMODELACIÓN DE LA PLANTA
DE TRATAMIENTO DE AGUA, PURIFICACIÓN DE AIRE Y GESTIÓN DE
LOS DESECHOS SÓLIDOS EN UNA EMPRESA DE TEXTILES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CELSO ORLANDO GORDILLO SANTOS

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ MANUEL PRADO ABULARACH

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Leonel Francisco González
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA REMODELACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA, PURIFICACIÓN DE AIRE Y GESTIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN UNA EMPRESA DE TEXTILES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 27 de mayo de 2010.


Celso Orlando Gordillo Santos

Guatemala, 23 de mayo de 2011

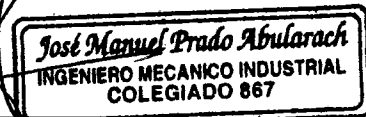
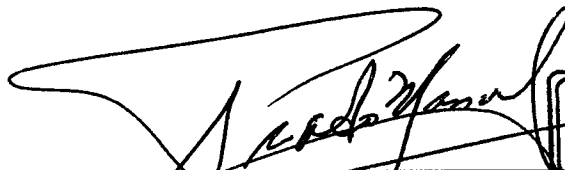
Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**
Presente

Estimado Ingeniero Urquizú:

Por medio de la presente estoy dando mi aprobación al trabajo de graduación presentado por el estudiante **CELSO ORLANDO GORDILLO SANTOS**, titulado “**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA REMODELACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA, PURIFICACIÓN DE AIRE Y GESTIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN UNA EMPRESA DE TEXTILES**”, previo a sustentar su Examen Público en la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial.

Al respecto me permito informarle, que el trabajo de graduación desarrollado por el estudiante Gordillo Santos, fue desarrollado cumpliendo con los requisitos reglamentarios, así como sometido por el suscrito a las revisiones necesarios; por lo que considero que el mismo está apto para su trámite final en esa unidad académica.

Agradeciendo su atención me suscribo de Ud. Atentamente,



Ing. José Manuel Prado Abularach
Colegiado No. 867
ASESOR



REF.REV.EMI.147.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA REMODELACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA, PURIFICACIÓN DE AIRE Y GESTIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN UNA EMPRESA DE TEXTILES**, presentado por el estudiante universitario **Celso Orlando Gordillo Santos**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Edwin Josué Ixpatá Reyes
Ing. Mecánico Industrial
Colegiado No. 7128

Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2011.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA REMODELACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA, PURIFICACIÓN DE AIRE Y GESTIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN UNA EMPRESA TEXTILES**, presentado por el estudiante universitario **Celso Orlando Gordillo Santos**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2011.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA REMODELACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA, PURIFICACIÓN DE AIRE Y GESTIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN UNA EMPRESA DE TEXTILES**, presentado por el estudiante universitario **Celso Orlando Gordillo Santos**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, octubre de 2011.

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por permitirme llegar a esta etapa de mi vida y culminar.
- Mis padres** Elsa Marina Santos de Gordillo y Celso Orlando Gordillo Domínguez, por haberme dado su amor y apoyo incondicional en todos los aspectos de mi vida.
- Mi abuela** Isabel Domínguez por darme apoyo y consejo oportuno en todo momento
- Mi familia** Jim Rosales, María Isabel Gordillo, Sebastián Contreras, Waleska Contreras, Mónica Contreras, Daniel Contreras, Liliana Gordillo y Edgar Contreras; por su ayuda, cariño, comprensión y apoyo.
- Mis amigos y compañeros** Victor Calderón, Juan Pedro Estrada, Rodolfo Aldana, Diego de León, América Maldonado, Juan Luis Roldán, Jean Pierre Betancourth, Marlon del Cid, Julio Mazariegos; por su amistad, vivencias y apoyo durante todo este recorrido.
- Mi mejor amiga y compañera** Kcrysta Rossal, por haberme dado tu apoyo incondicional, amor y consejo durante esta etapa de mi vida.

A ustedes

Que siempre me demostraron su amistad, y que de alguna manera colaboraron en mi formación personal y profesional.

AGRADECIMIENTOS A:

- Ing. José Manuel Prado Abularach** Por su consejo y asesoría en todo momento para finalizar esta investigación.
- Ing. Edwin Ixpatá** Por su gran apoyo, aún en esos momentos adversos y difíciles.
- Licda. Diana Salguero** Por su apoyo en el último tramo de la investigación.
- Ing. David Franco** Por la asesoría técnica y facilidades para la investigación.
- Ricardo Estrada** Por la asesoría técnica y facilidades para la investigación.
- Héctor Hernández** Por brindarme la oportunidad de crecer laboral y técnicamente.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. ESTUDIO DE MERCADO	1
1.1. Corporación verticalizada	2
1.1.1. Estructura	2
1.1.2. Fases de producción	3
1.1.2.1. Características.....	6
1.2. Del Atlántico.....	12
1.2.1. Características de productos	12
1.2.2. Demanda actual	13
1.2.3. Oferta actual	14
1.2.4. Demanda proyectada	15
1.2.5. Oferta proyectada.....	16
2. ESTUDIO TÉCNICO	17
2.1. Departamento de teñido	17
2.1.1. Máquinas y procesos.....	17
2.1.1.1. Químicos para producción	19
2.1.1.2. Características del agua para producción.....	23
2.1.1.3. Caudal de alimentación	24

2.1.1.4.	Caudal de desagüe en la planta de tratamiento de agua residual	24
2.1.2.	Estudio de contaminantes	25
2.1.2.1.	Desagüe previo a planta de tratamiento de agua residual	27
2.1.2.2.	Desagüe después del tratamiento de agua residual	27
2.1.3.	Análisis estudios de agua residual	28
2.1.3.1.	Planta de tratamiento de agua residual	28
2.1.3.1.1.	Comparaciones de los afluentes de agua	29
2.1.3.2.	Acuerdo Gubernativo No. 236-2006: reglamento descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de los lodos	31
2.1.4.	Planta de tratamiento de agua residual.....	35
2.1.4.1.	Etapas de planta de tratamiento de agua residual	36
2.1.4.2.	Evaluación de planta de tratamiento actual	52
2.1.4.3.	Mejoras de dispositivos	61
2.1.4.4.	Extensión de planta de tratamiento: tratamiento terciario	83
2.1.4.4.1.	Maquinaria	87
2.1.4.4.2.	Comparaciones	88
2.1.4.4.3.	Instalación	89
2.2.	Área de felpado y área de compactado	90
2.2.1.	Proceso de acabado	90
2.2.1.1.	Área de afelpado	90
2.2.1.2.	Área de compactado	90
2.2.2.	Evaluación de riesgos de salud.....	91

2.2.2.1.	Estudio de concentración de polvos en el aire.....	94
2.2.2.2.	Índices óptimos de concentración de polvo en el aire	96
2.2.2.3.	Enfermedades profesionales	98
2.2.2.4.	Equipo de seguridad	99
2.2.3.	Renovación de aire.....	100
2.2.3.1.	Diagnóstico de máquinas de extracción y renovación de aire	106
2.2.4.	Mejoramiento e implementación de sistema de extracción y renovación de aire	108
2.3.	Control de calidad	114
2.3.1.	Procedimiento.....	114
2.3.2.	Volumen de sólidos de desecho	115
2.3.2.1.	Características de sólidos.....	117
2.3.3.	Gestión actual de desechos sólidos	118
2.3.4.	Mejoramiento de la gestión de desechos sólidos	121
3.	ESTUDIO ECONÓMICO.....	125
3.1.	Costos actuales	125
3.1.1.	Planta de tratamiento de agua residual	125
3.1.2.	Renovación de aire en el área de afelpado	126
3.1.3.	Gestión de desechos sólidos.....	126
3.2.	Costos de instalación de mejoras	127
3.2.1.	Planta de tratamiento de agua residual	127
3.2.2.	Renovación de aire en el área de afelpado	129
3.2.3.	Gestión de desechos sólidos.....	129
3.3.	Cálculo de amortización.....	130
3.4.	Costos de operación y mantenimiento.....	131

3.5.	Análisis de inflación	134
3.6.	Vida útil del proyecto	136
3.7.	Análisis de la inversión	136
3.7.1.	Inversiones fijas	136
3.7.2.	Inversiones diferidas	137
3.8.	Capital de trabajo	138
3.9.	Valor de rescate del proyecto	140
3.10.	Financiamiento	140
4.	ESTUDIO FINANCIERO	143
4.1.	Relación beneficio costo	143
4.1.1.	Planta de tratamiento de agua	143
4.1.2.	Renovación de aire en el área de afelpado y compactado	146
4.1.3.	Gestión de desechos sólidos	147
4.2.	Tasa interna de retorno (TIR)	148
4.2.1.	Planta de tratamiento de agua	148
4.2.2.	Renovación de aire en el área de afelpado y compactado	148
4.2.3.	Gestión de desechos sólidos	149
4.3.	Valor presente neto (VPN)	149
4.3.1.	Planta de tratamiento de agua	149
4.3.2.	Renovación de aire en el área de afelpado y compactado	149
4.3.3.	Gestión de desechos sólidos	149
4.4.	Comparación VPN y TIR	150
4.5.	Comparación TIR y relación beneficio costo	151
4.6.	Análisis de sensibilidad	152

5.	ESTUDIO ADMINISTRATIVO	157
5.1.	Estructura Organizacional.....	157
5.1.1.	Misión	157
5.1.2.	Visión.....	157
5.1.3.	Valores	158
5.1.4.	Organigrama.....	158
5.2.	Responsabilidad Social Empresarial.....	160
5.2.1.	Gestión Social	160
5.2.2.	Salud y seguridad.....	161
5.2.3.	Responsabilidad ambiental.....	163
5.3.	Grupos implicados	164
6.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	167
6.1.	Parámetros físico-químicos del agua residual	167
6.2.	Inventario ambiental.....	167
6.3.	Parámetros socioeconómicos.....	168
6.4.	Estudio cultural de alrededores de la planta	170
6.5.	Evaluación de estudios de agua residual según Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	170
6.6.	Evaluación análisis de aire en área de afelpado y compactado ...	171
6.7.	Desechos sólidos.....	171
	CONCLUSIONES	173
	RECOMENDACIONES.....	175
	BIBLIOGRAFÍA	177
	ANEXOS.....	181

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Estructura empresarial de Corporación Textilera.....	2
2.	Máquina de tejido de punto.....	6
3.	Máquina de teñido jet.....	7
4.	Máquina de suavizado.....	8
5.	Máquina de secado.....	9
6.	Máquinas de compactado.....	10
7.	Máquina de afelpado.....	11
8.	Esquema planta de tratamiento instalada.....	52
9.	Esquema extensión tanque de ecuación.....	80
10.	Distribución de difusores actuales en tanque de tratamiento biológico.....	81
11.	Dimensiones de difusores de tubo de membrana.....	82
12.	Distribución difusores tubo de membrana en tanque de tratamiento biológico.....	82
13.	Reestructuración de remodelación de planta de tratamiento.....	83
14.	Puntos de control de temperatura y volumen de contaminantes en área de acabados y área de afelpado.....	92
15.	Análisis y comparación de contaminación de aire en área de acabado y de afelpado.....	95
16.	Pérdidas de presión en conexión de ductos.....	104
17.	Máquinas colectores de polvo.....	105
18.	Plano de instalación de ductos.....	112
19.	Organigrama de institución.....	159

TABLAS

I.	Ejemplos de tejido de punto.....	4
II.	Peso del producto terminado en libras en los últimos 24 meses.....	14
III.	Pronósticos de ventas para próximos 4 años.....	15
IV.	Químicos usados en el proceso de descruce.....	20
V.	Químicos usados en el proceso de teñido.....	21
VI.	Químicos usados en el proceso de enjabonado.....	22
VII.	Químicos usados en el proceso de suavizado.....	22
VIII.	Características de agua de producción.....	23
IX.	Resumen volumen de agua utilizado en área de teñido.....	24
X.	Registros de caudal de salida planta de tratamiento.....	25
XI.	Resultados evaluación de caudal entrada de planta de tratamiento.....	27
XII.	Resultados evaluación caudal de salida de planta de tratamiento.....	28
XIII.	Valores de afluente contaminado, según lo establecido en manual planta de tratamiento.....	28
XIV.	Tabla comparativa de parámetros de contaminación.....	29
XV.	Grado de biodegradabilidad de agua residual.....	30
XVI.	Cálculo de biodegradabilidad en agua residual de planta de tratamiento actual.....	31
XVII.	Tecnologías utilizadas para la eliminación de color en aguas residuales.....	39
XVIII.	Estudio de pH en planta de tratamiento.....	57
XIX.	Estudio temperaturas en planta de tratamiento.....	58
XX.	Parámetros de trabajo de bacteria.....	60

XXI.	Parámetros de control.....	62
XXII.	Estudio temperaturas de bulbo húmedo y bulbo seco en planta de tratamiento.....	67
XXIII.	Determinación de densidad de afluente contaminado.....	68
XXIV.	Cuadro resumen parámetros de evaluación para torre de enfriamiento.....	69
XXV.	Área de torre de enfriamiento según velocidad de ventilador...	71
XXVI.	Altura de torre de enfriamiento.....	72
XXVII.	Cálculos de disipación de calor de torre de enfriamiento.....	73
XXVIII.	Fórmulas para cálculos de pH.....	76
XXIX.	Valores cálculo caudal de CO ₂	77
XXX.	Análisis de dimensiones para extensión de torre de enfriamiento.....	79
XXXI.	Temperaturas máquinas en área de acabados y área de afelpado.....	91
XXXII.	Cálculo índice de inconformidad en área de acabados.....	93
XXXIII.	Estudio de contaminación de aire.....	94
XXXIV.	Índices de contaminación en aire.....	96
XXXV.	Peso total de estudios de contaminantes en aire.....	97
XXXVI.	Distribución de mascarillas en área de acabados y de afelpado.....	100
XXXVII.	Cálculo de pérdidas de presión en sistema de ventilación.....	110
XXXVIII.	Plan de mantenimiento sistema de ventilación.....	111
XXXIX.	Toma de pesajes de muestras de calidad.....	116
XL.	Formas de reciclaje de residuos de tela.....	117
XLI.	Resumen mensual de costos: planta de tratamiento.....	125
XLII.	Resumen mensual de costos: renovación de aire.....	126
XLIII.	Resumen mensual de gestión de desechos sólidos.....	127

XLIV.	Resumen costos de instalación de mejoras: planta de tratamiento.....	127
XLV.	Resumen costos de instalación de mejoras: renovación de aire..	129
XLVI.	Costos de operación y mantenimiento anual: planta de tratamiento.....	132
XLVII.	Costos de operación y mantenimiento anual: renovación de aire	133
XLVIII.	Costos de operación y mantenimiento anual: gestión de desechos sólidos.....	134
XLIX.	Ritmo inflacionario 2008-2010.....	135
L.	Resumen inversiones fijas de proyectos.....	136
LI.	Resumen inversiones diferidas.....	137
LII.	Formas de crédito bancario.....	141
LIII.	Proyección de costos: planta de tratamiento.....	144
LIV.	Anualidades de costos: planta de tratamiento.....	145
LV.	Análisis costos: renovación de aire.....	146
LVI.	Anualidades de costos: renovación de aire.....	146
LVII.	Análisis costos: gestión de desechos sólidos.....	147
LVIII.	Anualidades de costos: gestión de desechos sólidos.....	147

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
S	Azufre
hp	Caballo de fuerza
Ca	Calcio
q'	Calor disipado/Volumen específico de aire de entrada
C	Carbono
Q	Caudal
CO₂	Dióxido de carbono
h1	Entalpía de aire de entrada
h2	Entalpía de aire de salida
P	Fósforo
gpm	Galones por minuto

°	Grado decimal
°C	Grados celsius
Fe	Hierro
H	Humedad agregada
Kg	Kilogramo
KW	Kilowatt
lbs.	Libras
psi	Libras por pulgada cuadrada
mg	Magnesio
m³/h	Metros cúbicos por hora
CFM	Metros cúbicos por minuto
μg/m³	Microgramo/metro cúbico
mg/L	Miligramo por litro
mm	Milímetro

N	Nitrógeno
PO₄⁻³	Ortofosfato
ppm	Partes por millón
%	Porcentaje
pH	Potencial de hidrógeno
Na	Sodio
Tw	Temperatura de bulbo húmedo
Td	Temperatura de bulbo seco
V	Volumen específico de aire de entrada

GLOSARIO

Acercamiento	Diferencia que hay entre la temperatura de agua fría y la de bulbo húmedo.
Afluyente	Agua captada por un ente generador.
Aguas residuales	Las aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas.
Bar	Unidad de presión. Una atmósfera de presión equivale a 1,01325 bar.
<i>Batch</i>	Denominación a una cantidad de materia que será transformada en distintas operaciones para tener un producto terminado.
Bisinosis	Es una enfermedad de los pulmones causada por la inhalación del polvo del algodón o polvos de otras fibras vegetales como el lino, el cáñamo o el fique al trabajar con ellas.
Bujes	Cilindros de cartón donde los <i>batches</i> de tela se enrollan para entregarlos a los clientes. Solamente para tela abierta.

Calor latente	Calor asociado con la evaporación de humedad del cuerpo u otras fuentes de vapor de agua.
Calor sensible	Calor transmitido al aire por otras fuentes productoras de calor.
Carta psicométrica	Representación gráfica de las propiedades termodinámicas del aire.
Color en agua	Contaminante que impide que los ciclos biológicos de las mismas continúe, debido al impedimento de la absorción de la luz sobre el agua.
Compost	Producto que se obtiene del compostaje, y constituye un grado medio de descomposición de la materia orgánica, que ya es en sí un buen abono
DAI	Derechos arancelarios de importación.
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)	Medida del contenido de sustancias degradables y presentes en el agua residual.
Demanda química de oxígeno (DQO)	Indica la cantidad de contaminantes presentes en el agua que pueden oxidarse mediante un oxidante químico.
Deshechos	Residuos, desperdicios o sobrantes de materia prima que se ha empleado para la producción de un bien exportado que resulta inutilizable en esta operación.

Empaquetado de torre de enfriamiento	Serie de obstrucciones que se encuentran dentro de la torre que obliga al agua y al aire a permanecer un mayor tiempo en contacto, se le conoce también con el nombre de relleno.
Entes generadores de agua contaminada	Persona individual o jurídica, pública o privada responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, y cuyo efluente final se descarga a un cuerpo receptor.
Espectrofotómetro	Aparato para medir cuantitativamente el color.
<i>Fleece</i>	Tipo de acabado que se realiza a tela abierta donde la malla se raspa con agujas para tener un tacto de pelillo.
Intervalo de temperatura	Diferencia que hay entre la temperatura de agua caliente y la temperatura de agua fría.
ISR	Impuesto sobre la renta.
IVA	Impuesto al valor agregado.
Maquila	Es el valor agregado nacional generado a través del servicio de trabajo y otros recursos que se percibe en la producción y/o ensamble de mercancías.

Nave Industrial	Cada uno de los espacios que entre muros o paredes se extienden a lo largo de un edificio, donde se realizan procesos industriales importantes.
Parámetro de estudio de agua	Variable que identifica una característica de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos, asignándole un valor numérico.
Presión estática	Es la diferencia entre la presión total del ventilador y la presión de la velocidad del ventilador. Es una medida de la energía potencial por unidad de volumen de aire.
Stakeholders	Son grupos quienes pueden afectar o son afectados por las actividades de una empresa.
Subproducto	Producto útil que se obtiene en la fabricación de otro principal.
Sueded	Tipo de acabado que se realiza a tela abierta donde la malla es raspada para obtener un tacto más suave.
Temperatura de bulbo húmedo	Es la indicada por un psicrómetro, también se le conoce como la temperatura de saturación adiabática.
Temperatura de bulbo seco	Es la temperatura del medio ambiente que se lee con un termómetro ordinario

RESUMEN

Durante el desarrollo de los procesos de producción que se llevan a cabo para la elaboración de telas en una empresa textil, se producen diversos tipos de contaminantes que afectan de manera directa y/o indirectamente a las personas que laboran o se encuentran aledañas a la empresa y al medio ambiente. En el presente trabajo de investigación se presentan tipos de contaminación de esta naturaleza, al igual que acciones para disminuir, o bien mitigar, el volumen y el impacto de los mismos.

Entre los puntos desarrollados se encuentran: la evaluación de las características de funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales, analizando las distintas etapas que tiene para la disminución de contaminantes que se desechan en el desagüe y recursos hídricos por el desarrollo de tintes en telas, mediante pruebas realizadas al agua residual y comparándolas con los parámetros y valores que deben cumplir los agentes generadores que desechan sus aguas residuales en el alcantarillado público establecidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

A la vez, se analizan los riesgos y formas de mitigar enfermedades ocupacionales en un ambiente laboral contaminado por la existencia de mota y altas temperaturas en el área de acabados, así mismo se indican pasos para disminuir riesgos de incendios.

También, se analiza la reutilización y reciclaje de subproductos y desechos de producción en las empresas que laboran en el país regidos por el Decreto 29-89.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un estudio de factibilidad para disminuir volúmenes de contaminación en el caudal de desagüe de la planta de tratamiento de agua, del sistema de purificación de aire y gestión de desechos sólidos dentro de la empresa Del Atlántico.

Específicos

1. Establecer según las proyecciones de ventas de la empresa si es viable a largo plazo impulsar acciones para disminuir índices de contaminación en la planta de tratamiento de agua, sistema de purificación de aire y gestión de desechos sólidos.
2. Determinar a través del estudio técnico, mejoras y rediseño en la planta de tratamiento de agua actualmente en uso; en el sistema de renovación de aire en el área de compactado y afelpado; y en la gestión de desechos sólidos actual.
3. Fijar los costos de operación, el monto de la inversión y el financiamiento para desarrollar las mejoras establecidas en el estudio técnico.
4. Analizar según indicadores económicos la viabilidad de realizar la inversión para desarrollar los pasos establecidos en el estudio técnico.

5. Indagar en la estructura organizacional de la empresa para evaluar la responsabilidad social y ambiental para llevar a cabo las acciones encaminadas para disminuir contaminantes, dentro de los procesos de la empresa.
6. Evaluar el impacto que la empresa ejerce en sus alrededores debido a los procesos y desechos durante la realización de la tela.
7. Establecer acciones para desarrollar, de manera apropiada, el uso y desenvolvimiento de las mejoras de la planta de tratamiento de agua, sistema de renovación de aire y gestión de desechos sólidos.

INTRODUCCIÓN

Este estudio de campo tiene como tema central la protección del medio ambiente por la contaminación causada por una empresa textil, así como la disminución del impacto contaminante que ésta puede tener respecto a su entorno, sus habitantes y todos los que trabajan dentro de la empresa, quienes están en contacto directo con el proceso de teñido, lavado, suavizado, compactado y afelpado.

Durante el procesamiento de teñido de de telas se utiliza una gran cantidad de agua, la cual se mezcla con distintos químicos para obtener las características deseadas de color. Esto genera que el caudal de desagüe presenta agentes químicos, tales como hidróxido de sodio (soda cáustica), peróxidos, cloruro de sodio, entre otros, los cuales son vertidos finalmente al río Villalobos.

Otro de los procesos realizados dentro de la empresa, es la de afelpado y *sueded*; el primero consiste en desgarrar la tela levemente en la superficie (algodón en su mayoría), para tener una textura de pelillo; y el segundo, se raspa levemente una de las caras de la tela para tener una textura suave y desgaste. También se encuentran los procesos de secado y compactado, que ayudan a determinar los valores de ancho, peso, y torque de la tela.

Estos procesos producen un alto volumen de residuos que contaminan el aire, creando un ambiente laboral que perjudica la respiración de los operarios y demás personas que trabajan en esta empresa, situación que puede causar daños permanentes en sus pulmones, tales como: fibrosis pulmonar o bronquitis.

El departamento de calidad realiza muestreos en diferentes etapas del proceso para determinar que las características de la tela sean las adecuadas según lo requerido por los clientes. Los cortes de tela para realizar el muestreo generan un volumen de retazos considerable. Éstos se envían a los clientes, aún cuando ellos no lo soliciten, debido a lo establecido en el Decreto 29-89 acerca de la reutilización de subproductos y desechos de producción dentro del territorio nacional.

El propósito de este trabajo de graduación, es establecer 3 estudios:

- Mejora de la planta de tratamiento de aguas y la implementación de nueva maquinaria para que disminuya la contaminación del afluente de desagüe y una posible reutilización de una proporción de la misma, disminuyendo así, gastos de adquisición de agua.
- Purificación del aire de las instalaciones en donde se realizan procesos de acabados de la tela y problemas existentes en el área de compactado, para disminuir los riesgos de salud de los operarios y todo personal de la empresa.
- Establecer una gestión óptima de control de los residuos de tela.

Este trabajo será de mucha utilidad al estudiante universitario o profesional que desee conocer acerca de los pasos para disminuir contaminantes químicos y biológicos en afluentes de desagüe, mejorar la ventilación de instalaciones con concentración de agentes perjudiciales en el aire, y el manejo de desechos sólidos (retazos de tela) dentro de la industria de acabados textiles.

1. ESTUDIO DE MERCADO

Según cifras del Banco de Guatemala, diciembre 2010, Guatemala había exportado —por concepto de prendas de vestir y telas fabricadas en el país— US\$1 mil 284 millones. La comisión de la industria de vestuario y textiles (Vestex), indican, a enero 2011, que en el país operan 154 fábricas, que generan 50 mil plazas; 39 textileras, con 18 mil empleos, y 273 empresas, que brindan 15 mil puestos de trabajo; además de varias empresas que no forman parte de esta institución, productoras de prendas de vestir.

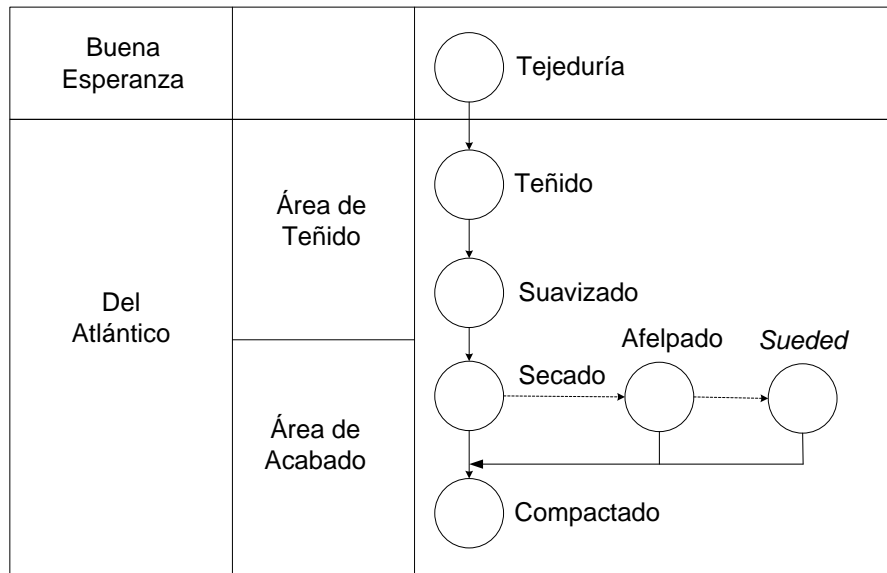
Corporación Textilera (nombre ficticio) es una asociación de empresas dedicada a la realización de telas de calidad a nivel mundial. La corporación utiliza un nivel de estructura verticalizada que consiste en la integración de operaciones entre dos empresas, cada una encargada de realizar procesos puntuales para la elaboración de tela. Esta es una estrategia para proporcionar paquetes completos de producción, basada en brindar un producto de calidad con un óptimo servicio al cliente. Anualmente representa una exportación de 9 300 000 libras de tela.

El tipo de tela que produce es de tejido de punto, también llamado tejido de malla, el cual es utilizado para la elaboración de playeras, camisetas, suéteres, pants, calcetines y ropa interior.

1.1. Corporación verticalizada

Corporación Textilera se encuentra constituida por dos empresas: Buena Esperanza y Del Atlántico (nombres ficticios). De acuerdo a lo mostrado en la figura 1, cada una de las empresas realiza los siguientes procesos:

Figura 1. Estructura empresarial de Corporación Textilera



Fuente: elaboración propia.

1.1.1. Estructura

Al igual que en el proceso de transformación del hilo hasta la obtención de la tela, Buena Esperanza es la primera etapa dentro de la corporación. La tela elaborada es, en su mayoría, de algodón. Esta empresa le suministra la tela a Del Atlántico, por lo que esta última depende íntegramente de su producción.

Del Atlántico es la encargada de realizar los procesos para proporcionar y obtener las características de peso, encogimiento, color y textura solicitado por los clientes. Sí por un imprevisto (falta de hilo, desperfectos mecánicos, hilo de mala calidad, entre otras), la elaboración de la tela en Buena Esperanza se ve detenida, Del Atlántico es suministrada por otras que fabrican tela de tejido de punto.

En promedio, Corporación Textil procesa 800 000 libras mensuales, dando oportunidad de empleo a más de 200 personas que actualmente laboran dentro de la empresa.

1.1.2. Fases de producción

- Buena Esperanza
 - o Tejeduría: es el proceso en que el hilo de algodón pasa por máquinas circulares para la elaboración de tela de tejido de punto. La tela obtenida es pesada y catalogada por su peso y el ancho. El tejido de punto se divide en 2 variables:
 - * Tejido de punto por trama: es cuando la dirección general de todos o de la mayor parte de los hilos que forman sus mallas, es horizontal, formando líneas en el tejido.
 - * Tejido de punto por urdimbre: es cuando la dirección general que siguen todos y la mayor parte de los hilos que forman las mallas es vertical. Para ello se insertan mallas de trama en la máquina y así los hilos se entrecruzan en malas para formar la tela.

En la tabla I se muestran algunos tipos de tejidos de punto que se realizan en esta etapa.

Tabla I. **Ejemplos de tejido de punto**

Tejido	Descripción
Jersey	Tejido clásico y más sencillo. La principal característica de esta estructura es que el derecho y el revés de la tela son fácilmente reconocibles. Si se rompe una puntada, el tejido se corre fácilmente.
Ribb	En esta estructura tanto la superficie del derecho y el revés están tejidas en una sola fontura. La puntada delantera y el punto revés de punto liso tienen una disposición en cada vuelta, permitiendo al tejido buena elasticidad transversal. La tela no se curva y se estira a lo ancho, por lo que es utilizado para la elaboración de cuellos.
Interlok	Posee la misma apariencia en ambas caras. Se realiza en máquinas de doble fontura. Su característica principal es que las mallas están compensadas desde la estructura, por lo que resulta más estable y firme que el tejido jersey y posee menor elongación del mismo.

Fuente: elaboración propia.

- Del Atlántico
 - o Área de teñido
 - * Teñido: se mezclan químicos dentro de máquinas para lograr obtener los colores y tonalidades deseadas. Puede llegar a tardar de 8 a 12 horas, dependiendo del color.
 - * Suavizado: proceso siguiente al del teñido. La tela adquiere características de mejora al tacto, resistencia de la fibra y facilita el cosido en la confección de prendas.
 - o Área de acabados
 - * Secado: consiste en reducir el volumen de agua en la tela y el nivel de humedad en la fibra para poder procesarla en las máquinas de compactado.
 - * Compactado: es un tipo de acabado, en este punto se obtiene el ancho y peso final de la tela, alcanzando las dimensiones requeridas por los clientes y el diámetro de las máquinas de tejeduría. También se disminuye la torsión que posee la tela, resultante del teñido.
 - * Afelpado: se rasga la superficie de la tela para romper la malla posterior de la tela, obteniendo un tacto de pelillo suave.
 - * *Sueded*: se desgasta la tela para darle una mejora leve de tacto, proporcionándole un efecto de desgastado (piel de melocotón).

1.1.2.1. Características

- Tejeduría

El tejido de punto se realiza en máquinas circulares, con distintos diámetros para elaborar la tela, de acuerdo al ancho, peso y tipo de tejido deseado por el cliente. La tela producida en esta etapa es de tipo tubular. En la figura 2 se muestra el esquema de una máquina de tejido de punto de marca Vanguard Supreme que se encarga de realizar tejido jersey dentro de la Buena Esperanza.

Figura 2. **Máquina de tejido de punto**



Fuente: manual Single Knit V-Frame. Vanguard Supreme. p. 1.

- Teñido

Se realiza en máquinas de teñido de tecnología jet, donde se mezclan una serie de químicos para conseguir que los colorantes se impregnen y se mezclen dentro de la fibra de celulosa del algodón, obteniendo el color y la tonalidad requerida por los clientes.

Durante el proceso de teñido se produce un estiramiento que posteriormente afecta el encogimiento de la tela al momento de ser lavada. En los procesos siguientes se trata de disminuir el estiramiento. En la figura 3 se muestra una máquina de teñido jet con capacidad de proceso de 5 líneas.

Figura 3. **Máquina de teñido jet**



Fuente: área de teñido.

- Suavizado

Se realiza después de dos horas de terminado el proceso de teñido, tiempo suficiente para disminuir la cantidad de agua en la fibra. La tela se introduce en 2 baños en cubas separadas: el primero contiene agua para lubricar levemente la tela; y el segundo, contiene el suavizante, si es necesario, se mezcla con ácido acético para mejorar el rendimiento del mismo.

De acuerdo a las características solicitadas por el cliente, la tela es procesada en máquinas que cortan la unión de la fibra, previo al suavizado, para lograr anchos amplios. Esta tela recibe el nombre de abierta.

En la figura 4 se presenta una máquina de suavizado para tela abierta.

Figura 4. **Máquina de suavizado**



Fuente: área de teñido.

- Secado

Las máquinas de secado funcionan con gas propano y con extractores que distribuyen, de manera uniforme, el aire caliente, logrando un secado homogéneo a una temperatura constante en cada punto. El objetivo de secar la tela es el de relajar la fibra para obtener las dimensiones de ancho y peso que se establecieron en el área de tejeduría. En el proceso de teñido las máquinas utilizadas estiran la tela, modificando sus características de largo y ancho.

Posteriormente, cada vez que la tela se moje y se seque, la fibra retomará sus características iniciales. Por esta razón, se debe alcanzar el mayor encogimiento posible para evitar que la tela confeccionada como ropa, se encoja después de varias lavadas, disminuyendo la calidad del producto. En la figura 5 se observa una máquina de secado de 3 campos, que funciona a base de gas propano.

Figura 5. **Máquina de secado**



Fuente: área de acabados.

- Compactado

En este punto se logra conferir el encogimiento, el ancho, dureza, solidez y peso solicitado por el cliente. Hay 2 tipos de máquinas para este proceso:

- o Para tela abierta: las máquinas están constituidas por una rameta, con cadenas instaladas en paralelo provistas con agujas que enganchan las orillas de la tela para estirla y que alcance el ancho establecido en el proceso de tejeduría. La tela, inmediatamente, pasa por 2 fieltros que comprimen la tela y fijan las características de peso, encogimiento, y torsión. La tela compactada se enrolla en bujes, lista para su pesaje y empaque.
- o Para tela tubular: las máquinas poseen 2 guías que regulan el ancho para luego pasar por los fieltros y, por último, ser plegada para su empaque final. En la figura 6 se muestran los 2 tipos de compactadoras que utilizan para telas diferentes: a) Tela abierta, y b) Tela Tubular.

Figura 6. **Máquinas de compactado**



Fuente: área de acabados.

- *Fleece y sueded*

Estos procesos se realizan exclusivamente para tela abierta. La diferencia entre ambos acabados es el tipo de maquinaria utilizada. Las afelpadoras tienen 2 cilindros con guarniciones que poseen agujas cortas con gran resistencia que desgarran la malla para constituir el pelo y contrapelo, los cuales forman un pelillo que mejora el tacto de la tela, según se muestra en la figura 7.

La máquina de *sueded* tiene 6 cilindros cubiertos de cerdas largas y suaves que desgastan levemente la superficie de la tela, mejorando el tacto.

Figura 7. **Máquina de afelpado**



Fuente: área de acabados.

1.2. Del Atlántico

1.2.1. Características de productos

Del Atlántico, durante la elaboración de tela, brinda servicios de atención especializada, logística, control de calidad, colorimetría, procesos, empaque y entrega; permitiendo una comunicación bidireccional entre cliente y empresa con el fin de satisfacer al cliente. A continuación se detallan los servicios ofrecidos:

- Servicio al cliente: la empresa cuenta con personas que proveen un servicio personalizado a los clientes. Ellos llevan control de los *batches* de tela requeridos donde detallan el historial, los resultados del control de calidad, fechas de importación y exportación.
- Procesos: tejeduría, teñido, suavizado, secado, compactado, *fleece* y *sueded*.
- Logística: todas las áreas de la empresa se encuentran unificadas con metas comunes para llevar un control en: importaciones, exportaciones, pedido de materia prima, tiempos de producción, cartera de clientes, calendarización de mantenimiento de máquinas y control de costos.
- Control de calidad: en cada uno de los procesos se realizan muestreos de los parámetros de calidad. En el área de teñido se ejecutan estudios del agua utilizada en los procesos, químicos y colorimetría. En el área de acabado el muestreo se procede antes, durante y después del compactado.

- Colorimetría: el proceso más complicado en una fábrica textil es el teñido de la tela, ya que existen muchas variables que pueden incidir en el tono del producto terminado, como pueden ser los químicos, los colorantes, las máquinas, los procesos. Por esta razón, el primer paso es formular los colores de acuerdo a muestras referidas por los clientes. De esta forma se obtiene una base de datos y se identifica el color que solicita el cliente.
- Empacado y entrega: luego de finalizado un *batch*, este se embolsa y se pesa. Se lleva a cabo una auditoría detallada de la tela procesada para envío y exportación de la misma.

1.2.2. Demanda actual

Del Atlántico ha mantenido una cartera de clientes satisfechos, resultado de la calidad de tela procesada, servicio al cliente personalizado, control de calidad, estandarización de procesos y logística. Debido a lo anterior, la empresa produce solamente bajo pedido para mantener la calidad en todos los puntos de producción.

La tabla II describe el peso del producto terminado en los últimos 24 meses.

Tabla II. **Peso del producto terminado en libras en los últimos 24 meses**

Mes	Libras	Mes	Libras
1	750 457	13	878 345
2	508 835	14	778 752
3	800 832	15	892 573
4	750 794	16	719 929
5	864 266	17	893 794
6	900 893	18	935 062
7	734 490	19	1 052 997
8	792 345	20	944 261
9	759 839	21	939 186
10	819 086	22	882 277
11	854 583	23	881 709
12	726 103	24	705 035

Fuente: elaboración propia.

1.2.3. Oferta actual

Establecidos los números de la demanda actual, se establece una relación del tiempo de producción de cada una de las áreas para determinar la oferta y la capacidad de producción de tela de alta calidad.

Dentro del área de teñido, cada una de las máquinas trabaja en promedio de 80% al 90% de tiempo de producción. Este proceso es el cuello de botella dentro de la empresa, por lo que se tomará este valor como la capacidad actual de fabricación de la misma.

Esto representa una oferta de producto de aproximadamente 1 200 000 libras de tela, tomando en cuenta el mes de mayor producción.

1.2.4. Demanda proyectada

Con base en la demanda de los últimos meses en la tabla II, se pronostica la demanda de los siguientes 48 meses. Se proyectará la demanda desde enero 2011 hasta diciembre de 2014. Por confidencialidad se tomaron únicamente estos años para el desarrollo de pronósticos. En la tabla III se determinan los pronósticos para los siguientes 4 años.

Tabla III. **Pronósticos de ventas para próximos 4 años**

Año 1		Año 2		Año 3		Año 4	
Mes	Libras	Mes	Libras	Mes	Libras	Mes	Libras
1	994 528	13	1 179 047	25	1 397 801	37	1 657 141
2	1 008 733	14	1 195 888	26	1 417 767	38	1 680 812
3	1 023 142	15	1 212 970	27	1 438 018	39	1 704 820
4	1 037 756	16	1 230 296	28	1 458 559	40	1 729 172
5	1 052 579	17	1 247 869	29	1 479 392	41	1 753 871
6	1 067 614	18	1 265 694	30	1 500 524	42	1 778 923
7	1 082 864	19	1 283 773	31	1 521 957	43	1 804 333
8	1 098 332	20	1 302 110	32	1 543 697	44	1 830 106
9	1 114 020	21	1 320 709	33	1 565 747	45	1 856 247
10	1 129 933	22	1 339 574	34	1 588 111	46	1 882 761
11	1 146 072	23	1 358 708	35	1 610 796	47	1 909 654
12	1 162 443	24	1 378 116	36	1 633 804	48	1 936 931

Fuente: elaboración propia.

1.2.5. Oferta proyectada

La capacidad actual instalada en Del Atlántico es de 1 200 000. Los pronósticos de la demanda hasta finales del año 4, vaticinan que desde el mes 15, la demanda de producto rebasaría el límite de la capacidad de producción. Se deben llevar a cabo acciones a mediano plazo para elevar la capacidad de producción de telas, sin restringir la calidad del producto. Se deben tomar en cuenta las condiciones de mercado, riesgo país, ventas y desarrollo de economía para realizar inversiones a largo plazo y aumentar la capacidad de la empresa.

2. ESTUDIO TÉCNICO

2.1. Departamento de teñido

En el departamento de teñido se llevan a cabo los procesos de tintura y suavizado en la tela. Dentro de la instalación, se encuentra un total de 15 máquinas encargadas del teñido, y 4 para suavizado de la misma.

2.1.1. Máquinas y procesos

Las máquinas utilizadas para el teñido son de tecnología jet o de chorro, que consisten en una armazón en forma cilíndrica horizontal que en la parte superior posee carretes proveídos con un motor cada uno, encargadas de proporcionar un continuo movimiento a las líneas de tela, sin someterla a demasiada tensión y manteniendo un baño homogéneo de lavado dentro de la máquina. Las líneas de movimiento de los carretes son independientes entre sí.

Conectado en serie a cada carrete, se encuentra instalada una tobera, que recibe el nombre de turbovario, transmiten y regulan un flujo constante de alta presión del fluido de trabajo de la mezcla de químicos dentro de la máquina, para lograr que éstos reaccionen en la fibra y la tela no se atranque en la tubería, permitiendo que el colorante alcance a impregnarse en la misma, reaccionando de manera óptima.

La máquina funciona con base en un sistema termodinámico. Ésta se presuriza para que no existan pérdidas de energía y de químicos por escape de fluido por evaporación y, a la vez, propicia un calentamiento óptimo para llevar a cabo las distintas etapas de teñido. Un sistema presurizado permite alcanzar temperaturas superiores a los 100°C a 135°C sin evaporarse el fluido de trabajo.

La finalidad de elevar a este rango la temperatura, es hacer que la tintura se impregne y fije en la fibra del hilo. Los auxiliares de teñido y los colorantes presentan un trabajo óptimo cuando se elevan a tales temperaturas en ambientes alcalinos.

La tela se lava con diferentes químicos para darle el color a la misma. De acuerdo al color, el proceso puede tardar de 8 a 12 horas. Mientras más claro sea el color, se necesita más tiempo de proceso. Al concluir, es depositada en carretas para su traslado. En este punto la tela es tubular y se encuentra entorchada.

Al finalizar el proceso de teñido, se realiza el suavizado, que tiene una duración de aproximadamente 2 horas por *batch* de tela. Las máquinas de suavizado constan de un alimentador desentorchador que, dependiendo de la altura en que trabaje, ayudará a disminuir el problema de torque en la tela. Por último, la tela es plegada en una carreta.

Dentro del área hay máquinas de suavizado que luego de desentorchar la tela y previo al primer lavado de homogenización, corta la unión guía, obteniendo lo que es tela abierta.

2.1.1.1. Químicos para producción

Los químicos que se utilizan en el área de teñido dependen de la etapa de tratamiento que se este realizando en los *batches* de tela. Las etapas que se realizan dentro de dicha área son: descruce, teñido, lavado y suavizado.

- Etapa de descruce

Tiene como objetivo eliminar las impurezas que se encuentran en la tela provenientes del proceso de tejeduría como lo son aceites, residuos orgánicos de la semilla del algodón, polvo del ambiente, entre otros.

En la misma etapa se realiza el proceso de blanqueado, donde se elimina el color amarillo oscuro que la tela tiene por grasas y ceras utilizadas para elaboración de tejido. En la tabla IV se describen los químicos usados en el proceso de descruce.

- o Temperatura máxima de trabajo: 90°C
- o Duración de etapa: 2 horas

Tabla IV. **Químicos usados en el proceso de descruce**

Material	Función
Hidróxido de sodio (NaOH)	Limpia la tela de residuos orgánicos, grasas y suciedad proveniente del proceso de tejeduría.
Ácido acético (C₂H₄O₂)	Disminuye pH (5.5 – 6).
Jabón o detergente	Lava y remueve suciedad de la tela.
Peróxido de hidrógeno (H₂O₂)	Es el blanqueador más importante. Ayuda a blanquear el tejido. Se utiliza en mayor proporción en la elaboración de colores claros.
Lubricante	Lubrica la fibra para eliminar defectos y quiebres de las mismas. Al mismo tiempo, ayuda a disminuir la fricción entre las fibras de la tela y la máquina.

Fuente: elaboración propia.

- Etapa de teñido

Etapa del proceso donde la tela se mezcla con químicos y colorantes, de tal forma, que la tintura se integre a la fibra y el color reflejado no sea un revestimiento superficial. En la tabla V se describen los químicos usados en el proceso de teñido.

- o Temperatura máxima de trabajo: 80°C
- o Duración de etapa: 2 horas

Tabla V. **Químicos usados en el proceso de teñido**

Material	Función
Lubricante	Disminuye la fricción entre las fibras de la tela y la máquina.
Colorante	Produce el efecto visual que se requiere en la tela. La mayoría de colores se obtienen por una mezcla de tintes.
Sulfato de sodio (Na₂SO₄)	Fijador de tela. Permite impregnar el colorante a la fibra de tela.
Soda ash	Fijador de tela. Ayuda a que el color penetre óptimamente.

Fuente: elaboración propia.

- Etapa de lavado

Sirve para homogenizar y neutralizar el ambiente interior de la máquina. Se desechan aquellos químicos que permanecieron en las fibras. En la tabla VI se describen los químicos usados en el proceso de enjabonado.

- o Temperatura máxima de trabajo: 70°C
- o Duración de etapa: 15 minutos

Tabla VI. **Químicos usados en el proceso de enjabonado**

Material	Función
Jabón	Ayuda a eliminar los residuos de químicos y colorantes de la tela.
Ácido acético	Neutraliza el fluido de trabajo.

Fuente: elaboración propia.

- Etapa de suavizado

La tela se introduce en 2 baños para humidificar, acidificar y mezclarla con el suavizante. En la tabla VII se describen los químicos usados en el proceso de suavizado.

- o Temperatura máxima de trabajo: 20°C
- o Duración de etapa: 20 minutos

Tabla VII. **Químicos usados en el proceso de suavizado**

Material	Función
Ácido acético (C₂H₄O₂)	Se utiliza para disminuir el pH del agua de producción y trabajar eficientemente el suavizante, el cual normalmente trabaja con un pH de 5.5 a 6.
Suavizante	Proporciona buen tacto de la tela, mejora la resistencia de la fibra y la aptitud para la confección de prendas.

Fuente: elaboración propia.

2.1.1.2. Características del agua para producción

El agua utilizada en el proceso de teñido debe contener bajos niveles de dureza, sólidos disueltos, color, cloro, nitratos, temperatura, entre otros. Si existiera una cantidad significativamente alta en uno de los parámetros anteriores, puede producir defectos en la tela, como: manchas, deficiente impregnación del colorante o mal desarrollo de los químicos para producción.

En la tabla VIII se muestran los valores de algunos parámetros que el agua de producción posee.

Tabla VIII. Características de agua de producción

Parámetro	Unidades de medida	Límite máximo aceptable	Límite máximo permisible	Estudio de agua
pH	Unidades de pH	7,0 - 7,5	6,5 - 8,5	6,8
Dureza total	mg/L	100,0	500,0	54
Total Sólidos Disueltos	mg/L	500,0	1 000,0	113
Color	Unidades	5,0	35,0	11
Temperatura	°C	15-25	34	17
Nitratos	mg/L	-	10,0	0,7
Fosfatos	mg/L	-	-	1,46
Cloro residual	mg/L	0,5	1,0	0
Apariencia	Visual	-	-	Clara

Fuente: Hidroagua Soluciones. Informe de análisis fisicoquímico de agua. p. 1.

El agua de producción se encuentra dentro de los límites aceptables de los parámetros anteriores, por lo que no se necesita de un tratamiento de desmineralización previo a alimentar las máquinas de teñido para su uso.

2.1.1.3. Caudal de alimentación

El agua para el área de teñido es suministrada por bombas centrífugas de capacidad de 200gpm y 225gpm. La planta de producción trabaja 24 horas continuas.

En la tabla IX se detalla la cantidad del agua utilizada en el área de teñido:

Tabla IX. **Resumen volumen de agua utilizado en área de teñido**

Período	Volumen		
	Galones	Litros	Metros Cúbicos
1 Día (24 horas)	612 000	2 313 360	2 314
1 semana (7 días)	4 284 000	16 193 520	16 194
1 mes (30 días)	18 360 000	69 400 800	69 401

Fuente: elaboración propia.

2.1.1.4. Caudal de desagüe en la planta de tratamiento de agua residual

El caudal de desagüe promedio que sale de la planta de tratamiento, es de 67.75m³/h. Esto es equivalente a un 72% del agua utilizada dentro de las instalaciones de la empresa. La cantidad restante es consumida para generar vapor y actividades de limpieza.

En la tabla X se muestra el registro de los valores obtenidos del caudal de salida de la planta de tratamiento durante 5 días en 4 horarios diferentes.

Tabla X. **Registros de caudal de salida planta de tratamiento**

Horario de toma de muestra	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
09:00	68m ³ /h	72m ³ /h	64m ³ /h	72m ³ /h	67m ³ /h
12:00	74m ³ /h	73m ³ /h	75m ³ /h	71m ³ /h	66m ³ /h
15:00	65m ³ /h	64m ³ /h	71m ³ /h	62m ³ /h	68m ³ /h
18:00	62m ³ /h	69m ³ /h	65m ³ /h	65m ³ /h	62m ³ /h

Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Estudio de contaminantes

El teñido es el proceso que puede generar más contaminación, debido a que requiere el uso, no solamente de colorantes y químicos, sino también de varios productos especiales conocidos como auxiliares de teñido.

El afluente de agua proveniente de las máquinas de teñido, por lo general, presenta niveles alcalinos de pH, producto del uso de sodas para fijar la tela. El ácido acético utilizado para disminuir el pH en la etapa de los lavados, no presenta gran variación en los valores de la vertiente final, debido a que la proporción es baja comparado al uso de sodas que se utiliza en producción.

Al momento de analizar los contaminantes en aguas residuales, se toman dos medidas importantes: demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), y demanda química de oxígeno (DQO).

El DBO_5 es una medida indirecta de la cantidad de material orgánico presente en el agua que puede ser biológicamente degradado (por microorganismos), ya que el oxígeno disuelto se agota en el proceso de degradación del material orgánico, la cantidad de material orgánico puede expresarse en términos de la cantidad de oxígeno requerido.

En una textilera, la mayor fuente de DBO_5 se obtiene en el proceso de descrude. En esta etapa se eliminan las ceras y aceites utilizados en el proceso de tejeduría e impurezas de la semilla de algodón.

El alto volumen de químicos utilizados para el teñido origina un valor alto del DQO en el agua residual, en comparación de los valores de DBO_5 . En el caso de Del Atlántico, los valores de DBO_5 del área de teñido son elevados, dado que el desagüe del servicio sanitario de la empresa está unificado con el drenaje de la vertiente contaminado del área.

Los solventes utilizados en los tintes pueden contener colorantes que son compuestos orgánicos complejos de naturaleza no biodegradables y peligrosos. La posible existencia de metales en el afluente de desagüe es resultado de los componentes en colorantes, ya que en ocasiones, contienen metales pesados como cromo, cobre y zinc.

La temperatura es otro parámetro de contaminación que se evalúa. En las etapas de teñido, la mezcla de químicos se eleva hasta temperaturas de 100°C , esto da como resultado una vertiente residual con altas temperaturas (temperaturas mayores a los 40°C).

2.1.2.1. Desagüe previo a planta de tratamiento de agua residual

En la tabla XI se exponen los valores obtenidos de 2 muestras de agua tomadas del desagüe proveniente del área de teñido que abastece a la planta de tratamiento, con el fin de evaluar agua residual proveniente de dicha área, de acuerdo a los siguientes parámetros.

Tabla XI. **Resultados evaluación de caudal entrada de planta de tratamiento**

PARÁMETROS	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
pH <unidades>	10,25	9,84	10,05
Color <unidades>	129,00	166,00	147,50
Sólidos disueltos totales (TDS) <mg/L>	3 750,00	2 200,00	2 975,00
Sólidos en suspensión <mg/L>	517,00	134,00	325,50
Sólidos sedimentables <mL/L>	0,00	0,00	0,00
Demanda química de oxígeno (DQO) <mg/L>	965,00	786,00	875,50
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) <mg/L>	772,00	628,00	700,00

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.2. Desagüe después del tratamiento de agua residual

En la tabla XII se exponen los valores obtenidos de 2 muestras tomadas en el desagüe de salida de la planta de tratamiento, con el propósito de evaluar la disminución de contaminantes, de acuerdo a los siguientes parámetros.

Tabla XII. **Resultados evaluación caudal de salida de planta de tratamiento**

PARÁMETROS	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
pH <unidades>	6,56	6,77	6,67
Color <unidades>	27,10	16,40	21,75
Sólidos disueltos totales (TDS) <mg/L>	1 650,00	1 900,00	1 775,00
Sólidos en suspensión <mg/L>	193,00	76,00	134,50
Sólidos sedimentables <mL/L>	0,00	0,00	0,00
Demanda química de oxígeno (DQO) <mg/L>	560,00	681,00	620,50
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) <mg/L>	420,00	476,00	448,00

Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Análisis estudios de agua residual

2.1.3.1. Planta de tratamiento de agua residual

En la tabla XIII se describen los parámetros y valores a controlar, los cuales fueron establecidos por la empresa Tecnosan, quien se encargó de la elaboración y construcción de la planta de tratamiento.

Tabla XIII. **Valores de afluente contaminado, según lo establecido en manual planta de tratamiento**

Valor	Requerido	Entrada	Salida
Demanda química de oxígeno (mg/L)	700,0	946,0	250,0
Sólidos sedimentables (mg/L)	< 1	12	0
Valores de pH	6,0 – 9,0	10	7,5

Fuente: manual planta de tratamiento Tecnosan.

2.1.3.1.1. Comparaciones de los afluentes de agua

En la tabla XIV se comparan los parámetros de contaminación resultantes de los estudios practicados en el agua residual, descritos en las tablas XI y XII.

Tabla XIV. **Tabla comparativa de parámetros de contaminación**

PARÁMETROS	Entrada	Salida	Reducción	%
pH <unidades>	10,05	6,67	3,38	33,65
Color <unidades>	147,50	21,75	125,75	85,25
Sólidos disueltos totales (TDS) <mg/L>	2 975,00	1 775,00	1 200,00	40,34
Sólidos en suspensión <mg/L>	325,50	134,50	191,00	58,68
Sólidos sedimentables <mL/L>	0,00	0,00	0,00	0,00
Demanda química de oxígeno (DQO) <mg/L>	875,50	620,50	255,00	29,13
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) <mg/L>	700,00	448,00	252,00	36,00

Fuente: elaboración propia.

Comparando los valores anteriores, con los parámetros establecidos en el inciso 2.1.3.1., para la vertiente de salida de la planta de tratamiento, se concluye:

- El valor de DQO en la vertiente de salida es muy superior al de los valores de diseño: 620,5mg/L y 250,0mg/L, respectivamente.
- El valor de pH del caudal de salida se encuentra dentro de los límites de control: 6,67, pero presenta valores muy ácidos, que no es propicio para el desarrollo de la bacteria en el tratamiento biológico.

- Los procesos para disminuir los sólidos disueltos totales, al igual que los sólidos en suspensión y sólidos sedimentables, no son eficaces.

Biodegradabilidad

La relación entre la demanda biológica de oxígeno y la demanda química de oxígeno (DBO₅/DQO), puede emplearse también, como parámetro indicador de la mejora de la biodegradabilidad.

La misma indica la fracción de materia orgánica total presente en el agua residual, que es susceptible de ser descompuesta biológicamente. En la tabla XV se establecen los valores que serán utilizados como guía para la evaluación de la biodegradabilidad del agua residual obtenida de la planta de tratamiento de la empresa.

Tabla XV. **Grado de biodegradabilidad de agua residual**

DBO ₅ /DQO	Descripción
> 0,60	Contenido orgánico fácilmente biodegradable
0,41 - 0,59	Contenido orgánico parcialmente biodegradable
< 0,40	Contenido orgánico persistente, no biodegradable

Fuente: BLANCO, José. Degradación de un efluente textil real mediante procesos Fenton y Foto-Fenton. p. 18.

La tabla XVI se indica el grado de biodegradabilidad de acuerdo a los datos obtenidos en las pruebas de aguas residuales.

Tabla XVI. **Cálculo de biodegradabilidad en agua residual de planta de tratamiento actual**

DBO₅/DQO	Entrada	Salida
Prueba 1	0,8000	0,7500
Prueba 2	0,7990	0,6990
Promedio	0,7995	0,7245

Fuente: elaboración propia.

El contenido orgánico del cálculo de la vertiente de la empresa es fácilmente biodegradable, de acuerdo a la tabla XV.

2.1.3.2. Acuerdo Gubernativo No. 236-2006: Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de los lodos

El objetivo de este reglamento, ratificado el 5 de mayo del 2006, es el establecer criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reuso de aguas residuales, como para la disposición de lodos de entes que descargan sus desechos en el alcantarillado público, para disminuir el impacto contaminante en el recurso hídrico nacional.

En este decreto se instauran valores y etapas de cumplimiento, según características de vertiente y cuerpos receptores de agua. Para todos estos, se encuentran establecidas cuatro fechas de cumplimiento de valores de los parámetros del agua residual, establecidos como etapas:

- Primera: dos de mayo de 2011
- Segunda: dos de mayo de 2015
- Tercera: dos de mayo de 2020
- Cuarta: dos de mayo de 2024

Según lo establecido en el capítulo III, artículo 6, éstos son algunos datos de importancia en el estudio del agua residual de la empresa con sus conclusiones, dentro del Acuerdo Gubernativo 236-2006:

- Descripción de la naturaleza de la actividad de la persona individual o jurídica sujeta al presente Reglamento:
 - o Empresa que se dedica a tintura y compactados de tela
- Horarios de descarga de aguas residuales: horas por día 24, días por semana 7
- Descripción del tratamiento de aguas residuales:
 - o El proceso empieza por el tanque desarenador, donde se eliminan las partículas en suspensión de gran tamaño, luego pasa por el tanque equalizador que se encarga de homogenizar la mezcla, para luego continuar al tanque aireador que es donde la bacteria se encarga de eliminar el colorante e impurezas, después por el tanque decantador para terminar el proceso y es descargado al alcantarillado.

- Caracterización del efluente de aguas residuales, incluyendo sólidos sedimentables:
 - o Soda cáustica, soda ash, ácido acético, colorantes reactivos, colorantes dispersos, detergentes, lubricantes.

- Caracterización de las aguas para reuso:
 - o Ninguno

- Caracterización de lodos a disponer:
 - o El exceso de lodos es tratado por medio de un filtro prensa

- Identificación del alcantarillado hacia el cual se descargan las aguas residuales, si aplica:
 - o Alcantarillado municipal

La empresa se encuentra dentro de los estatutos del Capítulo VI: parámetros para aguas residuales y valores de descarga al alcantarillado público.

En anexos se describen los parámetros, valores y fechas de cumplimiento para instituciones que descargan sus vertientes al alcantarillado público, los cuales están incluidos dentro del Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Según los resultados de los estudios del agua tratada en la empresa, con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, se concluye:

- o El pH cumple con las 4 etapas establecidas:
 - * Etapa I-IV: 6 a 9 Estudio: 6,67

- o El color cumple con lo requerido con la etapa IV:
 - * Etapa IV: 500 unidades Estudio: 21,75 unidades

- o Los sólidos en suspensión cumplen con la etapa IV:
 - * Etapa IV: 750mg/L Estudio: 134,5mg/L

- o La demanda bioquímica cumple con los valores de la etapa III:
 - * Etapa III: 450mg/L Estudio: 448,0mg/L

De acuerdo a lo anterior, la planta de tratamiento instalada en la empresa cumple satisfactoriamente con los requerimientos evaluados, según los valores de los parámetros establecidos en la etapa III, que debe cumplirse el 2 de mayo de 2 020, pero para el valor de DBO₅ no es un valor estable, por lo que se determina que se cumple satisfactoriamente hasta la etapa II.

En el Acuerdo Gubernativo 236-2006, también se describen los parámetros que deben cumplir los lodos provenientes del tratamiento de agua residual para utilizarlos como relleno sanitario y, a la vez, se describen los parámetros mínimos que el agua tratada debe cumplir para reutilizarla en actividades como: limpieza y riego.

Disposición de lodos

La planta de tratamiento instalada en la empresa, actualmente no produce lodos, por lo que no es factible evaluar los parámetros estipulados en el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Reutilización de agua

El reglamento solo estipula los siguientes tipos de reuso de aguas residuales:

- Tipo I: reuso para riego agrícola en general
- Tipo II: reuso para cultivos comestibles
- Tipo III: reuso para acuacultura
- Tipo IV: reuso para pastos y otros cultivos
- Tipo V: reuso recreativo

Actualmente, la empresa no reutiliza el agua residual proveniente de la planta de tratamiento. Si en caso se llegara a lograr reutilizar el agua, no se tienen parámetros conforme a la ley para comparar y concluir si se encuentran dentro de límites de seguridad.

2.1.4. Planta de tratamiento de agua residual

Una planta de tratamiento de agua residual es la encargada de eliminar o reducir significativamente los niveles de contaminación en base a distintos parámetros en los que sobresalen los niveles DBO_5 y DQO, a partir de 3 etapas de tratamiento: primario, secundario y terciario.

2.1.4.1. Etapas de planta de tratamiento de agua residual

- Tratamiento primario

Es la primera fase para la disminución de contaminantes de aguas residuales en una planta de tratamiento. Consiste en la depuración para disminuir los sólidos y lodos, suspendidos y/o disueltos en las mismas, a través de sedimentación, filtración y/o suspensión; separación de agua y aceite; y en caso necesario, neutralización de pH.

- o Sedimentación: operación física en la que se aprovecha la fuerza de la gravedad que hace que una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador. Esta operación es más eficaz cuando mayor sea el tamaño y la densidad de las partículas a separar del agua. A la sedimentación se le suele denominar también decantación.
- o Separación agua-aceite: es retirar aceite libre del agua residual, incluye aceite, grasa, jabón, madera, corcho, residuos vegetales y pieles de frutas.
- o Flotación: operación unitaria que puede emplearse en un lugar de la decantación para la separación de sólidos suspendidos y flotantes, utilizando aire como agente de flotación principal y se instala solo cuando la materia en suspensión no puede separarse por ningún otro procedimiento.

- o Filtración: operación unitaria que hace pasar un fluido por un medio filtrante, el cual permite el paso del fluido, pero no de las partículas en suspensión, quedando éstas retenidas.
- o Homogenización: el fluido posee en cada una de las moléculas que la componen: temperatura, sólidos en suspensión, pH y demás parámetros (los mismos valores).
- o Neutralización: se emplea cuando resulta necesario adecuar el pH, antes de someter el agua a tratamientos físicos o biológicos posteriores. La reacción básica es: ácido+base→sal+agua
- o Coagulación: las suspensiones coloidales pueden tener un tamaño de 10^{-6} y 10^{-9} y suelen ser muy estables. Por lo tanto, tienen una velocidad de sedimentación extremadamente lenta, lo cual haría inviable un tratamiento mecánico clásico. Una forma de mejorar la eficacia de todos los sistemas de eliminación de materia en suspensión es la adición de ciertos reactivos químicos que, en primer lugar, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación, favorezcan la floculación de las mismas, para obtener partículas fácilmente sedimentables. A continuación se presentan tipos de coagulantes utilizados:
 - * Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$): es el coagulante más usado, es un sólido de cristal grisáceo, aunque también se encuentra en soluciones concentradas. Se le conoce como alúmina o alumbre, el cual reacciona con la alcalinidad del agua y con los fosfatos.

- * Sulfato ferroso (FeSO_4): usado generalmente junto con la cal (CaO) o junto con el cloro para llevar a cabo una coagulación efectiva. La reacción del FeSO_4 con la cal hidratada se ve favorecida a pH altos.
- * Sulfato férrico ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$): disponible comercialmente en forma granular de color marrón rojizo, es muy soluble en agua, puede reaccionar con la alcalinidad del agua o con materiales alcalinos añadidos como la cal. En general, los coagulantes férricos son efectivos dentro de un gran rango de valores de pH. El sulfato férrico es efectivo para eliminar colores a pH ácidos, en cambio en ambientes alcalinos puede ser usado para eliminar hierro y manganeso.
- * Cloruro férrico (FeCl_3): disponible en fase sólida y líquida. Se genera por la oxidación del sulfato ferroso con cloro. Este método tiene la ventaja de que la coagulación puede ser llevada bajo diferentes pH (entre 4,8 y 11). Es usado en tratamientos de aguas residuales e industriales, reacciona con la alcalinidad del agua y con los compuestos alcalinos añadidos.

El color junto con el olor, el sabor y la turbidez, forman una parte integral de un sistema de medición sensorial de un proceso. El término color es utilizado normalmente para indicar el color real, por ejemplo, el color del agua de la cual se ha eliminado la turbidez. El término color aparente se refiere cuando al agua no se ha eliminado la turbidez con carga de sustancias en solución y materia en suspensión.

El método de comparación platino-cobalto es el establecido como método normalizado ASTM y la unidades de medición pueden ser Hazen, PCU (unidades platino cobalto).

En la tabla XVII se indican algunos métodos que se pueden utilizar para disminuir el nivel de color en los afluentes.

Tabla XVII. **Tecnologías utilizadas para la eliminación de color en aguas residuales**

Método	Eliminación de color	Capacidad (Volumen)	Velocidad	Costo	Otros
Carbón activado	Muy buena	Pequeña	Lenta	Alto	Regeneración
Tecnología de membranas	Buena	Grande	Rápida	Alto	Problemas de limpieza y mantenimiento.
Ozonización	Buena	Media	Rápida	Alto	Subproducto y reducción DQO
Cloro	Buena	Grande	Rápida	Bajo	No elimina moléculas
Coagulantes-floculantes	Buena	Grande	Media	Medio	Producción de fangos

Fuente: GONZÁLEZ, Gabriela. Estudio de un proceso biotecnológico para la decoloración de efluentes textiles de azul índigo. p. 7.

- o Accesorios y dispositivos para tratamiento primario

En la tabla XVIII se describen accesorios que son utilizados como parte del tratamiento primario: cribas, tanques de sedimentación, rejillas separadoras de sólidos gruesos y finos, tanques de mezcla y homogenización, mezcladores por chorro de aire tipo Venturi, desnatadores, barredoras de cadena, bombas para sistema DAF (flotación), entre otros.

Criba estática: son colocadas en estaciones depuradoras, permite un mejor rendimiento del resto de la operación, con un costo de operación menor. Su finura de tamizado se encuentra entre 0,25mm y 3,0mm. Este tipo de cribas llevan incorporada una rejilla. Es especialmente indicada para la separación de sólidos en suspensión dentro de líquidos. Se realiza sin soporte de energía con ausencia casi absoluta de mantenimiento y en unas condiciones que hacen el transporte de estos sólidos más fácil que cualquier otro sistema.

Puente longitudinal: consiste en un mecanismo de barrido alternativo montado sobre un tanque rectangular. En la parte superior de los muros laterales del tanque, se instala sendas ruedas sobre las que se desplaza un puente metálico, bajo el cual se encuentran unos brazos para barrer la superficie y fondo (barredor flotantes y lodos).

El carro se traslada en el sentido contrario al de la corriente. Habiendo efectuado su recorrido descendente, la lámina de barrido empuja los flotantes dentro del vertedero, al mismo tiempo, que un sistema mecánico eleva los brazos sujetándolos en esta posición. Los elementos que lo conforman son: puente, pasarela, barandilla, brazos de barrido.

Mezcladores por chorro tipo Venturi: transfieren oxígeno al agua, reduce material orgánico, mayor control de olor, provee mezcla de fluido, transfiere otros gases al agua (ozono en tanques de oxidación). Este tipo de mezcladores están proveídos por una bomba sumergible conectada a un manifold y a una tubería previa a este último en orientación vertical, la bomba succiona el agua contaminada y la impulsa a través de la tubería, la cual converge con otra que alimenta con aire, para que éste se mezcle y se homogenice el agua y se descomponga la materia

Desnatadores y barredores de cadena: instalados en tanques de suspensión, permite capturar y arrastrar sólidos, usualmente maquinados en plástico para evitar contaminación adicional, de 2 a 10 veces más durables que las metálicas, 90% más livianas, 80% menos consumo energía, libre de ruido, no hay corrosión, no usa lubricantes, no necesita mantenimientos, trabaja en ambientes agresivos, temperaturas de hasta 130°C, limpias y fáciles de manejar.

Bombas para sistemas DAF: sirven para carga de gas, neutralización con CO₂, remoción de hierro, ozonización, denitrificación y separadores por gravedad; así como cualquier líquido cargado de gas. Con este sistema se lograr ahorro de energía, costos de inversión, mantenimiento e instalación; puede alcanzar hasta 30% de contenido de aire en forma sostenible; la dispersión contiene microburbujas hasta de 30µm distribuida equitativamente; minimiza número de fallas y costos de las mismas; entrada directa del gas desde la tubería de succión, logrando la mezcla de agua/gas; presión de trabajo hasta 30 bar, temperatura de -40 a 140°C, y viscosidades hasta 115mm²/s.

Aireador sumergible TA: se utilizan en fluidos menores de 70°C y presiones por debajo de 2 bar. Se compone de motor sumergible, soplante y mezclador integrado en un solo bloque. Está formado por un impulsor en forma de estrella, directamente conectado con el eje del motor, así como un estator que rodea al impulsor y un tubo de ventilación. El impulsor gira dentro del estator, creando una depresión y automáticamente aspira aire a través del tubo de ventilación. Se produce una mezcla entre el agua que llega al impulsor y el aire, produciéndose posteriormente una descarga radial a través de los canales del estator. El aire se descompone en finas burbujas.

Filtro de arena: los filtros de arena son efectivos para filtrar tanto contaminantes orgánicos, como inorgánicos. El tamaño mayor y la naturaleza tridimensional de la cama de arena proveen más área de filtrado y tienen una mayor capacidad de retención que muchos otros tipos de filtros. Las aguas vertidas son presurizadas e introducidas en la parte superior de la cama de arena del tanque. Un plato difusor en la garganta superior del tanque sirve para reducir la velocidad del agua y distribuir uniformemente el agua a través de la parte superior de la cama filtrante.

- Tratamiento secundario

También conocido como tratamiento biológico. Tiene el objetivo de eliminar la materia orgánica de las aguas residuales, a la vez, ayudan a la eliminación de N_2 por medio de la oxidación del nitrógeno amoniacal, nitrificación-desnitrificación, eliminación del fósforo, eliminación de patógenos, eliminación de metales, color y tóxicos.

La materia orgánica es eliminada del agua por acción de los seres vivos, que la emplean como fuente de alimento, produciendo nueva materia celular, además de obtener la energía necesaria para su supervivencia.

o Microorganismos utilizados

- * Bacterias: constituyen el 95% de la biomasa (formadoras de flóculo, filamentosas, nitrificantes, etc.)
- * Hongos: son poco comunes en los sistemas de tratamientos de aguas residuales urbanas. Su presencia en abundancia se asocia, por lo general, a condiciones de pH demasiado bajas.
- * Algas: su importancia radica, no tanto por su capacidad de depuración sino por su capacidad fotosintética, aportando oxígeno. por ser autótrofas permiten el aumento de la materia orgánica sintetizando el carbono mineral.
- * Metazoos: son animales pluricelulares, muy abundantes en los sistemas que emplean soporte fijo. Se alimentan de sustrato y de bacterias (rotíferos, nematodos, oligoquetos, etc.).

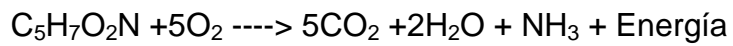
Las reacciones que se producen en el reactor biológico son afectadas por los siguientes factores:

- * Características del sustrato: determina la capacidad de biodegradabilidad del proceso.
- * Nutrientes: son el N, P, Ca, Mg, Na. Fe, materia orgánica, S, etc., son fundamentales para el desarrollo de los microorganismos.
- * Aportaciones de O₂: son claves para el mantenimiento del sistema aeróbico. Se puede considerar el mantenimiento de concentraciones medias de unos 2,0mg/l de O₂, en el caso de los fangos activados.
- * Temperatura: influye en las reacciones de oxidación, aumentando cuando esta crece, hasta los 37°C, que desciende bruscamente por degradación de las proteínas del protoplasma celular.
- * Salinidad: el contenido en sales disueltas no suele ser un problema hasta valores de 3-5g/l, siendo problemáticos valores de 5,0g/l.
- * Tóxicos: son sustancias orgánicas e inorgánicas que a ciertas concentraciones inhiben o impiden los procesos biológicos, actuando sobre las enzimas catalizadoras de las reacciones de síntesis.

o Procesos biológicos aeróbicos

Son procesos que se realizan mediante microorganismos, que actúan sobre la materia orgánica e inorgánica, suspendida, disuelta y coloidal existente en el agua residual, que, en presencia de oxígeno, la transforman en gases y materia celular, que se puede separar fácilmente mediante sedimentación.

- * En los procesos biológicos se producen dos tipos de reacciones:
 - Síntesis: reacción donde se incorpora una parte de la materia orgánica al protoplasma de los microorganismos, dando lugar a nuevos. La otra parte de materia orgánica se utiliza para la producción de la energía necesaria.
 - Oxidación y respiración endógena: se genera la auto oxidación del protoplasma celular, en el proceso se liberan los nutrientes usados en la síntesis, lo que permite nuevas fases de asimilación. La reacción indica que la masa orgánica disminuye y tiende a cero.



- * Tipos de procesos biológicos aeróbicos
 - Flujo pistón: el agua decantada y el fango activado recirculado entran en el tanque de aireación y se mezclan con aire disuelto o con agitadores mecánicos. Durante el periodo de aireación, se produce la absorción, floculación y oxidación de la materia orgánica, los sólidos del fango activado se separan en un decantador secundario.
 - Mezcla completa: el agua residual decantada y el fango activado recirculado se introduce, normalmente, en varios puntos del tanque de aireación. La carga orgánica y la demandada de oxígeno son uniformes en toda la longitud del tanque.

- Alimentación escalonada: es una modificación del proceso de flujo pistón convencional en la que el agua residual decantada se introduce en diferentes puntos del canal para conseguir un valor de la relación F/M (FOOD / MASS) uniforme, lo cual permite reducir la demanda de oxígeno punta, normalmente se suelen emplear tres o más canales paralelos.
- Aireación prolongada: es similar al de fangos activados convencional, excepto en que funciona en la fase de respiración endógena de la curva de crecimiento, lo cual precisa una carga orgánica reducida y un largo periodo de aireación. Este proceso se emplea mucho en plantas prefabricadas para pequeñas comunidades.
- Canales de oxidación: consiste en un canal circular u ovalado equipado con dispositivos de aireación mecánica. Normalmente, los canales de oxidación funcionan, según un esquema de aireación prolongada con largos tiempos de detención y de retención de sólidos.

- o Fangos activados-decantación secundaria

Se trata de la parte más importante de todo el proceso de depuración, y se encuentra compuesto por reactor biológico-decantadores clarificadores. El agua procede de la decantación primaria. En los sistemas convencionales se hace coincidir el punto de entrada de agua con la recirculación procedente de los clarificadores. La recirculación de fangos de los decantadores secundarios o clarificadores permite mantener una concentración adecuada de sólidos en el reactor. Se distinguen dos procesos:

- * Oxidación: desarrollo de un cultivo biológico, formado por muchos y diversos microorganismos que se agrupan en flóculos (fangos activados). Las bacterias se multiplican rápidamente y al principio están libres en el líquido, pero más tarde se aglutinan para formar el flóculo. El tratamiento necesita un sistema de aireación y agitación para el aporte del oxígeno y capacidad de homogenización necesario que mantenga la acción depuradora de las bacterias aerobias.
- * Separación sólido líquido: una vez oxidada la materia orgánica, el licor mezcla se envía a un decantador (decantador secundario), para permitir la separación agua-flóculo.

De la calidad del flóculo generado se obtendrán mejores condiciones de sedimentación y un clarificado mayor en efluente final. Se deben recircular los sólidos decantados en los clarificadores secundarios, con el fin de mantener constante la población bacteriana.

El excedente de bacteria generado en el proceso se extrae del sistema hacia la línea de fangos, purga de fangos en exceso, para controlar la concentración de microorganismos presentes en el reactor.

- * Difusores: dependiendo del tipo de aguas residuales y de su temperatura, los difusores se pueden equipar con diferentes calidades de material (EPDM, EPDM especial, silicona). Los difusores de tubo de membrana se fijan generalmente por pares con el adaptador de fijación a la barra del difusor de tubo de sección rectangular o circular.

El aire suministrado a través de la rejilla de ventilación se dirige a través de boquillas hacia las cámaras de distribución de los difusores de tubo de membrana, que desde allí acceden bajo la membrana a través de canales. El orificio perforado en la membrana se abre cuando hay suministro de aire y el aire fluye en forma de pequeñas burbujas, saliendo del difusor hacia el agua residual.

- Tratamiento terciario

Consiste en un proceso físico-químico que utiliza la precipitación, la filtración y/o la cloración, para reducir los niveles de nutrientes inorgánicos, especialmente fosfatos y nitratos del efluente final.

El agua residual que recibe un tratamiento terciario adecuado no permite un desarrollo microbiano considerable. Algunas tecnologías utilizadas en este tratamiento son: filtración, ultrafiltración, ósmosis inversa, desinfección por luz ultra violeta, y utilización de ozono. Algunos métodos de tratamiento terciario son los siguientes:

- o Adsorción: propiedad de algunos materiales de fijar en su superficie moléculas orgánicas extraídas de la fase líquida en la que se encuentran.
- o Cambio iónico: consiste en la sustitución de uno o varios iones presentes en el agua a tratar por otros que forman parte de una fase sólida finamente dividida (cambiador), sin alterar su estructura física.

- o Procesos de separación por membranas: tanto mediante membranas semipermeables (procesos de ultrafiltración y ósmosis inversa), como mediante membranas de electrodiálisis.
- o Cloración: se utiliza si existen bacterias.
- o Ozono: evita la formación de elementos con alto contenido de cloro.
- o Desinfección: consiste en la destrucción selectiva de los organismos que causan enfermedades. El desinfectante provoca daño a la pared celular, alteración de la permeabilidad de las células, alteración de la naturaleza coloidal del protoplasma, e inhibición de la actividad enzimática. El daño o destrucción de la pared celular da lugar a la rotura celular y a la muerte de la célula.

Los afluentes que contienen nitrógeno y fósforo provocan el proceso de eutrofización en lagos y embalses, estimulando el crecimiento de algas y plantas acuáticas arraigadas en cursos de agua poco profundos, que interfieren con los usos beneficiosos de los recursos hidráulicos.

- o Nitrógeno: presente en aguas tratadas puede ocasionar reducción de la concentración de oxígeno disuelto en el agua, toxicidad, efectos negativos sobre la efectividad de la desinfección con cloro, peligro para la salud pública y efectos sobre el potencial de un agua residual para ser reutilizada. Suele estar presente en forma de amoníaco o de nitrógeno orgánico (urea, aminoácidos), siendo ambas formas solubles. Sin embargo, suele presentar bajas concentraciones o nulas de nitrito o nitrato.

- o Fósforo: se elimina del sistema por medio de la purga o arrastre de los microorganismos. Se encuentra presente en el agua residual en forma de ortofosfato (PO_4^{3-}), polifosfatos ($\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$) y formas orgánicas de fósforo. Los microbios utilizan el fósforo para la síntesis celular y en el transporte de energía. Por ello entre el 10 y 30% del fósforo presente se elimina durante el tratamiento biológico secundario. Para conseguir niveles de fósforo bajos en el efluente, es necesario eliminar más cantidad de la estrictamente necesaria para el mantenimiento y síntesis celular. La eliminación biológica del fósforo se consigue generando en los reactores las condiciones ambientales adecuadas de manera secuencial.

- Tratamientos de los lodos

El resultado en cada una de las etapas es la obtención de un volumen significativo de lodos. Usualmente éstos se tratan a través de un filtro prensa, máquina centrífuga, secador solar, entre otras; donde se disminuye el porcentaje de humedad de los mismos, para un mejor manejo y utilización. Los lodos tratados, dependiendo de los índices de contaminación que tuvieren, se usan como abono, relleno sanitario o se desecha.

Los objetivos finales buscados en el tratamiento de lodos son:

- o Reducción de volumen: concentración del fango para hacer más fácil su manejo
- o Reducción del poder de fermentación: reducción de materia orgánica y de patógenos para evitar la producción de olores y la evolución del lodo sin control.

Las principales etapas en el tratamiento de los lodos son: espesamiento (concentración) por decantación o flotación, digestión (estabilización para fangos fermentables), deshidratación y evacuación:

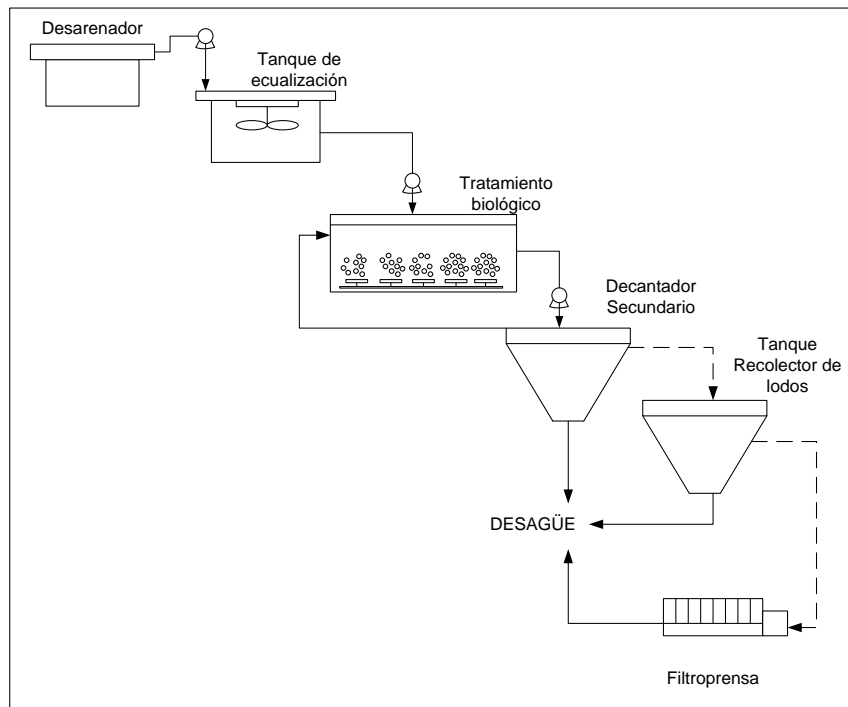
- o Espesamiento: reducción de volumen en tanques de sedimentación o flotación, según la naturaleza del fango. A veces se realiza un acondicionamiento previo, de tipo físico químico (coagulación-floculación) o térmico.
- o Digestión: para fangos de naturaleza orgánica. En procesos de carácter aerobio (similar a fangos activos) o anaerobio (aprovechamiento energético).
- o Deshidratación y secado: con el objetivo de una eliminación lo más completa posible del agua del fango. Normalmente con una etapa de acondicionamiento previo. Métodos más utilizados: filtros de vacío, filtros prensa, filtros banda, centrifugas, evaporación térmica o en eras de secado.
- o Evacuación: depósito o destino final de los lodos. Métodos principales: vertedero de seguridad o de residuos sólidos urbanos, según sus características; incineración con o sin adición de combustible adicional, según el poder calorífico de los lodos, se generan cenizas, escorias y gases que necesitan tratamiento, con o sin recuperación de energía; compostaje, descomposición biológica controlada de la materia orgánica, en condiciones aerobias, con el fin de obtener *compost* (abono orgánico).

2.1.4.2. Evaluación de planta de tratamiento actual

En la figura 8 se presenta el esquema de las etapas donde es procesada el agua en la planta de tratamiento de la empresa. La planta de tratamiento de aguas residuales consta de tratamientos: primario, secundario y de lodos:

- Primario: desarenador, un tanque de ecualización
- Secundario: tanque de tratamiento biológico
- De lodos: tanque recolector de lodos y filtroprensa

Figura 8. Esquema planta de tratamiento instalada



Fuente: elaboración propia.

- Desarenador

Los afluentes de la planta son conducidos por gravedad, a través de la tubería de desagüe, hacia este tanque donde pasan por rejillas que se encargan de retener sólidos superiores a 10mm de diámetro. En este punto se dosifica ácido sulfúrico para alcanzar la neutralización de afluente.

- Tanque de ecualización

Se bombea el agua residual del desarenador hacia una criba, instalada encima del tanque de ecualización, donde son retenidas partículas sólidas superiores a 1mm. Dentro del tanque, se realiza la homogenización, aireación y el enfriamiento de los afluentes, manteniendo los sólidos en suspensión a través de un aireador flotante, permitiendo de esta forma, la oxidación de la materia presente.

- o Capacidad aireador:

Caudal:	20m ³ /h
Tiempo de retención:	6 horas
Ancho:	5m
Largo:	8m
Altura total:	3,10m
Volumen útil:	120m ³

El tanque está equipado con un aireador de 5hp con monoboya fabricado en fibra de vidrio, con capacidad de transferencia de oxígeno de 1,4Kg oxígeno/hp.

- Tratamiento biológico

El proceso de tratamiento biológico es a través de lodos activados y consiste en someter afluentes pre tratados en aireación artificial. Los difusores disuelven oxígeno en el interior del líquido y mantienen la masa bajo aireación constante y agitación, de forma de obtener la homogenización de su contenido y de impedir que partículas en suspensión se depositen en el fondo del tanque de aireación.

Los afluentes pre tratados contienen microorganismos en concentración relativamente baja y materia orgánica abundante.

- o Capacidad:

Caudal:	20m ³ /h
Volumen del tanque:	480m ³
Caudal de recirculación:	20m ³ /h
Tiempo de retención:	18h
Temperatura de tanque:	30 – 35°C

- Decantador secundario

El afluente del tanque de aireación es sometido a la decantación en cuyo interior los flóculos de lodo activado, que se mantenían en suspensión en el tanque de aireación por la turbulencia provocada en los dispositivos de aireación, son separados por sedimentación, dirigiéndose al fondo de la unidad, donde una parte retorna al tanque de aireación y el agua que rebalsa sobre la corona del decantador es descargada libremente en el cuerpo receptor.

- o Capacidad:

Caudal de tratamiento:	20m ³ /h
Volumen útil del decantador:	40m ³
Área del decantador:	23,75m ²
Tiempo de retención:	2 horas
Diámetro del decantador:	5,5m
Inclinación de fondo:	60°

- Tanque recolector de lodos

Cuando el crecimiento de los lodos activados sobrepasa el valor indicado en el tanque de aireación, se activa el descarte de lodos. Este proceso se realiza desviando por un período de tiempo, el flujo de lodos que retorna al tanque de aireación. La función de dicho tanque es la de almacenar el lodo previo a ser enviado al filtro prensa.

- o Capacidad:

Caudal de descarte:	8m ³ /día
Área del espesador:	1m ²
Diámetro del recolector:	2,30m
Inclinación de fondo:	60°

- Filtro prensa

El lodo después de pasar por el tanque recolector, termina la deshidratación en el filtro prensa que se encarga de procesar los lodos diluidos, produciendo una torta de volumen muy reducido con relación al lodo inicial; en el filtro prensa, el proceso de deshidratación ocurre por la filtración del lodo a través de placas, el tamaño de cada placa es de 40x40cm, donde son retenidos sólidos, mientras que el líquido pasa a través de las mismas para su descarga.

- Estudios

Con base en los datos de los estudios de las muestras del agua residual del inciso 2.1.3.1.1., y lo observado en el estudio de campo, se evaluarán las condiciones en las que se desarrolla el tratamiento secundario, en el tanque biológico. Para este propósito se efectuaron los estudios de pH y temperatura en cada una de las etapas de la planta de tratamiento.

- o Potencial de hidrógeno (pH)

En la tabla XIX se exponen los datos registrados del pH en un muestreo tomado en cada una de las etapas de la planta de tratamiento.

Tabla XVIII. **Estudio de pH en planta de tratamiento**

	Desarenador	Tanque de ecualización	Tratamiento biológico	Salida
Medición 1	9,86	7,23	6,54	6,67
Medición 2	9,91	7,01	6,07	6,24
Medición 3	9,85	6,86	5,96	6,56
Medición 4	9,93	7,16	5,78	6,32
Medición 5	10,03	7,5	6,11	6,09
Promedio	9,916	7,152	6,092	6,376

Fuente: elaboración propia.

o **Temperatura**

Se evaluaron y registraron las temperaturas del agua residual proveniente del área de teñido, en las etapas del desarenador, tanque de ecualización y tanque de tratamiento biológico; se recabaron 45 datos en un lapso de 3 semanas, durante 5 días en 3 horarios distintos.

En la tabla XIX se indican los resultados del estudio y a continuación se muestran algunas conclusiones:

Promedio de temperatura tanque de ecualización: 50,983°C

Promedio de temperatura tratamiento biológico: 46,98°C

Tabla XIX. Estudio temperaturas en planta de tratamiento

Día y hora	Lunes			Martes			Miércoles			Jueves			Viernes			Promedio															
	10:30	13:00	17:00	10:30	13:00	17:00	10:30	13:00	17:00	10:30	13:00	17:00	10:30	13:00	17:00																
Lugar	SEMANA 1																														
Desarenador																56.4	56.1	52.4	55.7	56.4	53.1	55.6	56.1	51.8	54.2	55.7	53.1	55.7	56.2	52.4	54.73
Tanque de ecualización																53.4	49.2	49.5	53.4	49.8	50.1	53.4	49.3	50.7	50.8	50.1	49.4	51.1	50.9	48.2	50.62
Tratamiento Biológico																46.6	45.4	48.8	47.5	46.6	49.2	47.1	45.7	49.3	44.1	46.1	46.3	45.6	46.2	47.3	46.79
Lugar	SEMANA 2																														
Desarenador																55.2	56.2	53.0	56.4	55.1	52.4	54.3	56.5	52.3	55.6	55.8	54.3	52.8	54.3	54.1	54.55
Tanque de ecualización																53.6	52.3	51.7	52.7	50.4	49.2	50.5	52.6	49.2	53.1	53.5	50.1	48.7	51.9	52.3	51.45
Tratamiento Biológico																48.4	44.7	48.7	48.9	45.6	48.2	44.4	46.8	45.6	48.7	47.8	46.8	43.4	47.7	46.1	46.79
Lugar	SEMANA 3																														
Desarenador																54.1	54.5	56.2	54.2	55.7	52.6	56.1	55.8	55.3	53.9	54.4	52.6	53.5	56.2	54.7	54.65
Tanque de ecualización																50.2	51.3	53.1	49.3	50.4	49.2	52.1	52.4	50.1	49.7	50.8	49.2	49.7	53.4	52.3	50.88
Tratamiento Biológico																47.6	47.2	49.5	46.2	46.7	48.2	48.0	47.4	45.8	46.1	48.4	45.6	46.1	49.5	48.3	47.37

Fuente: elaboración propia.

- Análisis de estudios

Según lo registrado en los estudios previos y lo evaluado en el trabajo de campo, se concluye:

- o Se utiliza hidrosulfito de sodio para disminuir el color del agua vertida. Este químico disminuye la tonalidad del color, debido a que modifica la estructura del colorante disuelto refractando la luz de manera que el espectro visual perceptible es cristalino, pero no reduce las unidades del mismo.

- o Desarenador: en ocasiones se presenta un rebalse del tanque, debido a la poca capacidad de llenado del tanque de ecualización.
- o Tanque de ecualización; el tiempo de retención en el tanque ha disminuido hasta 2 horas. Su temperatura promedio es 50,983°C. Su pH promedio es de 7,152, este valor es óptimo para que la bacteria se reproduzca.
- o Tratamiento biológico: con base en el estudio y registro de Temperaturas, esta etapa registra un promedio de 46,98°C. La temperatura de trabajo de la bacteria debe ser de 30 a 40°C. Al tanque se le introduce bacteria 2 veces por semana, debido a que la bacteria no soporta el ambiente de funcionamiento. Otras conclusiones en esta etapa son las siguientes:
 - * Se encuentra en funcionamiento un Blower que trabaja 10 horas diarias, se necesita otro para alimentar constantemente de oxígeno a la bacteria.
 - * 67 difusores del sistema de aireación se encuentran dañados por las condiciones de trabajo.
 - * El nivel de pH en esta etapa es 6,092, no es óptimo para el desarrollo de la bacteria que se utiliza dentro de la planta.
 - * La producción de lodos es baja, hasta el punto que no se extrae nada, sino hasta la limpieza general de la planta.

Los lodos remanentes producidos por la bacteria no logran flocular por lo que se arrastra en el agua hasta la vertiente final, presentándose un efecto de turbiedad en el agua (aspecto de agua de charco). Ésta es una razón de que los valores de sólidos disueltos totales presentados en los exámenes de las muestras tomadas, fueran altos. En la tabla XX se analizan los parámetros de trabajo de la bacteria Microcat HX que se utiliza en el tanque de tratamiento biológico.

Tabla XX. **Parámetros de trabajo de bacteria**

Condición	Rango	Valor óptimo	Valores actuales de entrada
pH	6-9	7,5	6,092
Oxígeno disuelto (ppm)	0,5-2	2	1,29
Metales pesados	Rastros	Ninguno	Ninguno
Nutrientes			
DBO ₅ :NH ₃ -N	10:1 – 10:0,5	10:1	-
DBO ₅ :PO ₄ -P	100:1 – 100:0,5	100:1	
Temperatura (°C)	30 - 40	35	50,983

Fuente: hoja de datos técnicos Microcat HX.

- o Decantador secundario: se obtiene un pequeño volumen de sólidos decantados, pero los niveles de lodos producidos por la bacteria son mínimos.

- o Tanque recolector de lodos: no se encuentra en funcionamiento como consecuencia de que en la etapa anterior no existe volumen alto de lodos y sólidos decantados.
- o Filtro prensa: no se utiliza actualmente.

2.1.4.3. Mejoras de dispositivos

Las siguientes acciones para mejora de dispositivos en cada una de las etapas de las plantas de tratamiento fueron concluidas por los estudios de aguas residuales, trabajo de campo y registros de temperatura y pH.

- Control

En primera instancia, se adquirirá un paquete de estudio de parámetros de aguas para evaluar constantemente el afluente de agua en cada uno de los pasos de la planta de tratamiento.

El Spectroquant Nova 30 A de Merck es una máquina compacta que trabaja a base de un fotómetro que, dependiendo de los parámetros que se evalúen, se concluyen los resultados, la cual utiliza paquetes de trabajo consistentes en químicos que se mezclan con el agua residual para titularla, y el fotómetro analice el cambio de color y brinde resultados.

Para el estudio de la planta de tratamiento, se adquirirá el paquete para evaluación de DQO. Los parámetros de pH y temperatura, se evaluarán con dispositivos que ya se tienen en la empresa. El análisis de DBO₅ lo seguirá realizando una compañía de evaluación.

En la tabla XXI se desarrollan los parámetros de control que deben registrarse periódicamente.

Tabla XXI. **Parámetros de control**

Parámetro	Punto a medir	Frecuencia
pH	Entrada a planta Tanque de ecualización Tanque biológico Salida	2 veces por día
Caudal	Entrada Salida	2 veces por día
Temperatura	Entrada Tanque de ecualización Salida	Cada 4 horas
DQO	Tanque de ecualización Salida	1 vez cada semana
Color	Entrada Salida	Cada 4 horas

Fuente: elaboración propia.

Con el control, evaluación y registro de los parámetros anteriores se obtendrán datos históricos que avalen el funcionamiento de la planta de tratamiento y tener estricto control, para realizar acciones correctivas y mejorar el afluente de salida.

- Etapas

En los pasos previos al tratamiento biológico se pueden llevar a cabo cambios físicos y químicos en el afluente, para mejorar las condiciones de trabajo de la bacteria que se está utilizando. En el tratamiento biológico, no se deben de dosificar, ni realizar cambios químicos.

- o Captación de agua: se dosificará floculante de sulfato de aluminio, que de acuerdo a su funcionamiento, logra reducir hasta un 77% de unidades de color con una proporción de 5.75kg/h por 70,000L/h, convirtiendo el mismo, en lodos que se pueden tratar con el filtroprensa. Serán dosificados un total de 138kg/día.
- o Desarenador: no se realizarán cambios a los valores de diseño.
- o Tanque de equalización: se necesita disminuir la temperatura y del pH del caudal de desagüe previo al tratamiento biológico, para que el tanque posea valores aptos para la bacteria. En este punto se consideran las siguientes acciones para mejorar el tratamiento biológico:

- * Torre de enfriamiento

Tienen como finalidad enfriar una corriente de agua por vaporización parcial de ésta, con el consiguiente intercambio de calor sensible y latente de una corriente de aire seco y frío que circula por el mismo aparato.

El enfriamiento ocurre cuando el agua, al caer a través de la torre, se pone en contacto directo con una corriente de aire que fluye a contracorriente o a flujo cruzado, con una temperatura de bulbo húmedo inferior a la temperatura del agua caliente, en estas condiciones, el agua se enfría por transferencia de masa (evaporación) y por transferencia de calor sensible y latente del agua al aire, lo anterior origina que la temperatura del aire y su humedad aumenten y que la temperatura del agua descienda; la temperatura límite de enfriamiento del agua es la temperatura de bulbo húmedo del aire a la entrada de la torre. Existen 2 tipos: torres de tiro mecánico y torres de circulación natural.

- Torres de circulación natural

Son aquellas que no necesitan instrumentos mecánicos para el trabajo de la misma. Existen de tipo natural y torres atmosféricas de enfriamiento.

- ♦ Tiro natural

El flujo de aire necesario se obtiene como resultado de la diferencia de densidades, entre el aire más frío del exterior y húmedo del interior de la torre. Utilizan chimeneas de gran altura para lograr el tiro deseado. Debido al inmenso tamaño de estas torres (500pie alto y 400pie de diámetro), se utilizan por lo general para flujos de agua por encima de 200,000gpm.

- ♦ Torres atmosféricas de enfriamiento

Aquella con que la pérdida de calor se logra primordialmente gracias al movimiento natural del aire a través de la estructura.

- Torres de tiro mecánico

Se emplean 2 tipos: el de tiro forzado y el de tiro inducido.

- ♦ Torre de tiro forzado

El ventilador se monta en la base y se hace entrar al aire en la base de la misma, y se descarga con baja velocidad por la parte superior. El equipo queda fuera de la parte superior caliente y húmeda de la torre, el ventilador no está sometido a condiciones corrosivas; sin embargo, la escasa velocidad del aire de salida, la torre de tiro forzado está sujeta a una recirculación excesiva de los vapores húmedos de salida; que retornan a las entradas de aire. Puesto que la temperatura de bulbo húmedo del aire de salida es mucho mayor que la del aire circundante, existe una reducción en el buen desempeño, lo cual se evidencia mediante un incremento en la temperatura de agua fría (saliente).

- ♦ Torre de tiro inducido

El ventilador se monta en la parte superior. Se subdivide en diseños de contraflujo o flujo transversales, dependiendo de las direcciones relativas de flujo de agua y el aire. Existen las torres de contraflujo y flujo transversal.

- Contraflujo

Desde el punto de vista termodinámico es más eficaz, ya que el agua más fría entra en contacto con el más frío, obteniendo así un máximo potencial de entalpía. Mientras mayores son las gamas de enfriamiento y más difícil la diferencia útil de temperaturas, tanto más evidente serán las ventajas del tipo de contraflujo.

▫ Flujo transversal

El aumento en el flujo de aire no se logra necesariamente incrementando la velocidad del mismo, sino sobre todo alargando la torre para aumentar el área de corte transversal para el flujo de aire. Así pues, el llenado para flujos transversales se hace progresivamente más largo en la dirección perpendicular al flujo del aire y más corto en la dirección de éste, hasta que casi pierde su desventaja inherente de la diferencia de potencial.

El resultado del funcionamiento de un tipo específico de torre de enfriamiento está dictaminado por la razón de los pesos de aire a agua y el tiempo de contacto entre uno y de otra. El tiempo de contacto en el agua y el aire se determina en mayor grado por el tiempo necesario para que el agua se descargue por las boquillas y caiga a través de la torre hasta el depósito. Éste se obtiene en un tipo determinado de unidad, haciendo variar la altura de la torre. Si el tiempo de contacto es insuficiente, ningún incremento en la relación de aire a agua generará el enfriamiento deseado.

La capacidad de enfriamiento de cualquier torre, con una temperatura de bulbo húmedo y velocidad de viento dados, varía con la concentración del agua. La concentración necesaria para producir el enfriamiento deseado depende primordialmente de:

Intervalo de temperatura ($T_1 - T_2$)

Diferencia útil de temperaturas a la temperatura de bulbo húmedo ($T_2 - t_w$)

Altura de la torre

Velocidad del viento

Temperatura de bulbo húmedo, t_w

Para determinar las temperaturas de bulbo húmedo y bulbo seco en el área de la planta de tratamiento, se utilizó un termómetro de mercurio y un paño mojado de algodón.

Para evaluación del bulbo húmedo se envuelve éste del termómetro con el paño mojado de algodón, que al proporcionarle una corriente de aire, el agua se evapora rápidamente dependiendo de la humedad relativa del ambiente, enfriándose más cuanto menor sea ésta, debido al calor latente de evaporación del agua.

En la tabla XXII se indican los registros de los valores en cada una de las etapas de la planta de tratamiento:

Tabla XXII. **Estudio temperaturas de bulbo húmedo y seco en planta de tratamiento**

		Temperatura de bulbo húmedo <°C>	Temperatura de bulbo seco <°C>
Estudio 1	Filtro Inicial	22,0	25,0
	Tanque de ecualización	22,0	25,0
	Tratamiento biológico	23,5	26,0
Estudio 2	Filtro inicial	21,0	24,0
	Tanque de ecualización	21,0	24,0
	Tratamiento biológico	21,0	22,5
Promedio		21,7500	24,4167

Fuente: elaboración propia.

La torre de enfriamiento se instalará previa al tanque de equalización. Para estudio de las dimensiones que debe tener, se tomaron 5 distintas muestras de agua en la etapa del desarenador, midiendo su peso y comparándolo con el volumen.

En la tabla XXIII se muestran los resultados de las muestras tomadas para evaluación de la densidad:

Tabla XXIII. **Determinación de densidad de afluyente contaminado**

	Peso beaker (kg)	Peso Beaker+Muestra (kg)	Peso Muestra (kg)	Volumen (L)	Densidad (kg/L)	Densidad (kg/m³)
Muestra 1	0,2153	0,7309	0,5156	0,5	1,0312	1 031,20
Muestra 2	0,2153	0,7298	0,5145	0,5	1,029	1 029,00
Muestra 3	0,2152	0,7306	0,5154	0,5	1,0308	1 030,80
Muestra 4	0,2143	0,7312	0,5169	0,5	1,0338	1 033,80
Muestra 5	0,2154	0,731	0,5156	0,5	1,0312	1 031,20
					Promedio	1 031,20

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de la torre de enfriamiento se establecen los datos estipulados en la tabla XXIV:

Tabla XXIV. **Cuadro resumen parámetros de evaluación para torre de enfriamiento**

Descripción	Medición	Medición
Temperatura de entrada a la torre (T1)	53,6°C	128,48°F
Temperatura salida de la torre (T2)	30°C	86°F
Temperatura de bulbo húmedo (Tw)	21,7500°C	71,15°F
Temperatura de bulbo seco (Td)	24,4167°C	75,95°F
Densidad del fluido	1 031kg/m3	
Caudal	70m3/h	1 167L/min
Velocidad del viento	-	

Fuente: elaboración propia.

La velocidad del viento en el sector en el que se encuentra la planta de tratamiento es baja, por lo que se implementará una torre mecánica de tiro inducido. A continuación, desarrollo de cálculos.

– Fórmulas y cálculos

$$\text{Intervalo} = t_1 - t_2$$

$$\text{Intervalo} = (53.6 - 30)^\circ\text{C} = 23.6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Acercamiento} = t_2 - t_w$$

$$\text{Acercamiento} = (30 - 21.75)^\circ\text{C} = 8.25 \text{ }^\circ\text{C}$$

– Cálculo de dimensionamiento

De la relación líquido a gas (L/G) se analiza:

$$L = Q \times \rho_{agua} \quad \text{Donde } \rho_{agua} = 1031 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$L = Q * d$$

$$L = \left(1167 \frac{\text{L}}{\text{min}} \right) \left(1031 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$L = 1203.177$$

Y

$$G = q \times \rho_{aire} \quad \text{Donde } \rho_{aire} = 1.02 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$G = q * d_a$$

$$G = q * \left(1.055 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$L = 1.055q$$

(L/G) debe ser igual a 1, representando que el caudal de agua que entra debe ser igual al caudal de aire que ingresa a la torre de enfriamiento, por lo cual:

$$L/G = 1$$

$$1203.177 / 1.055q = 1$$

$$q = 1140.452 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 40274.6908 \text{ CFM}$$

De acuerdo a la velocidad del aire que se proporcionará por medio de un ventilador, será el área que se necesita para realizar la torre.

$$\text{Area} = \frac{\text{Flujo del aire}}{\text{Velocidad del aire}}$$

En la tabla XXV se relaciona el área que debe tener la torre de enfriamiento, de acuerdo a la velocidad del ventilador que se desea instalar.

Tabla XXV. **Área de torre de enfriamiento según velocidad de ventilador**

Velocidad (m/min)	Área (m²)
50	23,59
75	15,73
100	11,80
125	9,44
150	7,86
200	5,90

Fuente: elaboración propia.

El lugar donde se instalará la torre es un área de 3m x 5m, ésta es de 15m². Por tal razón se escogerán las velocidades de 100m/min a 150m/min.

En la tabla XXVI se especifica la altura de la torre de acuerdo a la temperatura de acercamiento y de intervalo.

Tabla XXVI. **Altura de torre de enfriamiento**

Acercamiento °C	Intervalo °C	Altura aproximada Metros
8 a 11	13 a 20	4,6 a 6,1
Moderado	13 a 20	7,6 a 9,1
4	13 a 20	10,6 a 12,6
3	13 a 20	10,6 a 12,6

Fuente: GARCÍA, Hiram. Guía para el diseño de torres de enfriamiento. p. 78.

De acuerdo a la tabla anterior, debe tenerse una altura de 4,6 a 6,1 metros. Se establece que es necesario instalar una torre de 8 metros de altura para condiciones futuras, en las que el caudal que entre a la planta de tratamiento aumente.

La torre tendría las siguientes dimensiones: 3m de ancho, 4m de largo, y 8m altura. Se fundirá un tanque de 1,5m de altura. Para cuidar y preservar la calidad del tanque, se impermeabilizaría con epóxico resistente a químicos. A su vez, se instalará una bomba de 300gpm para que se encuentre en equilibrio el sistema de bombeo de agua.

El relleno de la torre de enfriamiento será de polipropileno, dado las características de resistencia a corrosión y temperaturas altas de trabajo.

- Capacidad de disipación de calor de la torre de enfriamiento

De acuerdo a la carta psicométrica (ver anexos), se realizan los cálculos pertinentes para la evaluación del calor disipado de la torre de enfriamiento, indicados en la tabla XXVII:

Tabla XXVII. **Cálculos de disipación de calor de torre de enfriamiento**

Descripción	Fórmula	Valor
H1 (Twb1 y Tdb1)		130 granos/lb
H2 (Twb2 y Tdb2)		164 granos/lb
Humedad agregada	$H = H2 - H1$	96 granos/lb de aire seco
Entalpía humedad agregada	Hw	2,5BTU/lb de aire seco
Entalpía del aire de entrada	h1	39BTU/lb de aire seco
Entalpía del aire de salida	h2	44BTU/lb de aire seco
Calor disipado	$q = h2 - h1 - Hw$	5,0BTU/lb de aire seco
Volumen específico del aire de entrada	V	16,9pies ³ /lb de aire seco

Fuente: elaboración propia.

- Calor total disipado

$$Q = q * q'$$

$$Q = 40274.6908 \text{ CFM} * \frac{5}{16.9}$$

$$Q = 11915.89 \frac{\text{BTU}}{\text{min}}$$

La torre de enfriamiento disipará 11 920BTU por hora, para alcanzar una temperatura de 35°C.

* Uso de dióxido de carbono (CO₂)

Uno de los usos más comunes del CO₂ en un afluyente contaminado, es la disminución de pH del mismo. En relación a procesos que utilizan ácido sulfúrico, ácido clorhídrico o ácido acético, el CO₂ no sólo puede llegar a reducir el costo, sino que también elimina los riesgos inherentes a la utilización de estos ácidos.

Entre las ventajas que se obtienen al utilizar CO₂ se encuentran:

- No hay salinización por los cloruros, sulfatos, etc.
- No hay cargas por incremento de contenido de sal.
- Adecuado para reutilización en circuito cerrado.
- Se elimina la sobre acidificación.
- No hay problemas de corrosión.
- Bajo coste operativo.
- Posible precipitación controlada de metales pesados o componentes de dureza.
- Disminución de temperatura del afluyente tratado.

El CO₂ no genera aniones que pueden complicar la compatibilidad ambiental del vertido como el cloruro que saliniza las aguas o el sulfato que reduce la fertilidad y permeabilidad del suelo, que se generan en la neutralización. Esto es consecuencia de la reacción con medios alcalinos.

Para la alimentación y disolución del CO₂ en agua, existe una variedad de sistemas: reactores tubulares, sistemas a presión, mezcladores estáticos, eyectores y placas de aireación. La técnica usada depende de la calidad del agua, por ejemplo la dureza, y las circunstancias locales.

En sistemas convencionales, el dióxido de carbono se hace llegar, desde el sistema de almacenamiento, en forma gaseosa (lo que implica un intercambiador de calor para asegurar un flujo adecuado de gas carbónico), hasta el tanque de homogeneización de la estación depuradora de aguas residuales, mediante una tubería que concluye en un sistema de micronización de la burbuja (dispositivos denominados *spargers* o dispersores), que asegure una gran superficie específica de interacción gas-líquido, de manera que la neutralización se produzca durante el tiempo de retención de dicho tanque.

Comercialmente está disponible en forma gaseosa, líquida y sólida. El estado líquido se le encuentra, no solamente dentro de los cilindros de fase gaseosa a temperatura ambiente, sino que también en cilindros especiales con líquido sobreenfriado a baja presión, que están térmicamente aislados para desplazar el equilibrio hacia la condensación.

El contacto de la fase líquida con la temperatura y presión ambientales, inmediatamente genera 1 parte de nieve carbónica y 3 partes de gas carbónico.

– Manejo y almacenamiento de CO₂

El dióxido de carbono se envasa, transporta y almacena, ya sea en forma líquida o sólida. Las aplicaciones que utilizan la fase gaseosa la obtienen de la gasificación del líquido condensado dentro de los contenedores en forma refrigerada o a temperatura ambiente.

Las temperaturas de almacenamiento se encuentran en el rango entre los -12 y -29°C, de manera que la presión se encuentre en un rango entre 200 y 345psig. Para aquellos sistemas de baja presión (hasta 400psig), los sistemas de almacenamiento y los equipos asociados deberán diseñarse para resistir una presión, que sea al menos un 10% más arriba de la máxima presión normal de operación. Usualmente, se utiliza tubería de acero cédula 80 con conectores de acero calificados para 2000psig, o bien tubería de acero sin costura de cédula 40 con conectores soldados. Se recomiendan también el acero inoxidable, el cobre y el bronce, y materiales especiales para temperaturas inferiores a -25°C.

– Cálculos de volumen de CO₂

Para evaluación de la variación del pH al mezclarlo con CO₂, se determina que el agua no sufre un efecto tampón, ya que no se utiliza carbonato de calcio en los procesos. Una solución tampón está formada por compuestos en equilibrio químico, de tal forma que ante pequeñas adiciones de ácido o base, no sufre variaciones en la concentración de H⁺ u OH⁻. En la tabla XXIII se desarrollan las fórmulas a utilizar para la evaluación de pH en el afluente.

Tabla XXVIII. **Fórmulas para cálculos de pH**

Descripción	Fórmula
Cálculo de iones hidrónios	$[H^+] = 10^{-pH}$
Cálculo de iones hidrónios con base a concentración de caudales	$[H^+]_{final} = \frac{(Q_1) ([H^+]_1) + (Q_2) ([H^+]_2)}{Q_1 + Q_2}$
Cálculo de pH	$pH = \log \frac{1}{[H^+]}$

Fuente: RAMALHO, R.S., Tratamiento de aguas residuales. p. 184.

- Datos

Para el pH inicial se tomará el valor promedio del tanque desarenador. Los datos para la evaluación se indican en la tabla XXIX.

Tabla XXIX. **Valores cálculo caudal de CO₂**

Descripción	Cantidad
pH ₁	9,916
Q ₁ (m ³ /h)	67,78
pH ₂ (CO ₂)	4,2
pH _{final}	8,2
Densidad CO ₂	762 Kg/m ³
Q ₂	?

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo al uso de las ecuaciones anteriores, se obtuvo el siguiente dato:

$$Q_2 = 0,0267\text{m}^3/\text{h}$$

Esto es equivalente a 20,3715kg/h. Por año se utilizarían 171 120kg.

* Extensión de tanque de ecualización

El tiempo de retención del tanque de ecualización es de aproximadamente 2,64 horas equivalente a 2 horas con 39 minutos, utilizando una bomba 200gpm (45,36m³/h). Para alcanzar un tiempo de retención de 6 horas, se utilizarían los siguientes criterios:

- Se tomará el ancho del tanque de ecualización: 5m.
- Se logrará un tiempo de retención del agua residual de 6.5 horas.
- La altura tendrá 5,50m, de los cuales serán 5m efectivos de llenado.

$$\text{Volumen} = (\text{Tiempo de retención}) \times (\text{Capacidad de la bomba})$$

Las dimensiones actuales del tanque de ecualización son de 5m de ancho x 8m de largo x 3m de altura, por lo que aumentará una altura de 2 metros de construcción. En este tanque se desea implementar un aireador Venturi Jet.

El aireador de boya se mantendrá en el mismo lugar donde se encuentra trabajando.

Con los datos de la tabla XXX, se utilizará una bomba de 300gpm. Las dimensiones de la totalidad del tanque serán 14,7m largo x 6m de ancho x 5m de altura.

bla XXX. **Análisis de dimensiones para extensión de torre de enfriamiento**

Capacidad de bomba		Tiempo de retención (h)	Volumen (m3)	Altura (m)	Ancho (m)	Largo (m)
gpm	m3/h					
250	56,70	6,5	368,55	5	5	14,7
	56,70		368,55	5,5	5	13,4
	56,70		368,55	6	5	12,3
300	68,04	6,5	442,26	5	5	17,7
	68,04		442,26	5,5	5	16,1
	68,04		442,26	6	5	14,7
350	79,38	6,5	515,97	5	5	20,6
	79,38		515,97	5,5	5	18,8
	79,38		515,97	6	5	17,2
	90,72		589,68	6	5	19,7

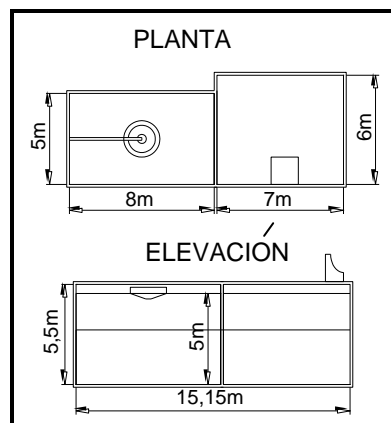
Fuente: elaboración propia.

- Las especificaciones técnicas del aireador Venturi Jet son:

Potencia de motor:	3,0KW
Caudal de agua manejada:	100m3/h
Entrada de aire:	DN 100
Diámetro eyector:	DN 100
Diámetro interior:	DN 55
Amperaje:	7,0

En la figura 9 se muestran las dimensiones de la extensión del tanque de ecualización.

Figura 9. Esquema extensión tanque de ecualización



Fuente: elaboración propia.

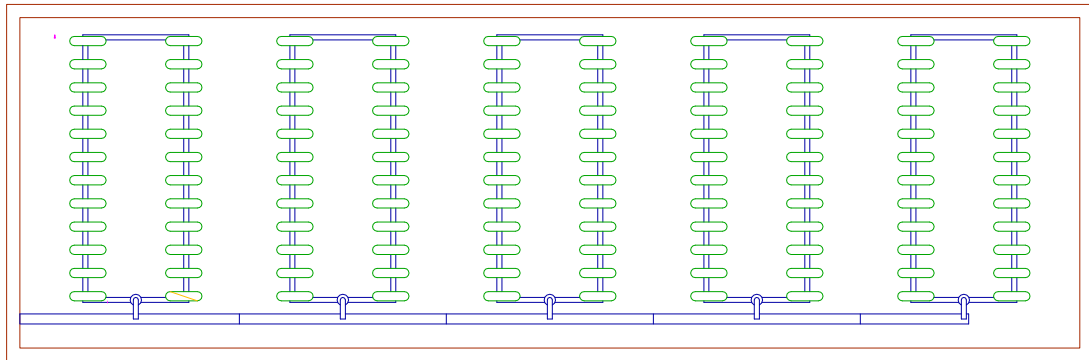
- o Tratamiento biológico: se instalará otro soplador (blower) de capacidad de 520CFM. A su vez, se cambiarán los difusores actuales. Los datos técnicos del *blower* cotizado son:

<i>Blower</i> (Soplador):	DB Compact <i>blower</i>
Conexión eléctrica:	460V/ 60Hz
Modo de funcionamiento:	Presión
Presión diferencial:	10,0psi
Potencia del motor:	3,310rpm
Flujo:	523CFM
ppm de O ₂ :	1,2
Potencia nominal del motor:	40,0hp

* Difusores

La mayoría de difusores se encuentran en mal estado. La figura 10 muestra la distribución de estos en el tanque de tratamiento biológico.

Figura 10. **Distribución de difusores actuales en tanque de tratamiento biológico**



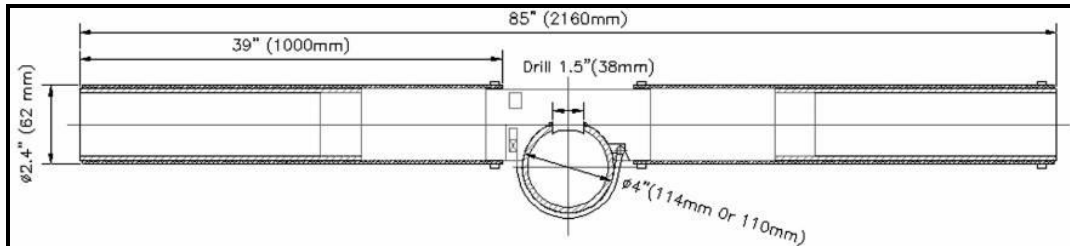
Fuente: elaboración propia.

Se cambiarán todos los difusores actuales por difusores de tubo de membrana que tienen las siguientes características técnicas de trabajo.

- * Temperatura: hasta 120°C
- * Profundidad máxima: hasta 7 metros
- * Ambientes: corrosivos

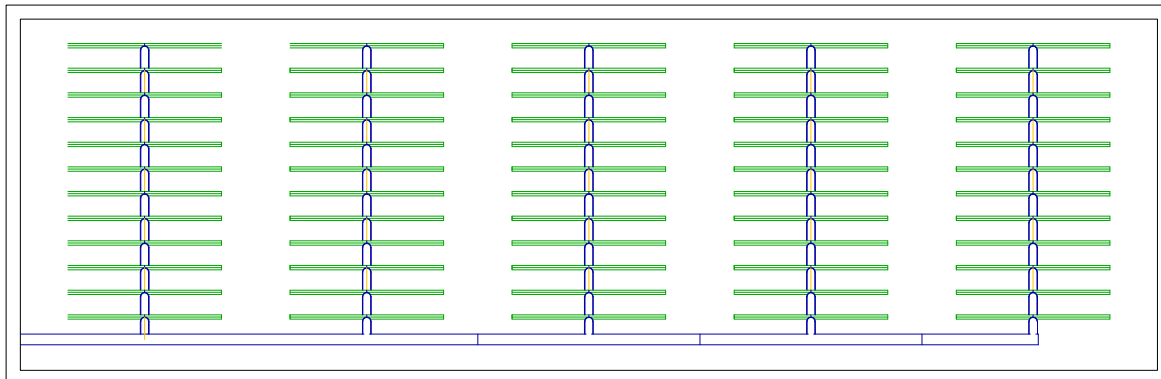
En la figura 11 se establece las dimensiones de los difusores de tubo de membrana, y la figura 12 la distribución de los mismos en el tanque de tratamiento biológico.

Figura 11. Dimensiones de difusores de tubo de membrana



Fuente: hoja de datos Difusores de tubo de Membrana, EMR.

Figura 12. Distribución difusores tubo de membrana en tanque de tratamiento biológico

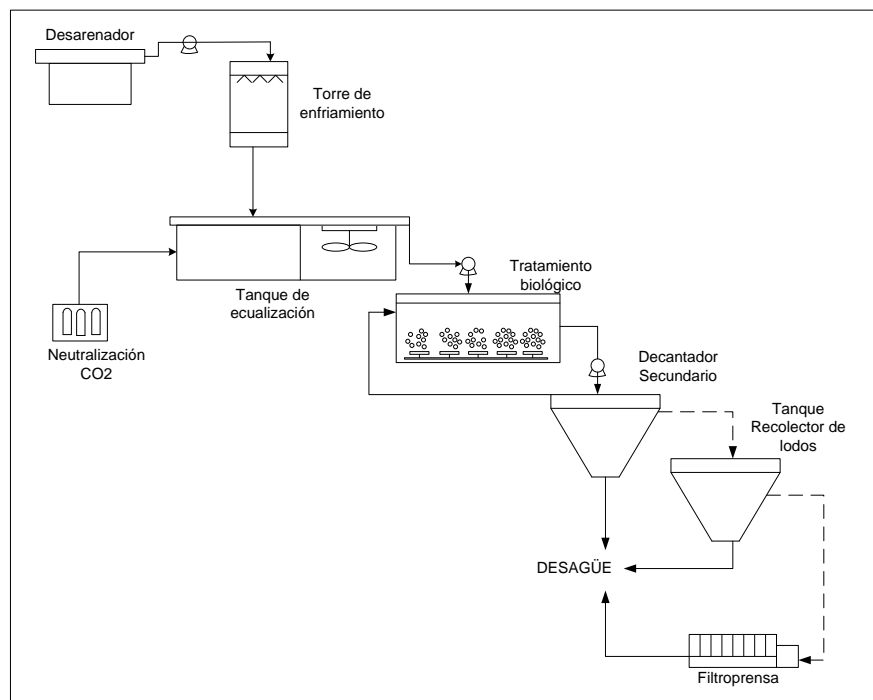


Fuente: elaboración propia.

- o Decantador secundario: la etapa no necesita rediseño
- o Tanque recolector de lodos: la etapa no necesita rediseño
- o Filtro prensa: la etapa no necesita rediseño

En la figura 13 se establece el esquema de la reestructuración de la planta de tratamiento de tratamiento.

Figura 13. **Reestructuración de remodelación de planta de tratamiento actual**



Fuente: elaboración propia.

2.1.4.4. **Extensión de planta de tratamiento: tratamiento terciario**

Un tratamiento terciario consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos avanzados, donde se pretenden eliminar metales pesados, nitrógeno, fósforo, entre otros, para lograr reutilizar una parte de las aguas servidas producidas por la empresa.

- Tecnologías

- o Ósmosis inversa

Consiste en aplicarle a la disolución concentrada una presión superior a la osmótica, produciéndose el paso de disolvente (agua) desde la disolución más concentrada a la más diluida hasta alcanzar un nuevo equilibrio. Usando esta técnica, se elimina la mayor parte del contenido en sales del agua.

- o Ultrafiltración

Es un método de filtración de flujo transversal, similar a la ósmosis inversa, pero con presiones más bajas, que utiliza una membrana para separar partículas coloidales pequeñas y moléculas grandes del agua y otros líquidos. Filtra partículas entre 0,002 a 0,1 micras (μm) y rechaza sustancias orgánicas de peso molecular mayor que 1 000, mientras que deja pasar iones y sustancias orgánicas menores.

- o Ozono

Es una forma alotrópica del oxígeno, formada por tres átomos de este elemento, cuya función más conocida es la de protección frente a la peligrosa radiación ultravioleta del sol; pero también es un potente oxidante y desinfectante con gran variedad de utilidades. La más destacada es la desinfección de aguas. Debido a la inestabilidad del compuesto, éste debe ser producido en el sitio de aplicación mediante unos generadores.

El funcionamiento del proceso consiste en pasar un flujo de oxígeno a través de dos electrodos. De esta manera, al aplicar un voltaje determinado, se provoca una corriente de electrones en el espacio delimitado por los electrodos, que es por el cual pasa el gas. Estos electrones provocarán la disociación de las moléculas de oxígeno que posteriormente formarán el ozono. Cuando este gas es inyectado en el agua, puede ejercer su poder oxidante mediante dos mecanismos de acción: oxidación directa de los compuestos mediante el ozono molecular y oxidación por radicales libres hidroxilo.

Dependiendo de las condiciones del medio, puede predominar una u otra vía de oxidación: en condiciones de bajo pH, predomina la oxidación molecular; y bajo condiciones que favorecen la producción de radicales hidroxilo, como es el caso de un elevado pH, exposición a radiación ultravioleta, o por adición de peróxido de hidrógeno, empieza a dominar la oxidación mediante hidroxilos.

El ozono, además de proporcionar una eficaz desinfección y reducir la DBO_5 , es capaz de eliminar compuestos como cianuros y fenoles, precipitar el hierro y el manganeso, mejorar los caracteres organolépticos del agua (olor, aspecto y sabor) y favorecer la nitrificación (oxida los nitritos, compuestos tóxicos para la fauna acuática, a nitratos.)

Entre los beneficios que se obtienen se encuentran: no se utilizan productos químicos, agente eliminador de gérmenes más potente, debido a su elevada reactividad; desinfección independiente del pH, descomposición adicional de compuestos orgánicos y pigmentos.

o Rayos ultravioleta (UV)

Garantizan la eliminación de entre el 99,9% y el 99,99% de agentes patógenos. Para lograr este grado de efectividad casi absoluta mediante este procedimiento físico, es totalmente imprescindible que los procesos previos del agua eliminen de forma casi total cualquier turbiedad de la misma, ya que la Luz Ultravioleta debe poder atravesar perfectamente el flujo de agua a tratar.

Los rayos UV funcionan mediante la radiación o iluminación del flujo de agua con una o más lámparas de silicio cuarzo, con unas longitudes de onda de 200 a 300 nanómetros. Por lo tanto, el agua fluye sin detenerse por el interior de los purificadores, que contienen estas lámparas. La luz UV no cambia las propiedades del agua o aire, es decir, no altera químicamente la estructura del fluido a tratado. Los principales aspectos que deben tomarse en cuenta para seleccionar un sistema de desinfección de agua con luz UV son:

- * Tipo o calidad de agua.
- * Flujo de agua.
- * Concentración de hierro.
- * Concentración de manganeso.
- * Tipo y concentración de microorganismos.
- * Reducción deseada.
- * Dosis de luz UV (mWs/cm^2), considerada como la intensidad de luz (mW/cm^2) multiplicada por el tiempo de residencia (segundos).

Entre los beneficios que se obtienen son: desinfección sin productos químicos, todos los gérmenes son desactivados. Los UV penetran en el ADN de los gérmenes, y la fotodescomposición efectiva de los compuestos de cloro.

2.1.4.4.1. Maquinaria

- Ósmosis inversa: Serie MS216
 - o Parámetros de operación
 - * Agua de alimentación: 214gpm
 - * Temperatura: 4,4°C-35°C, 40°F-95°F
 - * Presión de alimentación: de 30psi en adelante
 - * Agua de salida: 25°C, 77°F; pH de 8,0, hasta 150gpm
 - * Líquido rechazado: 64gpm
 - o Presenta las siguientes características
 - * Composición de membranas delgadas
 - * Bomba de acero inoxidable de 30hp
 - * Control de PLC, monitor y paneles e instrumentos eléctricos
 - * Tanques de alta presión
 - * Pre filtro de 5 micras
 - * Peso: 3 600lb
 - * Posee 30 filtros
 - * Dimensiones LxAxH (cm): 711x107x170

- Filtración: sistema de filtración BMF 60

El agua de alimentación cae dentro del tanque desde la parte superior. El agua pasa a través del filtro que retiene todas las partículas mayores a 10 micras. Función de retrolavado por sensor de presión.

- o Dimensiones LxAxH (cm): 218x234x246
- o Área de filtro: 1,82m², de 10 micras
- o Caudal: 392gpm
- o Peso de operación: 13 500lb
- o Presión de trabajo: 50psig

2.1.4.4.2. Comparaciones

Para el caso del afluente textil, se deben determinar qué contaminantes que deben removerse en el tratamiento terciario. Los residuos que quedan en el agua residual tratada son contaminantes de color, sales, bacteria que no se logró remover, y sólidos.

- Al utilizar la ozonización se logrará reducir los niveles de color del agua, elementos patógenos y sólidos en suspensión.
- Los rayos ultravioleta reducen aquellos elementos patógenos del agua. En este caso, no sería muy efectivo, debido a que se deben realizar análisis para determinar si la turbiedad del agua disminuyó luego de realizar las mejoras de las etapas de la planta de tratamiento.

- La ósmosis inversa disminuye los niveles de color y atrapa todos los sólidos que no se lograron remover.
- A esto hay que añadir que el agua de producción no propicia un ambiente para que se reproduzcan elementos patógenos.

La máquina Serie MS216 de ósmosis inversa y BMF 60 de filtración disminuyen niveles de fósforo, nitrógeno, color y realizan una desinfección profunda del agua tratada.

Se concluye que las mejores opciones son el uso de filtros para aferrar sólidos y partículas de color que se encuentran en el agua, al igual que los residuos de bacteria que se arrastren en el agua residual. Por niveles de costo se analiza que la ultrafiltración es más conveniente.

2.1.4.4.3. Instalación

La máquina que se desea instalar es un sistema de filtración BMF 60. Se debe fundir un área de de 5m de largo por 4m de ancho por 30cm de alto. Implementando este tipo de máquina, se logran disminuir considerablemente los niveles de sólidos presentes en el afluente, pero deben realizarse análisis luego de implementarse, para verificar si se puede reutilizar el agua.

2.2. Área de felpado y de compactado

2.2.1. Proceso de acabado

Área dentro de la empresa que se encarga de procesar la tela y conferirle los valores de torque, peso, encogimiento y tacto que el cliente solicite para realización de prendas de vestir.

2.2.1.1. Área de afelpado

El proceso de afelpado o *fleece*, consiste en desgarrar la tela levemente en la superficie, con rodillos recubiertos con puntas de acero. La tela pasa a través de máquinas que poseen 2 tambores que contienen 24 cilindros con agujas, las cuales revientan superficialmente la malla de la tela para darle el acabado de afelpado. Después de realizado este proceso, la tela queda con el aspecto de pelillo por uno de sus lados. Este es un proceso de mejoramiento y acabado. La empresa posee 2 máquinas para afelpar.

2.2.1.2. Área de compactado

En esta área se seca y compacta la tela para darle los encogimientos y el peso de tela requerido, encontrándose 3 máquinas de secado y 4 compactadoras. El proceso de secado se realiza aproximadamente a 20m/s y una temperatura de 280°F para secar el *batch*. La tela es introducida por una serie de ejes denominados abridores que posicionan la misma en una serie de bandas. El calor es suministrado por quemadores de gas propano. La tela, finalmente, es plegada nuevamente en una carreta. En el proceso de compactado se pueden rectificar las variables de encogimiento, peso y torque.

2.2.2. Evaluación de riesgos de salud

Todo lugar de trabajo necesita ventilarse por medios naturales o mecánicos, para cumplir con dos grandes requerimientos ambientales: proporcionar el oxígeno necesario para el mantenimiento de la vida, y disminuir la contaminación ambiental del lugar causada por la presencia de dióxido carbono, exceso de calor y humos o vapores producidos por los procesos industriales.

Para verificar si la zona de trabajo dentro del área de compactado es propicia para la realización de actividades, se utilizará el índice de temperatura-humedad (índice T-H, también llamado índice de incomodidad). Éste expresa con un valor numérico la relación entre la temperatura y la humedad como medida de la comodidad o de la incomodidad. Se calcula sumando 40 al 72% de la suma de las temperaturas en el termómetro seco y en otro húmedo. Las temperaturas de trabajo de las máquinas dentro del área, se presentan en la tabla XXXI.

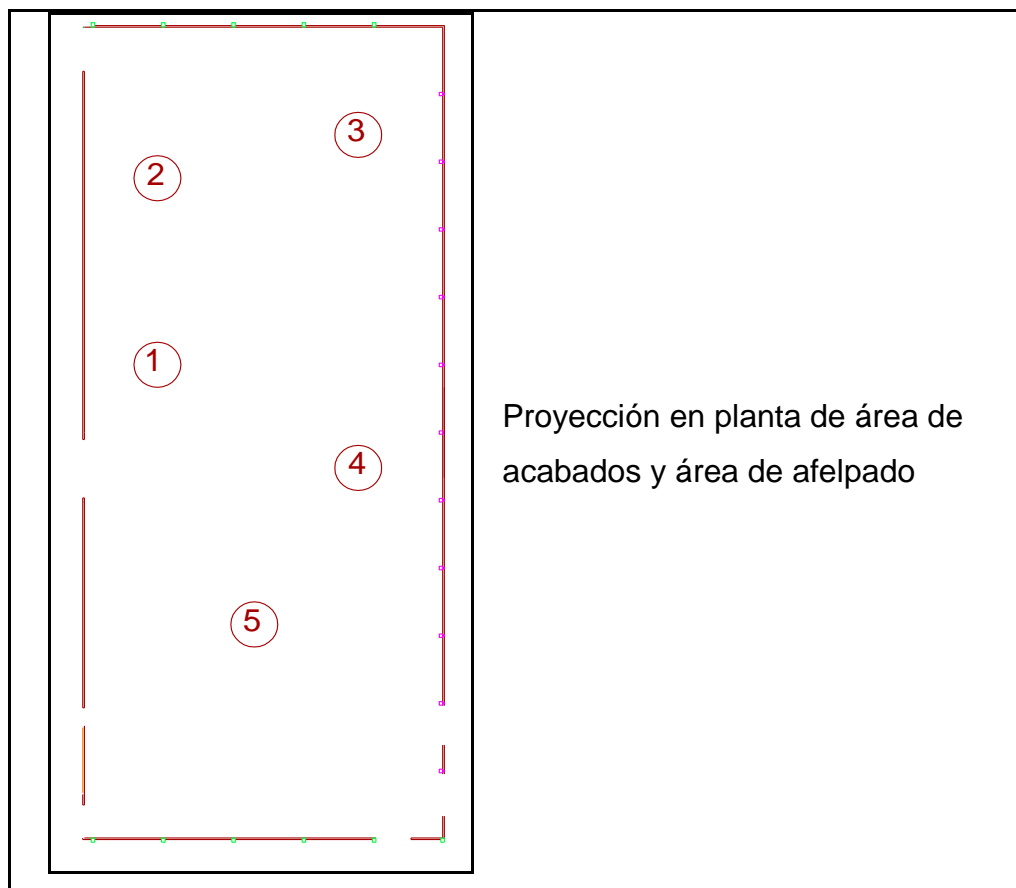
Tabla XXXI. **Temperaturas máquinas en área de acabados y área de afelpado**

Maquina	Temperatura (°C)	Maquina	Temperatura (°C)
Compactadora 1	32,1	Afelpadora 1	34,1
Compactadora 2	40,1	Afelpadora 2	35,6
Compactadora 3	33,8	<i>Sueded</i>	33,2
Compactadora 4	42,3	Promedio	39,1222
Secadora 1	49,3		
Secadora 2	51,6		

Fuente: elaboración propia.

En la figura 10 se establecen los puntos donde se evaluó la temperatura y el volumen de contaminantes.

Figura 14. **Puntos de control de temperatura y volumen de contaminantes en área de acabados y área de afelpado**



Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXXII se exponen los valores del estudio de temperaturas de bulbo seco y de bulbo húmedo que se manejan dentro del área, para realizar el cálculo del índice de inconformidad. Dentro del área, todos los lugares evaluados presentan un índice de incomodidad superior al límite.

Tabla XXXII. Cálculo índice de inconformidad en área de acabados

	Lugar	Temperatura de bulbo húmedo °C	Temperatura de bulbo seco °C	Índice de incomodidad	Promedio
Medición 1	1	25,0	31,0	80,32	79,10
	2	24,5	32,0	80,68	
	3	24,5	31,0	79,96	
	4	23,5	28,0	77,08	
	5	24,0	28,0	77,44	
Medición 2	1	26,0	32,0	81,76	78,95
	2	26,0	31,0	81,04	
	3	26,0	28,0	78,88	
	4	25,0	26,0	76,72	
	5	23,5	27,0	76,36	
Medición 3	1	25,5	31,0	80,68	79,46
	2	25,0	30,0	79,60	
	3	26,0	31,5	81,40	
	4	24,0	29,0	78,16	
	5	24,0	28,0	77,44	
Medición 4	1	26,0	29,0	79,60	78,16
	2	26,0	30,0	80,32	
	3	25,5	30,0	79,96	
	4	23,5	27,0	76,36	
	5	22,0	26,0	74,56	
Medición 5	1	25,0	29,0	78,88	82,19
	2	26,5	30,5	81,04	
	3	26,0	50,0	94,72	
	4	25,5	28,5	78,88	
	5	24,0	28,0	77,44	
Medición 6	1	26,0	30,5	80,68	80,46
	2	27,0	31,0	81,76	
	3	26,5	30,0	80,68	
	4	26,0	29,5	79,96	
	5	25,5	29,0	79,24	

Fuente: elaboración propia.

2.2.2.1. Estudio de concentración de polvos en el aire

Para evaluar el volumen de mota en el ambiente, se ubicaron 5 recipientes en distintos puntos del área de compactado y área de afelpado. Los recipientes tenían un diámetro de 36cm., equivalente a un área de 0,1018m². El volumen total del área es de 15 120m³. En la tabla XXXIII se resumen los datos del estudio para determinar el caudal de mota en el área.

Tabla XXXIII. Estudio de contaminación de aire

	Recipiente	Peso recipiente (g)	Recipiente con peso (g)	Peso de tela (g)	Duración hrs	Caudal de mota (µg/h)	µg/m ³
Muestra 1	1	616,6	616,70	0,10	73,5167	1 360,236	6,6138
	2	612,2	613,00	0,80	73,3833	10 901,658	52,9101
	3	595,9	596,90	1,00	73,5167	13 602,358	66,1376
	4	609,2	609,80	0,60	73,6167	8 150,328	39,6825
	5	585,4	585,50	0,10	74,3700	1 344,628	6,6138
	Total			2,60		35 359,208	171,9577
Muestra 2	1	616,6	616,80	0,20	89,5000	2 234,637	13,2275
	2	612,2	613,30	1,10	89,4333	12 299,665	72,7513
	3	595,9	597,10	1,20	89,2333	13 447,889	79,3651
	4	609,2	610,00	0,80	89,0667	8 982,036	52,9101
	5	585,4	585,50	0,10	89,8700	1 112,718	6,6138
	Total			3,40		38 076,945	224,8677
Muestra 3	1	616,6	616,90	0,30	49,2000	6 097,561	19,8413
	2	612,2	612,60	0,40	48,8333	8 191,126	26,4550
	3	595,9	596,40	0,50	49,0000	10 204,082	33,0688
	4	609,2	609,60	0,40	49,1333	8 141,113	26,4550
	5	585,4	585,60	0,20	49,6900	4 024,955	13,2275
	Total			1,80		36 658,836	119,0476
Muestra 4	1	616,6	616,80	0,20	53,0167	3 772,399	13,2275
	2	612,2	612,70	0,50	52,7833	9 472,687	33,0688
	3	595,9	596,60	0,70	52,8667	13 240,858	46,2963
	4	609,2	609,50	0,30	52,9833	5 662,158	19,8413
	5	585,4	585,50	0,10	53,1200	1 882,530	6,6138
	Total			1,80		34 030,631	119,0476

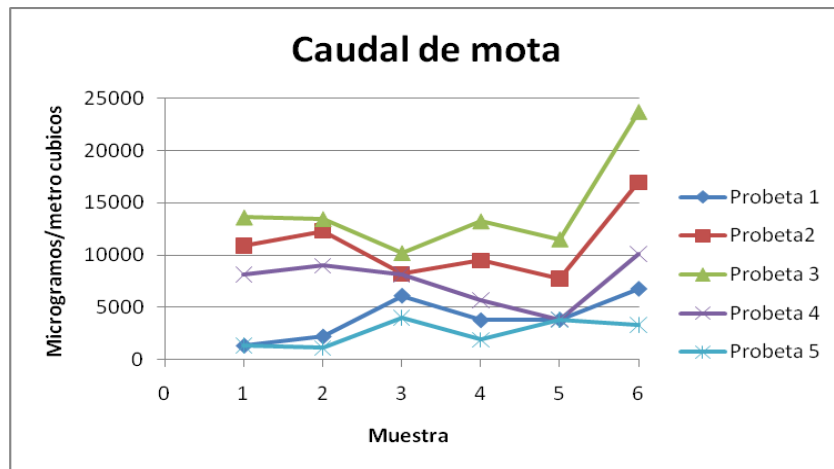
Continuación tabla XXXIII.

	Recipiente	Peso recipiente (g)	Recipiente con peso (g)	Peso de tela (g)	Duración hrs	Caudal de mota (µg/h)	µg/m ³
Muestra 5	1	616,6	616,70	0,10	26,1500	3824,092	6,6138
	2	612,2	612,40	0,20	25,8667	7 731,959	13,2275
	3	595,9	596,20	0,30	26,0500	11 516,315	19,8413
	4	609,2	609,30	0,10	26,1000	3 831,418	6,6138
	5	585,4	585,50	0,10	26,4700	3 777,862	6,6138
	Total				0,80		30 681,645
Muestra 6	1	616,6	616,80	0,20	29,6000	6 756,757	13,2275
	2	612,2	612,70	0,50	29,4833	16 958,734	33,0688
	3	595,9	596,60	0,70	29,5833	23 661,972	46,2963
	4	609,2	609,50	0,30	29,6500	10 118,044	19,8413
	5	585,4	585,50	0,10	30,0400	3 328,895	6,6138
	Total				1,80		60 824,401

Fuente: elaboración propia.

La figura 14 es un gráfico de los resultados obtenidos del estudio anterior.

Figura 15. **Análisis y comparación de contaminación de aire en área de acabado y de afelpado**



Fuente: elaboración propia.

Se establece que el lugar 3 es el sitio dentro del área de compactado y área de afelpado con mayor volumen de contaminación y un ambiente no óptimo para realizar actividades. El lugar 5 posee los valores más bajos de contaminación en el ambiente.

2.2.2.2. Índices óptimos de concentración de polvo en el aire

De acuerdo a una empresa dedicada a la realización de sistemas de ventilación y dispositivos para renovación de aire en naves industriales, se presenta la tabla XXXIV de los índices óptimos para llevar a cabo actividades al aire libre:

Tabla XXXIV. Índices de contaminación en aire

Descripción	Aire limpio $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aire contaminado $\mu\text{g}/\text{m}^3$ medida anual en ciudad
Partículas en suspensión	Max. 20	70 a 700
Óxido de Carbono CO	Max. 1 000	6 000 a 225 000
Dióxido de Carbono CO ₂	Max. 65 000	65 000 a 125 000
Anhídrido sulfuroso SO ₂	Max. 25	50 a 5 000
Compuesto de Nitrógeno NO _x	Máx. 12	15 a 600
Metano CH ₄	Max. 650	650 a 13 000

Fuente: Soler y Palau, manual práctico.

Comparando los valores de la tabla XXXIV con los datos obtenidos dentro de la planta, los lugares 1 y 5 no exceden los valores establecidos para partículas en suspensión para aire limpio: 12,1252 y 7,7160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Los lugares 2, 3 y 4 presentan valores altos.

Esta comparación se realiza tomando individualmente cada uno de los puntos entre el volumen total del área de compactado y área de afelpado. En la tabla XXXV se resume el total de contaminantes del aire en cada uno de los estudios.

Tabla XXXV. **Peso total de estudios de contaminantes en aire**

Muestras	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Muestra 1	171,9577	
Muestra 2	224,8677	
Muestra 3	119,0476	
Muestra 4	119,0476	
Muestra 5*	52,9101	Se tomó un tiempo de estudio de 26,12 horas
Muestra 6	119,0476	

Fuente: elaboración propia.

El área presenta altos niveles de partículas en suspensión. Se deben llevar a cabo acciones para mitigar cualquier problema de salud.

2.2.2.3. Enfermedades profesionales

El polvo de algodón es un conjunto de partículas de celulosa que se desprenden de los rollos terminados por efecto de altas temperaturas de secado, uso de vapor para lubricar las fibras, equipo de extracción de calor y contaminantes, en cada una de las máquinas del área.

Estos polvos son partículas neumoconioticas, que al estar alojadas en los pulmones y demás órganos del sistema respiratorio producen neuropatía y degeneración cirrótica pulmonar.

En casos extremos, las partículas alojadas se incrementan en volumen produciendo una obstrucción de los alvéolos pulmonares. La enfermedad más común procedente por estas partículas es la bisinosis. Entre los síntomas más comunes se encuentran: tos, expectoración, dificultad para respirar, dolor en el pecho, opresión en el pecho, ritmo de respiración anormal.

En las personas con asma, la exposición al polvo dificulta la respiración, pero en la bisinosis, los síntomas generalmente desaparecen al final de la semana de trabajo. Después de largos períodos de exposición, los síntomas pueden continuar a lo largo de toda la semana sin mejorar.

El tratamiento más importante es detener la exposición al polvo. La reducción de los niveles de polvo dentro de la fábrica, al mejorar la ventilación, ayudan a prevenir la bisinosis.

Al mismo tiempo, la exposición a las altas temperaturas que se perciben en el área de compactado y área de afelpado puede causar una variedad de afecciones como consecuencia del calor, dentro de ellas se tienen:

- Insolación
- Agotamiento por el calor
- Calambres por el calor
- Desmayo
- Salpullido por el calor (fiebre miliar)
- Cansancio fugaz por el calor

2.2.2.4. Equipo de seguridad

El objetivo de la protección respiratoria es: preservar la salud de las personas que respiran en ambientes nocivos. Sin embargo, los factores a tener en cuenta para conseguir este fin son complejos y no solamente darle al personal el equipo de seguridad industrial apropiado. Éstos son: identificar los riesgos para la salud y comprender sus efectos.

Para disminuir el riesgo de padecer una enfermedad ocupacional por contaminación del aire dentro de la nave industrial, se le proporcionará al operario o persona que transite en el área, el equipo óptimo para mitigar el riesgo de una enfermedad respiratoria, como las mascarillas.

Las mascarillas son respiradores que cubren la nariz y boca de las personas para que no respire partículas pequeñas y contaminantes que afectarían su salud. Los respiradores que se les suministrará a los operarios y personal asiduo a las instalaciones de las áreas de afelpado y compactado, serán respiradores 8 000, de la compañía 3M. Estos poseen la característica de poseer un filtro electrostático activo y filtro de carbón activado, y un clip nasal de seguridad para el ajuste de la misma en la cara de la persona.

En cada turno trabajan 26 personas, entre operadores, supervisores y jefes de área. Se le entregará a cada una estas personas un respirador y se le estará cambiando cada 4 meses o, bien, cuando éstas no presenten la funcionalidad óptima. Además, se repartirán mascarillas al personal de mantenimiento y personas que se encuentren en constante movimiento dentro del área. En la tabla XXXVI se establece una forma de distribución de mascarillas para las personas asiduas al área:

Tabla XXXVI. **Distribución de mascarillas en área de acabados y área de afelpado**

Área	Personal	Recambio	Total/año
Acabado y afelpado	52	Cada 3 meses	208
Mantenimiento	17	Cada 6 meses	102
Otras	8	Cada 8 meses	64
Total			374

Fuente: elaboración propia.

Se deben de repartir 374 Respiradores 8 000 durante el año para lograr que el personal en constante movimiento dentro del área de compactado y área de afelpado tengan equipo de protección industrial.

2.2.3. Renovación de aire

El renovar aire es extraer el aire interior de un local y sustituirlo por aire nuevo del exterior a fin de evitar su enrarecimiento, eliminando el calor, el polvo, el vapor, los olores y cuanto elemento perjudicial o impurezas contenga el aire ambiental encerrado dentro de la nave industrial.

La cantidad de aire necesaria para efectuar una ventilación puede depender, entre otros factores de:

- Dimensiones y características del área
- Actividad a que está destinado
- Calor a disipar o carga térmica
- Granulometría de los sólidos a transportar

Las metas óptimas de diseño para un sistema general de ventilación para cualquier espacio son:

- Promover la salud
- La comodidad
- El bienestar de sus ocupantes
- La calidad de los procesos que se realicen

La renovación del aire dentro de una nave industrial, se puede llevar a cabo por dos medio:

- Ventilación natural: su efectividad depende directamente de los vientos que prevalezcan en el exterior de la nave industrial y de la temperatura del interior de la misma.
- Ventilación forzada o mecánica (artificial): suele efectuarse por medio de ventiladores y extractores de aire que pueden montarse de manera individual en el lugar elegido, o bien emplear una instalación colectiva que ampare un circuito de tubería.

Para determinar la cantidad de suministro de aire se tiene que determinar si la infraestructura se encuentra bajo presión positiva, neutral o negativa.

- Presión positiva: la cantidad de aire inyectado a la nave industrial es mayor que la cantidad de aire que se extraiga de la misma. El aire suministrado puede ser hasta 10% mayor que el aire de extracción.
- Presión neutral: la cantidad de aire inyectado es igual a la cantidad de aire de extracción.
- Presión negativa: la cantidad de aire inyectado es menor que la cantidad de aire de extracción.

Ductos

Son instalaciones que direccionan la salida de aire de los inyectores, o bien, presentan un camino de extracción de humos o partículas suspendidas en el aire. Para la realización de cálculos de los ductos que se utilizan en un sistema de ventilación, se calculan las pérdidas de presión en el sistema de ductería para determinar la capacidad de los ventiladores, verificar el funcionamiento del sistema y balancear las cantidades de aire.

La presión del aire necesaria para vencer la fricción en un conducto es la que determina el gasto de energía del ventilador. La pérdida total de presión del sistema es la pérdida de presión total a través del trayecto del ducto que tiene las mayores pérdidas de presión.

Es más sencillo trabajar con la pérdida total de presión en lugar de pérdidas de presión estática, cuando se analizan las pérdidas de presión en conductos. Esto proporciona una mejor comprensión de la misma presión total disponible en cada punto del sistema, en caso de surgir problemas. Para calcular la pérdida total de presión en el sistema, se suman las pérdidas para cada sección de tubo recto y cada conexión en el trayecto que se haya elegido.

- Método de igual fricción

Consiste en seleccionar un valor para la pérdida de presión por fricción por longitud de ducto, y se mantiene constante para todas las secciones de ducto del sistema. El valor que se selecciona se basa, generalmente, en la velocidad máxima permisible en el conducto cabezal que sale del ventilador, para evitar demasiado ruido. Este método consiste en:

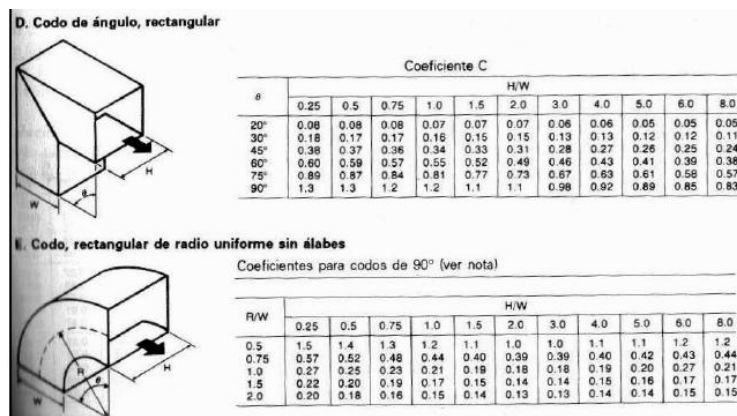
- o Selección de un valor de pérdida de presión por fricción por longitud de ducto. Para este diseño se utiliza el valor de $H_f/100\text{pies} = 0.1$ pulgadas.
- o Selección de valor de caudal máximo permisible.
- o Diseño de ductería usando gráficas, tablas y fórmulas.

Las pérdidas de presión en conductos largos se expresa de la siguiente forma:

- o $H_f = (H_f/100) \times L$ (pulgadas de agua), en donde L es la longitud del ducto en pies, $H_f/100p$ son las pérdidas por fricción en pulgadas de agua por 100 pies de largo.

- o Las pérdidas de presión en conexiones de conductos se expresa de la siguiente forma: $H_f = C \times (V/4000)^2$ (pulgadas), en donde C es el coeficiente de fricción, V es la velocidad de aire en pies/minuto, Hf es la pérdida de presión en pulgadas.
- o Las pérdidas de presión en transiciones se expresa de la siguiente forma: $H_f = 1.1 * [(V_o/4000)^2 - (V_f/4000)^2]$ (pulgadas) en donde Vo es la velocidad de entrada a la transición y Vf es la velocidad de salida en la transición. En la figura 16 se designan las pérdidas de presión de acuerdo a las dimensiones y radios de ductos que se desean instalar.

Figura 16. **Pérdidas de presión en conexión de ductos**



Fuente: PITA, Edgard. Acondicionamiento de aire principios y sistemas. p. 239.

- Colectores de polvos

El colector de polvo, es una máquina diseñada para la extracción de polvo, gases, vapores, humos; que son producto de procesamiento de minerales, cemento, granos, químicos, productos farmacéuticos, madera, caucho y otros. Entre los tipos que existen en el mercado, se encuentran:

- o Colector de bolsas: es un armazón cerrado que contiene bolsas de tela que cuelgan verticalmente dentro de la unidad. El aire cargado de polvo es empujado a través de las bolsas de tela no tejida, formando una capa de polvo para separar las partículas del aire limpio. Las bolsas se limpian por medio de pulsos de aire comprimido. Los colectores de bolsas son extremadamente eficaces y comúnmente se pueden limpiar o descargar sin necesidad de parar el proceso de producción.
- o Colector de cartuchos: de fácil instalación y mantenimiento, es sencillo, ya que los cartuchos se cambian con la mano desde el exterior. Cuenta con un diseño modular que permite una gama ilimitada de tamaños para distintas aplicaciones. Los módulos se pueden interconectar para acomodar la tarea más grande en limpieza de aire. En la figura 17 se muestran ambos tipos de colectores de polvo.

Figura 17. **Máquinas colectores de polvo**



Fuente: elaboración propia.

2.2.3.1. Diagnóstico de máquinas de extracción y renovación de aire

- Área de compactado y área de afelpado

En esta área se encuentran 11 extractores y 3 inyectores. Los extractores se encuentran muy contiguos.

La existencia de tres inyectores influye a que no exista el suficiente caudal de aire para elevar los residuos de polvo y disminuir la temperatura dentro de la nave industrial, aunque debe recalarse que existen 5 entradas al área de gran tamaño, donde se inyecta una gran proporción de aire.

El sistema de ventilación debe ser de presión negativa, para que no exista caudal de aire dentro del área que mantenga los polvos en el ambiente, condición que cumple satisfactoriamente.

Se describió la existencia de un gran volumen de mota que recae sobre distintos puntos en el área, provocando así que a veces éstos se impregnen en los *batches* de tela procesados o por procesar, en la infraestructura del área y el aire no sea propicio para trabajar, creando un ambiente sucio, desordenado y peligroso por la facilidad de combustión de este material.

A lo anterior, deben añadirse los niveles de temperatura en los distintos lugares del área de compactado y los grandes índices de inconformidad en cada uno de ellos.

o Cálculos

$$\text{Volumen1} = 72\text{m} \times 30\text{m} \times 6\text{m} = 12\,960\text{ m}^3$$

$$\text{Volumen2} = [(2\text{m} \times 30\text{m})/2] \times 72\text{m} = 2\,160\text{ m}^3$$

$$\text{Volumen total} = 12\,960\text{m}^3 + 2\,160\text{m}^3 = 15\,120\text{m}^3$$

$$\text{Renovaciones de aire} = 8/\text{h}$$

$$\text{Caudal ideal de inyección} = (15\,120\text{ m}^3) \times (8/\text{h}) = 120\,960\text{ m}^3/\text{h}$$

* Inyectores

$$\text{Número de máquinas de inyección radial} = 3$$

$$\text{Caudal de inyección} = 22\,204\text{m}^3/\text{h}$$

$$\text{Total de caudal de inyección} = 3 \times 22\,204\text{m}^3/\text{h} = 66\,612\text{m}^3/\text{h}$$

Además se cuenta con 5 entradas principales hacia el área, con dimensiones de 3m de ancho y 3m de altura con entrada de velocidad media de 40m/min.

$$\text{Inyección total} = 66\,612\text{m}^3/\text{h} + 108\,000\text{m}^3/\text{h} = 174\,612\text{m}^3/\text{h}$$

* Extractores

$$\text{Número de máquinas de extractores radiales} = 4$$

$$\text{Caudal de extracción de extractores radiales} = 23\,108\text{m}^3/\text{h}$$

$$\text{Total de caudal de extractores radiales} = 88\,816\text{m}^3/\text{h}$$

$$\text{Número de máquinas de extractores radiales superiores} = 7$$

$$\text{Caudal de extracción de extractores radiales superiores} = 28\,015\text{m}^3/\text{h}$$

$$\text{Total de caudal de extractores radiales superiores} = 196\,105\text{m}^3/\text{h}$$

Total caudal de extracción = $88\,816\text{m}^3/\text{h} + 196\,105\text{m}^3/\text{h} = 284\,921\text{m}^3/\text{h}$

Comparando los valores de extracción e inyección actuales se concluye: se tiene una sobrepresión de aproximadamente 63,17%. La inyección actual es equivalente al 96,24% del caudal necesario. Para lograr la inyección de aire requerida se necesita instalar ventiladores en puntos estratégicos dentro del área de compactado para inyectar un caudal equivalente de $6\,828\text{m}^3/\text{h}$ (4 016CFM), para obtener una sobrepresión del 57,03%.

2.2.4. Mejoramiento e implementación de sistema de extracción y renovación de aire

Se instalará un inyector centrífugo de aire para aumentar la presión dentro del área. El mayor problema es la cercanía de los extractores, por lo que evaluará un diseño de ductos para aumentar el caudal eficiente de aire que entre para elevar gases calientes y mota del ambiente, logrando que la campana de succión de los extractores logre sacar el mayor número de aire viciado. Los datos técnicos del inyector centrífugo que se evaluará para su instalación, son:

Nombre:	CM 500
Diámetro de turbina:	570mm
Área de salida:	0,273m ²
Capacidad:	82 28CFM = 13 988m ³ /h
Presión estática:	88,9mm = 3,5"
Peso:	269lb = 127kg
Motor:	5hp

Dentro de la planta, se encuentra construido un cuarto a una altura de 3.75 metros, con dimensiones 4m x 2.5m. El espacio es propicio para la instalación del equipo de inyección y permite instalar por alto la ductería.

- Cálculos

Se considera que por 100 pies de ductos, se tendrá una caída de presión de 1". Se instalarán 17 difusores a lo largo de los ductos, que se encontrarán en los siguientes puntos:

- o A-B: 5 difusores
- o A-C: 6 difusores
- o B-D: 6 difusores

Cada difusor tendría instalado un dámper y una rejilla para calibrar el nivel de aire que saldrá en cada una de ellas.

Las dimensiones serán 24" de largo x 10" de alto. Las boquillas serán a 45° para mantener un flujo constante para elevar todas partículas de mota sueltas en el ambiente.

En la tabla XXXVII se desarrollan los cálculos para establecer las pérdidas de presión.

Tabla XXXVII. **Cálculo de pérdidas de presión en sistema de ventilación**

Sección	Comp	Cantidad Conexiones	Flujo CFM	Velocidad ft/min	C	Dimensiones Ductos (Plg)			Longitud Pies	hf
0-A	Ducto					19,68		27,55	22,632	0,2263
A-B	Ducto					19,68	x	12,6	94,3	0,9430
	Codo	2	4 114	3186,66	0,19	19,68	x	12,6		0,0678
A-C	Ducto					19,68	x	12,6	94,3	0,9430
	Codo	2	4 114	1593,33	0,19	19,68	x	12,6		0,0678
B-C	Ducto					19,68	x	12,6	94,3	0,9430
									TOTAL	2,9649

Fuente: elaboración propia

La pérdida de presión es de 2,9649” en los ductos. Este resultado al compararlo a la presión estática de diseño con la que trabaja el ventilador, se considera que el sistema es estable para su funcionamiento.

La distribución quedaría de la siguiente manera: con los ductos que se colocarán, se busca atacar los puntos críticos de contaminación dados en los puntos 2 y 3 del estudio de volumen contaminante dentro del área.

Uno de los problemas a considerar en la instalación del sistema de ventilación, es la presencia de hollín en el ambiente causado por el funcionamiento de una caldera. Se debe colocar un filtro que no deje pasar la contaminación externa. Los filtros los realizará un proveedor de material prefiltro sintético. Se utilizarán 8 filtros anuales.

Los difusores o salidas de aire, tendrán dimensiones de 1pie x 18plg (12”x 18”). Cada uno de ellos tendrá una rejilla y un dámper, para calibrar la salida de aire en cada uno de los ductos.

Para sostener los ductos se instalarán, cada 5 metros, angulares debajo de la estructura. Se utilizará cable galvanizado calibre 14 para sostener los angulares. Se perforará el techo para la instalación.

Al tener una entrada continua de aire frío se mantiene en movimiento el aire caliente y la mota del ambiente, para que éstos se eleven hacia las áreas de la campana de extracción.

En la tabla XXXVIII se describe un plan de mantenimiento preventivo, de acuerdo a las necesidades y el tiempo de uso del ventilador, para mejorar las condiciones de trabajo del sistema.

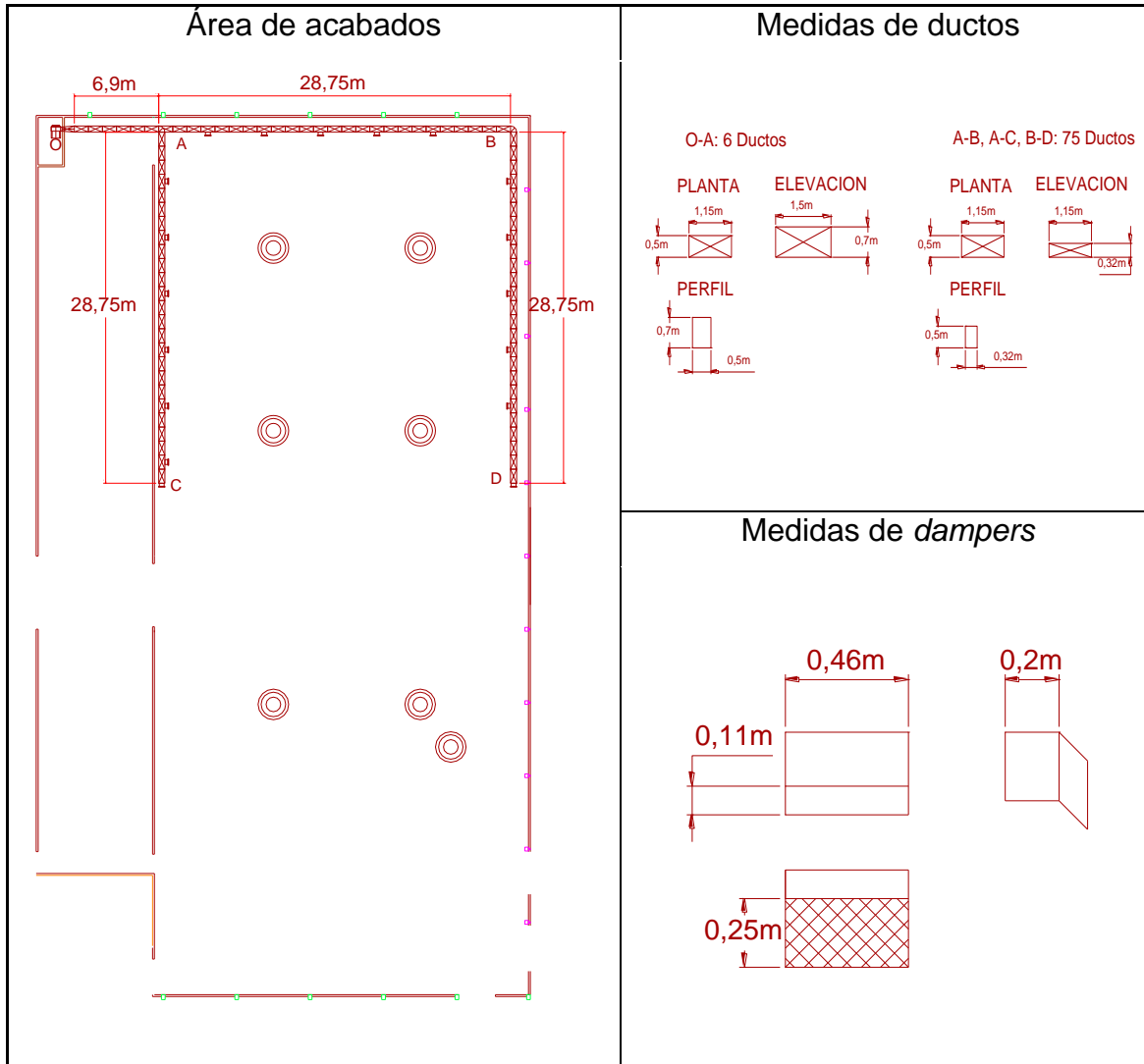
Tabla XXXVIII. **Plan de mantenimiento sistema de ventilación**

Mantenimiento	Acciones a realizar
Semanal	Cambio y limpieza de filtros en ducto de entrada de inyector
Mensual	Limpieza de ductos y accesorios Revisión de <i>dampers</i> Limpieza externa Revisión general de ductos
Anual	Servicio general de mantenimiento a inyector (cambio de cojinetes, revisión de motor)

Fuente: elaboración propia.

En la figura 18 se establece el dimensionamiento la posición de los ductos que se instalarán.

Figura 18. **Plano de instalación de ductos**



Fuente: elaboración propia

A continuación se establece un programa de seguridad para mitigar todo riesgo de contaminación y de incendio dentro del área.

- Programa de seguridad
 - o A todo personal que pertenezca al área de compactado y área de afelpado se deben de cambiar cada 3 meses las mascarillas de equipo de seguridad industrial.
 - o Cada 2 meses, se limpiarán las columnas dentro del área, para evitar que la mota se impregne y un foco de contaminación y de incendio.
 - o Al momento de realizar mantenimiento a cada máquina, se procederá a limpiar el techo del área en la cual se encuentre instalada la máquina.
 - o Una vez por día, se debe de limpiar manualmente cada máquina. Esto con el fin de evitar que se ensucie la tela durante el proceso y un aspecto desordenado dentro del área.
 - o Colocar encima de cada *batch* de tela a procesar, un pedazo de plástico para evitar que la mota y suciedad se impregne la tela.
 - o Cada 3 meses se limpiarán los ventiladores y extractores, y revisará el funcionamiento de extractores.
 - o Una vez por año se debe realizar mantenimiento mayor a cada uno de los dispositivos de renovación de aire.
 - o A todo operador de turno que no tenga limpia el área de trabajo, se le hará una llamada de atención.
 - o Recargar anualmente extintores del área.

- o Respetar señalización de salidas de emergencia y extintores.
- o Siempre encontrarse desbloqueada la salida de emergencia.

2.3. Control de calidad

Control de calidad es el departamento encargado dentro de la empresa de velar, en procesos puntuales de producción, el desarrollo de las características de la tela.

2.3.1. Procedimiento

Estos son las distintas etapas de control de calidad que se le realizan a la tela:

- Pruebas de peso: ayuda a determinar el peso en gramo/metro² de tela acabada. Se corta un área de 8plg x el ancho de la tela a cada rollo, al cual se le hace prueba de encogimiento. Esta prueba se realiza después del compactado.
- Pruebas de anchos: determina el ancho de la tela, cuando ya se encuentra relajada. Usualmente, se mide el ancho de cada rollo de tela después de haberla compactado. En distintos puntos del rollo se realiza la medición.
- Pruebas de encogimiento: determina el porcentaje de encogimiento que presenta la tela después de un lavado normal, el cual se calcula haciendo una medida estándar y midiéndola después de lavar y secar la prueba.

- Pruebas de torsión: determina el porcentaje de torsión que presenta la tela después de un lavado normal el cual se calcula haciendo una medida estándar de y midiendo las diagonales después de lavar y secar la prueba.
- Pruebas de solidez al lavado: determina el grado que destiñe la tela después de un lavado normal, con la ayuda de la escala de colores, una lavadora y secadora doméstica, y un retazo de tela 100 % blanco.
- Pruebas de solidez al frote: determina el grado que destiñe la tela después de una prueba de frote y comparándola con una escala de grises para establecer el parámetro.
- Control de tonos: evalúa de forma cuantitativa la reproducibilidad de los *batches* y diferencia existente entre el nuevo y el estándar, con ayuda de el Espectrofotómetro y un pequeño programa de computadora se puede obtener un Delta E (diferencia entre colores), con se acepta o rechaza un color.
- Inspección de tela: evalúa la tela asignando puntos para representar los defectos en una forma cuantitativa, y poder decidir si la tela está dentro o fuera de los parámetros, para así rechazarla o aprobarla.

2.3.2. Volumen de sólidos de desecho

Los retazos de tela, se compilan y se almacenan para entregárselos a los clientes como parte de un registro de servicio que se le proporciona. Se almacenan pequeños retazos de 20 x 10cm, como registro de las características de la tela para futuros pedidos.

Se desea encontrar un mejor aprovechamiento de estos residuos, en lugar de entregar los mismos a los clientes. La tabla XXXIX describe las cantidades que se podrían reutilizar para aprovecharlas para reciclaje o distintos usos.

Tabla XXXIX. **Toma de pesajes de muestras de calidad**

Día	Bolsas	Peso lbs.	Peso Bolsas
1	7	168,2	24,03
2	4	107,1	26,78
3	5	113,4	22,68
4	3	84,3	28,10
5	4	112,1	28,03
6	3	82,8	27,60
7	2	54,4	27,20
8	8	87,2	10,90
9	6	163,4	27,23
10	3	70,9	23,63
11	4	95,3	23,83
12	4	106,7	26,68
13	3	78,5	26,17
14	1	29,3	29,30
15	7	47,0	6,71
16	3	80,5	26,83
17	4	93,6	23,40
18	4	96,2	24,05
19	4	102,5	25,63
TOTAL	28	1 773,40	458,76
Promedio	4,1579	93,3368	24,16

Fuente: elaboración propia.

2.3.2.1. Características de sólidos

En las bolsas recolectadas se encontraron retazos de tela con distintas características como el hilo, el color, peso, anchos, torque, encogimiento. En la tabla XL se describen formas de reciclajes de la tela, dependiendo de sus características.

Tabla XL. **Formas de reciclaje de residuos de tela**

INDUSTRIA	PRODUCTO FINAL	FIBRA RECICLADA
Automotriz	Forro de porta equipos Forro para insonorizar	Fibras sintéticas recicladas Recortes reciclados
Mobiliario	Relleno para tapicería	Filamento sintético reciclado
Alfombras	Forro para bajo alfombras	Desperdicios reciclados de hilos y recortes de alfombras
Colchonerías	Filtros de algodón Forro para aislar	Desperdicios de cardas limpias Reciclaje de recortes y filamentos sintéticos
Hilatura	Pabalo Hilos para tapicería Edredones	Desperdicios de hilos ya limpiados Cable de poliéster reciclado
Artículos para el hogar	Almohadas	Fibra cortada de poliéster Desperdicios de hilos blancos Reciclados Desperdicios de recortes reciclados
Quirúrgicos	Fibra blanqueada	Peinadora Desperdicios de cardas Desperdicios de hilos de algodón
No tejidos	Filtros, frazadas, mantas, forros para absorber aceite	Desperdicios de hilos reciclados Desperdicios de poliéster reciclado Desperdicios de recortes reciclados
Plásticos	Productos reciclados	Desperdicios de poliéster, polipropileno, nylon 6 y 66

Fuente: elaboración propia.

Una parte, cada vez menor, de los textiles recuperados se destina a la fabricación de útiles de limpieza como rizados de hilachas y trapos de limpieza, una parte aún menor se destina a otros usos como fabricación de gorras y trabajos artesanales.

2.3.3. Gestión actual de desechos sólidos

Los residuos de tela provenientes del área de control de calidad se manejan de acuerdo al cliente y número de pedido. Estos se depositan en bolsas, y cuando se exporta el producto, como parte del servicio personalizado, se envían estos retazos indicando el número de *batch* y características de la muestra. Esto genera que la totalidad de la producción se exporte para que el cliente verifique la calidad del producto. Del Atlántico, realiza sus acciones en la gestión de desechos sólidos textiles, de acuerdo al Decreto 29-89.

- Decreto 29-89

Fue creado con la finalidad de promover, incentivar y desarrollar en el territorio aduanero nacional, la producción de mercancías con destino a países fuera del área centroamericana, así como regular el funcionamiento de la actividad exportadora o de maquila de las empresas dentro del marco de los regímenes de perfeccionamiento activo o de exportación de componente agregado nacional total. El régimen de perfeccionamiento activo, significa la forma cómo se introduce en el territorio aduanero nacional mercancías de terceros para destinarlas a su exportación fuera del área centroamericana en forma de productos terminados, sin que aquéllas queden sujetas a los derechos arancelarios e impuestos de importación.

También se tiene regulado qué productos mayormente consumidos en el mercado nacional no gozarán de los beneficios de esta Ley, como el café, cardamomo en cereza, pergamino y oro, ajonjolí sin descortezar, el banano fresco, el ganado bovino y carne fresca refrigerada, azúcar refinada, sin refinar y melaza, algodón sin cardar, petróleo crudo sin refinar, madera en troza, tabla y tablón.

A su vez, se tienen estatutos acerca del manejo de desecho, subproductos y producto de segunda que se produzcan en una empresa bajo los regímenes de admisión temporal y de devolución de derechos, que son:

- o Capítulo IV: garantías y obligaciones, artículo 36

“Los subproductos y deshechos que resulten de la actividad productiva de las empresas a las que se les califique su actividad como exportadora o de maquila bajo los Regímenes de Admisión Temporal y de Devolución de Derechos, podrán ser nacionalizados, destruidos, reexportados o donados a entidades de beneficencia previa autorización de la Dirección General de Aduanas.

Los productos defectuosos que resulten de la actividad productiva de las empresas o que sean rechazadas por no llenar los requisitos de calidad de mercado de destino, podrán ser nacionalizados, destruidos, reexportados o donados a entidades de beneficencia, previa autorización del Ministerio de Finanzas Públicas.”

o Capítulo VI: prohibiciones y sanciones, artículo 39

“Se prohíbe a las empresas, calificadas como exportadoras o de maquila bajo el Régimen de Admisión Temporal, enajenar en cualquier forma en el territorio nacional, las mercancías internadas temporalmente, salvo que se paguen los derechos arancelarios e impuestos correspondientes. Se exceptúan las donaciones que se hagan a entidades de beneficencia, las que deberán contar con la autorización previa del Ministerio de Finanzas Públicas.”

o Capítulo VI: prohibiciones y sanciones, artículo 41

“La enajenación a cualquier título de mercancías importadas o admitidas al amparo de esta ley o la utilización de las mismas para fines distintos de aquellos para los cuales fue concedido el beneficio, se sancionará con multa igual al ciento por ciento (100%) de los impuestos aplicables no pagados sin perjuicio de cualesquiera otras sanciones que indiquen las leyes aduaneras vigentes. En caso de incumplimientos, el enajenante y el adquirente serán responsables solidarios del pago de los montos dejados de percibir por el Estado.”

o Capítulo VI: prohibiciones y sanciones, artículo 42

“En caso de destrucción de las mercancías admitidas temporalmente, que no se encuentren dentro de la zona primaria de la jurisdicción aduanera, éstas quedarán sujetas al pago de los derechos y demás impuestos dejados de percibir por el Estado, salvo caso fortuito o de fuerza mayor, debidamente comprobado por el Ministerio de Finanzas Públicas.”

- **Conclusión**

Con base en lo regido en el Decreto 29-89, la empresa cumple con lo concerniente a la gestión de desechos sólidos de los residuos de tela, establecido en los artículos anteriores.

Del Atlántico exporta en su totalidad todos los rollos de tela, incluyen los subproductos utilizados por el departamento de control de calidad, con lo que no nacionaliza ni interna los mismos.

2.3.4. Mejoramiento de la gestión de desechos sólidos

Para determinar un método óptimo en mejorar la gestión de desechos sólidos, en primera instancia, se analizarán los pasos para que el volumen que se origina por el departamento de control de calidad, pueda utilizarse dentro del territorio guatemalteco, de acuerdo al Decreto 29-89. Si se desea nacionalizar o internar cualquier subproducto o desecho de la empresa, se deben de llevar a cabo los siguientes pasos:

- Dirección General de Aduanas: solicitar permiso a esta institución para que apruebe la utilización de los subproductos.
- Pago de impuestos: para efecto de utilización, el gobierno solicita el pago de los siguientes impuestos:
 - o Impuesto al valor agregado (IVA): el 12% del monto que se pagaría por la proporción del subproducto.

- o Derechos arancelarios de importación (DAI): impuesto que debe pagarse de acuerdo a la naturaleza del producto terminado. Por ejemplo, aguas carbonatadas, productos perecederos, textiles, entre otros.

Ya nacionalizado el producto, los pasos que se deben seguir para cada uno de sus posibles usos, son:

- Impuesto al valor agregado (IVA): en este caso es del valor de la factura en donde se especifica la venta del subproducto o desecho o de lo que se percibiría por su uso.
- Impuesto sobre la renta (ISR): dependiendo del régimen en el cual se encuentre inscrito la empresa, es el impuesto que se debe pagar.
 - o ISR régimen general: pago del 5% sobre el monto total de la venta
 - o ISR régimen optativo: pago del 31% sobre las utilidades de la venta
- Reciclaje de textiles en Guatemala

Con información del centro guatemalteco de producción más limpia (CGP+L, 2011), dentro del territorio nacional, actualmente, no se encuentran empresas que reciclen retazos de tela de formas en que se describen en la tabla XLI, solo algunas microempresas que no se encuentran reguladas, según lo estipulado a la ley. En años anteriores si existían empresas que realizaban el reciclado de telas.

A su vez, existen empresas que utilizan los retazos de tela para la generación de calor para hornos-secaderos que utilizan materiales como madera, cartón, papel, entre otros. Cabe destacar que las empresas que realizan este procedimiento, no compran los materiales previamente mencionados, sino que los reciben. Las empresas textiles y maquilas exportan, en su gran mayoría, el 100% de sus productos fabricados, debido al pago de impuestos, largos trámites de aprobación para reutilización o destrucción de producto de segunda y desechos, y larga lista de impuestos que se deben pagar.

- Procedimiento para la destrucción, de acuerdo a la Gremial de Exportadores:

Ingresar un memorial en la SAT, zona 9, donde se solicita la destrucción del sobrante/desechos de materia prima. En el memorial debe indicarse toda información que sirva para detallar lo que se va a destruir:

- o Motivo de la destrucción
- o Declaraciones afectadas (pólizas de importación)
- o Líneas afectadas
- o Cantidad exacta
- o Unidad de medida
- o Bultos
- o Clase de bultos

Se debe ingresar un memorial al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), para solicitar la destrucción de los desechos. Ya que dependiendo del producto, así asignarán una forma de destrucción, asignan el lugar fecha y hora en la que se procederá a la destrucción.

Con los dos memoriales autorizados y la fecha asignada para la destrucción, se solicita servicio extraordinario en SAT para que un delegado este presente, se debe pagar el tiempo que el delegado estipule necesario, teniendo en cuenta que pueden ser varias horas las que se necesiten, la hora tiene un costo de Q 200,00.

El delegado de SAT informará cuándo se puede recoger la resolución en la cual se autoriza hacer los descargos de las pólizas de importación.

Se evaluará en los siguientes capítulos si es factible utilizar los subproductos de Del Atlántico dentro del territorio nacional.

3. ESTUDIO ECONÓMICO

3.1. Costos Actuales

3.1.1. Planta de tratamiento de agua residual

La tabla XLI presenta el cuadro de costos mensuales de operación y mantenimiento, con base en los químicos y gasto energético de operación y mantenimiento actuales de la planta de tratamiento.

Tabla XLI. **Resumen mensual de costos: planta de tratamiento**

Descripción			Subtotal (Q)
Químicos utilizados	Kg/ mes	Q / Kg	
Acido sulfúrico	9 000,00	4,30	38 700,00
Hidrosulfito de sodio	1 500,00	9,97	14 955,00
Energía eléctrica	Kw / Hrs	Kw/ mes	
Bomba 200 gpm	14,10	8 121,60	13 118,41
Bomba 200 gpm	14,10	8 121,60	13 118,41
Bomba 200 gpm	13,30	7 660,80	12 374,10
Bomba 100 gpm	8,20	4 723,20	7 629,15
Inverter 25 hp	1,20	691,20	1 116,46
Blower	26,40	15 206,40	24 562,13
Iluminación	2,40	864,00	1 395,58
Bacterias			4 789,00
Mantenimiento			8 000,00
Total			Q 139 758,23

Fuente: elaboración propia.

Costo anual: Q 1 677 098,73

Costo por metro cúbico tratado: Q 2,87

3.1.2. Renovación de aire en el área de afelpado

En la tabla XLII se presentan los costos concernientes a la operación del equipo encargado de la renovación de aire actual del área.

Tabla XLII. **Resumen mensual de costos: renovación de aire**

Descripción			Subtotal (Q)
Energía eléctrica	Cantidad	Kw/h	
Inyectores axiales	3	1,5	5 233,41
Extractores axiales	11	2,3	29 423,38
Mantenimiento			2 500,00
		Total	Q 37 156,79

Fuente: elaboración propia.

Costo anual: Q 445 881,47

3.1.3. Gestión de desechos sólidos

En la tabla XLIII se presenta un resumen de costos de materiales destinados al registro y control de los residuos de tela del área de calidad.

Tabla XLIII. **Resumen mensual de gestión de desechos sólidos**

Materiales	Cantidad	Q/bolsa	
Bolsas 0,6x1,0 m	60	1,5	90,00
		Total	Q 90,00

Fuente: elaboración propia.

3.2. Costos de instalación de mejoras

En las tablas XLV y XLVI, se resume los costos de instalaciones de mejoras de dispositivos y remodelación de la planta de tratamiento, al igual que de la instalación de inyector de aire, ductos y *dampers* para la mejora del sistema de ventilación en el área de afelpado y de acabados.

3.2.1. Planta de tratamiento de agua residual

Tabla XLIV. **Resumen costos de instalación de mejoras: planta de tratamiento**

Descripción	Cantidad	Q/unidad	Subtotal (Q)
Extensión planta de tratamiento			
Hierro negro (quintal)	20	650,00	13 000,00
Cemento (quintal)	80	66,00	5 280,00
Piedrín (m3)	10	225,00	2 250,00
Arena (m3)	12	150,00	1 800,00
Epóxico	10	2 500,00	25 000,00
Mano de obra			27 600,00
(van)			74 930,00

Continuación tabla XLIV.

<i>(vienen)</i>			74 930,00
Dispositivos			
Nova 30	1	38 877,10	38 877,10
Bomba 300 gpm	2	63 405,00	126 810,00
Inverter 25 hp	2	16 487,00	32 974,00
Blower	1	18 136,31	18 136,31
Difusores de tubo de membrana	120	1 040,00	124 800,00
Tubos galvanizados de 4"	12	1 500,04	18 000,48
Codos galvanizados 90° de 4"	7	130,41	912,87
Cheque 4"	2	3 604,24	7 208,48
Uniones universales 4"	3	441,61	1 324,83
Aireador Venturi	1	38 704,00	38 704,00
Torre de Enfriamiento			
Torre de enfriamiento de tiro inducido	1	146 848,00	146 848,00
Fundición de base	1	6 320,00	6 320,00
Dosificación CO2			
Tanque 30 m3	1	8 200,00	8 200,00
Sistema de control	1	17 300,00	17 300,00
Tratamiento Terciario			
BMF 60	1	36 870,00	36 870,00
Fundición	1	3 600,00	3 600,00
		Total	Q 701 816,07

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Renovación de aire en el área de afelpado

Tabla XLV. **Resumen costos de instalación de mejoras: renovación de aire**

Descripción	Cantidad	Q/unidad	Subtotal (Q)
Dispositivos			
Ventilador Centrífugo CM 500	1	9 114,18	9 114,18
Inverter 5 hp	1	4 250,00	4 250,00
Flip-On 480 V 200A	1	1 234,00	1 234,00
Cable THHN # 8 (metro)	20	101,50	2 030,00
Tubo Conduit 1 1/2"	10	4,25	42,50
Ductería			
Ductos 70 cm x 50 cm	6	450,00	2 700,00
Ductos 32 cm x 50 cm	75	275,00	20 625,00
Boquillas 45 ° con rejilla y dámper	19	450,00	8 550,00
Codos 90°	2	500,00	1 000,00
Libra de alambre galvanizado calibre 14	25	5,20	130,00
Angular 1 1/2" x 1/8"	5	69,00	345,00
Pre filtro sintético	24	18,00	432,00
Estructura pre filtro sintético	2	500,00	1 000,00
Mano de obra			12 000,00
Total			Q 63 452,68

Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Gestión de desechos sólidos

Al realizar los procesos para mejorar la gestión de desechos sólidos, no se establecen costos de instalación, exceptuando costos fijos diferidos, los cuales se evaluarán.

3.3. Cálculo de amortización

Amortizar es el proceso de cancelar una deuda con sus intereses por medio de pagos periódicos. Para amortizar se pueden utilizar los siguientes procedimientos:

- Sistemas de amortización sobre datos históricos
 - o Amortización lineal o constante: genera la misma amortización durante los años de vida útil del activo.
 - o Amortización decreciente: denominados con frecuencia de depreciación acelerada, permiten dotar unas cuotas más altas durante los primeros años y más baja en los últimos periodos.
 - o Amortización creciente: supone que los activos alcanzan su mayor eficiencia no en los primeros años, sino en los ejercicios posteriores.
- Sistemas de amortización sobre el valor de los servicios futuros
 - o Cuotas de amortización proporcionales a los rendimientos netos: consiste en hacer depender las cuotas de amortización de los beneficios generados por el activo en el futuro.
 - o Cuotas de amortización proporcionales a otros servicios futuros: las cuotas de amortización de un inmovilizado dependen de las unidades físicas que se prevee pueda producir en el futuro.

- Sistemas de amortización sobre datos no históricos
 - o Amortización basada en las cuotas de retiros: se considera el costo del activo menos de su valor residual como el costo de amortización.
 - o Amortización basada en el costo de reparación: se trata de valorar el activo por el precio que tenga en el mercado y computar como cuantía de amortización el valor perdido por el mismo, desde el momento de su amortización.

Se recomienda pagar de forma en que la amortización sea lineal o constante.

3.4. Costos de operación y mantenimiento

- Planta de tratamiento

En la tabla XLVI se proyectan los costos por año para el funcionamiento de la planta de tratamiento.

Costo de metro cúbico tratado anualmente: Q 2,93

Tabla XLVI. **Costos de operación y mantenimiento anual: planta de tratamiento**

Químicos Utilizados	Cant/año	Q/Cant	Subtotal (Q)
Floculante (kg)	46 368	3,39	157 593,60
CO2 (kg)	171 120	3,44	588 652,80
DQO Test	4	1 230,30	4 921,20
Energía Eléctrica	Kw/Hrs	Kw/año	
Bomba 300gpm	18,4	128 593,92	207 711,24
Bomba 250gpm	16,4	114 616,32	185 133,93
Bomba 200gpm	13,3	92 951,04	150 139,10
Bomba 100gpm	8,2	57 308,16	92 566,97
Inverter 25hp	1,2	8 386,56	13 546,39
Blower (2)	26,4	184 504,32	298 020,47
Iluminación	2,4	10 080,00	16 281,71
Mantenimiento	Cantidad	Q/Cant	
Mantenimiento bomba 300gpm	3	2 400,00	7 200,00
Mantenimiento Blower	2	800,00	1 600,00
Manto, sistema dosificación CO ₂	1	2 500,00	2 500,00
Mantenimiento bomba 250gpm	2	1 800,00	3 600,00
Manto, Torre de enfriamiento	1	6 000,00	6 000,00
Mantenimiento BMF 60	12	1 000,00	12 000,00
Epóxico (Set)	14	2 500,00	35 000,00
Total			Q 1 782 467,41

Fuente: elaboración propia.

- Renovación de aire en área de afelpado y área de acabados

En la tabla XLVII se muestran costos proyectados de funcionamiento para renovación de aire con la instalación de mejoras.

Tabla XLVII. **Costos de operación y mantenimiento anual: Renovación de aire**

Mejoramiento ventilación			
Descripción	Cantidad por año	Costo (Q)	Subtotal (Q)
Mantenimiento CM 500	1	800,00	800,00
Filtros	24	18,00	432,00
Mantenimiento ductos de ventilación	1	1 000,00	1 000,00
Mantenimiento ventiladores y extractores	14	300,00	4 200,00
Respiradores 8000, 3M	374	5,00	1 870,00
Energía eléctrica	Kw/Hrs	Kw/año	
Ventiladores y extractores 1 hp	1,54	162 993,60	263 275,30
Ventilador CM 500	7,72	58 363,20	94 271,12
		Total	Q 368 080,42

Fuente: elaboración propia.

- Gestión de desechos sólidos

En la tabla XLVIII se exponen los costos por los trámites para llevar a cabo la nueva gestión de sólidos del departamento de calidad.

Tabla XLVIII. **Costos de operación y mantenimiento anual: gestión de desechos sólidos**

Descripción	Cantidad por año	Costo (Q)	Total (Q)
Asesoría y auditoría			36 000,00
Bolsas 0,6x1,0m	729	1,50	1 093,50
Flete	12	424,00	5 088,00
Supervisión destrucción	24	200,00	4 800,00
		Total	Q 46 981,50

Fuente: elaboración propia.

3.5. Análisis de inflación

La inflación es el crecimiento continuo y generalizado de los precios de los bienes, servicios y factores productivos de una economía a lo largo del tiempo. La inflación altera la estabilidad económica porque otorga incertidumbre a los precios.

Tres factores fundamentales inciden en la inflación: la demanda de bienes y servicios, la temporalidad en el consumo y el gasto de la población, las empresas, el gobierno, y el tipo de cambio.

Para determinar una tasa de inflación en los próximos años, se analizan los datos de los porcentajes del ritmo inflacionario, proporcionado por el banco de Guatemala, de los últimos 2 años. En la tabla XLIX se describen el ritmo inflacionario en los 36 meses concernientes del 2008 al 2010.

Tabla XLIX. **Ritmo Inflacionario 2008-2010**

Periodo	2008	2009	2010
Enero	8,39	7,88	1,43
Febrero	8,76	6,50	2,48
Marzo	9,10	5,00	3,93
Abril	10,37	3,62	3,75
Mayo	12,24	2,29	3,51
Junio	13,56	0,62	4,07
Julio	14,16	-0,30	4,12
Agosto	13,69	-0,73	4,10
Septiembre	12,75	0,03	3,76
Octubre	12,93	-0,65	4,51
Noviembre	10,85	-0,61	5,25
Diciembre	9,40	-0,28	5,39

Fuente: INE.

De acuerdo a los datos, en los primeros 2 años de análisis (2008-2009) se observa la disminución del ritmo inflacionario, debido a los problemas económicos internacionales que el país resintió.

Para efecto de uso en los cálculos de este trabajo, se tomarán los últimos 12 meses, dado que demuestra un crecimiento continuo y constante. Se determinará una inflación del 5,60% mensual.

3.6. Vida útil del proyecto

Se considera que estos proyectos deben permanecer funcionando hasta el momento en que termine labores la Empresa de Teñido y Acabo de telas dentro del territorio nacional.

3.7. Análisis de la inversión

3.7.1. Inversiones fijas

En la tabla L se resumen las inversiones fijas de todos los proyectos. En este caso, se toman en cuenta los trabajos de obra civil, bombas, y ductería.

Tabla L. **Resumen inversiones fijas de proyectos**

Descripción	(Q)	Subtotal (Q)
Planta de tratamiento		
Obra civil		
Extensión planta de tratamiento	74 930,00	
Fundición torre de enfriamiento	6 320,00	
Fundición BMF 60	3 600,00	84 850,00
Dispositivos		407 748,07
Torre de enfriamiento		146 848,00
Dosificación CO ₂		25 500,00
Tratamiento terciario		36 870,00
Renovación de aire		
Ventilador CM 500		16 670,68
Ductería y accesorios		46 782,00
Total		Q 765 268,75

Fuente: elaboración propia.

3.7.2. Inversiones diferidas

Son los bienes intangibles y se constituyen por los gastos y cargos que se realizan en la etapa previa a la operación del proyecto, necesarios para su operación y sujetos a amortización.

Entre los rubros que pertenecen a este tipo de inversión están: gastos de organización de la empresa, estudios experimentales, patentes, intereses preoperativos (durante la construcción o montaje), gastos en estudio de preinversión, entrenamiento del personal, gastos de puesta en marcha, diseño de ingeniería, supervisión de obras, entre otros. Se consideran las siguientes inversiones diferidas para cada uno de los proyectos estimados: planta de tratamiento, renovación de aire y gestión de desechos sólidos.

Tabla LI. **Resumen inversiones diferidas**

Descripción	Subtotal (Q)	Total (Q)
Planta de Tratamiento		
Capacitación uso y manejo de CO ₂	1 200,00	
Capacitación Uso de máquina BMF 60	1 200,00	
Estudios de parámetros del afluente de planta de tratamiento	2 530,00	
Supervisión de obra de construcción	4 600,00	9 530,00
Ventilación		
Supervisión instalación y puesta en marcha de sistema de ventilación	1 100,00	1 100,00
Gestión de Sólidos		
Trámites varios	1 300,00	
Servicios de auditoria	4 260,00	5 560,00

Fuente: elaboración propia.

3.8. Capital de trabajo

Es la inversión necesaria para que inicie la operación del proyecto hasta que sea capaz de obtener los ingresos que permitan que operen por si mismo el proyecto. Generalmente, los rubros incluidos son: efectivo en caja y bancos, inventarios, materia prima en tránsito y en existencia, productos en proceso, productos terminados, materiales suministros y repuestos, anticipo a proveedores y gastos pagados anticipados.

Los proyectos establecidos son para mejorar y disminuir los niveles de contaminación dentro de la planta, por lo que no generan ganancias con la puesta en marcha de cada uno de ellos. Para evaluación, se consideran los siguientes aspectos en cada uno de los proyectos:

- Planta de tratamiento

El proyecto de remodelación de la planta de tratamiento no generará ingresos a la empresa, pero si ayudará a disminuir la contaminación destinada a los recursos hídricos donde se descargan las aguas de la empresa. Las aguas son descargadas en el río Pinula, que se encuentra conectada con el río Villalobos para luego depositar el agua residual en el lago de Amatitlán.

Al momento de no cumplir con lo establecido por el Acuerdo Gubernativo 236-2006, el Estado, municipalidades y personas afectadas pueden entablar demandas y al momento de que prosigan pueden haber sanciones que culminen con el cierre de labores de la empresa. De acuerdo al estudio técnico, la planta cumple satisfactoriamente hasta la etapa II, con fecha de cumplimiento 2 de mayo de 2015, por lo que tiene prórroga de trabajar con estos parámetros hasta el 2 de mayo de 2020, fecha de entrega de la etapa III.

Dado que durante los 9 años que la planta esté trabajando bajo estas condiciones, no tendrá problema alguno con lo estipulado con la ley, se concluye que no generará algún beneficio directo a la empresa, por lo que no se puede calcular un TIR y un VPN que represente la factibilidad de la planta de tratamiento. Se deben de evaluar por medio de Beneficio Costo para determinar si el proyecto representa algún beneficio a favor de los afectados por el agua contaminada.

Para análisis, se evaluará una cantidad de Q 3 500 000, que englobará la reducción de costos por parte del Gobierno por el tratamiento del agua del lago de Amatitlán, mejora en la fauna y flora que conforman la vida alrededor del lago y del turismo.

- Renovación de aire

Se evaluará la disminución de tiempos en limpieza de maquinaria del área de afelpado y área de acabados, y gastos por ausentismo por enfermedad. Cada máquina tiene un tiempo de limpieza promedio de 4 min/*batch* trabajado por máquina. Esto da un total, aproximado, de 4 800 min/mes de limpieza, de un total de 43 200 min/mes de trabajo (11,11% tiempo improductivo al mes). Al implementar esto, se calcula que la limpieza mejorará en, aproximadamente, 35 a 40 segundos, equivalente a un total de 4 070 min/mes (9,42%) de limpieza.

Si se pesan aproximadamente 1 000 000 de libras mensuales a un precio de Q.2 00/lb. Se estaría ahorrando un total de Q 33 796,30/mes equivalente a Q 405 555,55 anual. Gastos por ausentismo: Q 1 000/mes equivalente a Q 12 000,00 anuales. Total de ahorros por año: Q 417 555,55

- Gestión de desechos sólidos

Los encargados de llevar a cabo el proceso de registro de residuos de tela para dársela a los proveedores, son 2 personas dentro del Departamento de Calidad, las cuales realizan otros deberes dentro del mismo departamento.

Si se procediera a enviar los residuos de tela para su reutilización en calderas, a estas personas se les darían otras órdenes de trabajo, optimizando su tiempo, el trabajo del departamento y la eficiencia en el manejo de calidad de la tela. Para evaluación de reducción de costos, a esta línea de trabajo se les reduciría Q 4 155,65 mensuales equivalente a Q 50 000 anuales.

3.9. Valor de rescate del proyecto

Es el beneficio previsto en el momento de la enajenación, deducidos los costes de venta. Los proyectos desarrollados en el Capítulo 2 son a largo plazo y deben mantenerse hasta el momento que la empresa cierre labores, con lo que no se contempla vender los dispositivos que se compran.

3.10. Financiamiento

Para el financiamiento, se estipulan los parámetros de préstamo y los intereses que se manejan:

- Para maquinaria y equipo se obtiene un crédito prendario, que consiste en que el objeto financiado toma parte como garantía del préstamo bancario. Por si algún motivo no se paga el monto estipulado, el banco se hace del objeto.

- Para infraestructura, crédito fiduciario: Posee mayor porcentaje de interés debido a que no existe posesión de bienes por parte de la entidad bancaria al momento de incumplir los pagos estipulados.

Los intereses que se manejan dentro de un banco del sistema económico nacional, se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla LII. **Formas de crédito bancario**

Crédito	Interés anual
Prendario	14,6%
Fiduciario	19,6%

Fuente: Banco Industrial, 2011.

4. ESTUDIO FINANCIERO

4.1. Relación beneficio costo

Esta tasa indica qué beneficio se va a obtener por cada Quetzal invertido en el proyecto. Se debe de aceptar si el valor calculado es mayor que 1.

4.1.1. Planta de tratamiento de agua

De acuerdo al Acuerdo Gubernativo 236-2006, las características del afluente de salida en la planta de tratamiento de Del Atlántico, cumple satisfactoriamente con los parámetros establecidos en el mismo hasta la etapa III, con lapso de tiempo hasta el 2 de mayo de 2020 para dar cumplimiento de la etapa III.

Por este motivo, se toma un tiempo de estudio de 9 años para evaluación de los flujos monetarios anuales. Para la evaluación del proyecto, se consideran los siguientes datos establecidos en el estudio financiero

Tabla LVIII. **Análisis costos: planta de tratamiento**

Descripción	Monto (Q)	Interés	Período
Inversiones			
Diferida	9 530,00		
Fija			
Maquinaria y equipo	616 966,07	14,6% *	9
Obra civil	84 850,00	19,6% *	9
Costos de operación anual	1 782 467,41	5,60% **	9 años
Costo de recuperación de agua contaminada	3 500 000,00		9 años

Fuente: elaboración propia.

*Amortizable mensualmente

** Interés según inflación

En la tabla LIII se desarrollan los costos de operación proyectados para cada año hasta la fecha en que se necesita tener estas mejoras.

Tabla LIII. **Proyección de costos: planta de tratamiento**

Año	Inversión			Operación (Q)	Costo Total (Q)
	Diferida (Q)	Máquina (Q)	Obra civil (Q)		
1	(9 530,00)	(125 838,97)	(17 306,36)	(1 782 467,41)	(1 935 142,73)
2		(125 838,97)	(17 306,36)	(1 882 285,58)	(2 025 430,91)
3		(125 838,97)	(17 306,36)	(1 987 693,58)	(2 130 838,90)
4		(125 838,97)	(17 306,36)	(2 099 004,42)	(2 242 149,74)
5		(125 838,97)	(17 306,36)	(2 216 548,67)	(2 359 693,99)
6		(125 838,97)	(17 306,36)	(2 340 675,39)	(2 483 820,72)
7		(125 838,97)	(17 306,36)	(2 471 753,21)	(2 614 898,54)
8		(125 838,97)	(17 306,36)	(2 610 171,39)	(2 753 316,72)
9		(125 838,97)	(17 306,36)	(2 756 340,99)	(2 899 486,32)
TOTAL	(9 530,00)	(1 132 550,69)	(155 757,23)	(20 146 940,64)	(21 444 778,57)

Fuente: elaboración propia.

En la tabla LV se presenta un resumen de los valores anuales de los costos y beneficios que las personas y el Estado obtendrían si se llevara a cabo estas mejoras.

Tabla LIV. **Anualidades de costos: planta de tratamiento**

Año	Costo Total de mejoras (Q)	Beneficio (Q)
1	(1 935 142,73)	3 500 000,00
2	(2 025 430,91)	3 500 000,00
3	(2 130 838,90)	3 500 000,00
4	(2 242 149,74)	3 500 000,00
5	(2 359 693,99)	3 500 000,00
6	(2 483 820,72)	3 500 000,00
7	(2 614 898,54)	3 500 000,00
8	(2 753 316,72)	3 500 000,00
9	(2 899 486,32)	3 500 000,00
TOTAL	(21 444 778,57)	Q31 500 000,00

Fuente: elaboración propia.

$$VPN_{\text{Costos}} = Q 13 288 680,34$$

$$VPN_{\text{Beneficio}} = Q 20 156 583,36$$

$$B/C = Q 20 156 583,36 / Q 13 288 680,34 = 1,5168$$

Este valor es con relación a los beneficios que obtendrían personas, el medio ambiente, comunidades, recursos hídricos y el Estado. La empresa no tendría complicaciones en trámite legales, pero no obtendría un beneficio directo si se llevaran a cabo las instalaciones de las mejoras de los dispositivos.

4.1.2. Renovación de aire en el área de afelpado y compactado

Para la evaluación del proyecto, en la tabla LV se describen los siguientes datos:

Tabla LV. **Análisis costos: renovación de aire**

Descripción	Monto (Q)	Interés	Período
Inversiones			
Diferida	1 100,00		
Fija	63 452,68		
Costos de Mantenimiento	368 452,68	5,60% **	2 años
Ahorro	417 555,56	4%*	2 años

Fuente: elaboración propia.

* Amortizable mensualmente

**Interés según inflación

En la tabla LVI se evalúan los costos y los ahorros que se manejan con la mejora en la renovación de aire.

Tabla LVI. **Anualidades de costos: renovación de aire**

Año	Inversión (Q)	Costos (Q)	Ahorro (Q)	Total (Q)
0	(64 552,68)			(64 552,68)
1		(368 452,68)	417 555,56	49 102,88
2		(389 623,94)	417 555,56	27 931,61

Fuente: elaboración propia.

$$VPN_{\text{Costos}} = Q 64 552,68 + Q 334 956,98 + Q 322 003,26 = Q 721 512,92$$

$$VPN_{\text{Beneficio}} = Q 379 595,96 + Q 345 087,24 = Q 724 683,20$$

$$B/C = Q 724 683,20 / Q 721 512,92 = 1,00439$$

4.1.3. Gestión de desechos sólidos

En la tabla LVII, para la evaluación del proyecto, se consideran los siguientes datos:

Tabla LVII. **Análisis costos: gestión de desechos sólidos**

Descripción	Monto (Q)	Interés	Período
Inversiones			
Inv. Diferida	5 560,00		
Costos de Operación anual	46 981,50		2 años
Reducción de costos	49 867,80		2 años

Fuente: elaboración propia.

En la tabla LVIII se evalúan los costos y los ahorros que se manejan con la nueva gestión de desechos sólidos.

Tabla LVIII. **Anualidades de costos: gestión de desechos sólidos**

Año	Inversión (Q)	Operación (Q)	Reducción de costos anual (Q)
0	(5 560,00)		
1		(46 981,50)	49 867,80
2		(46 981,50)	49 867,80

Fuente: elaboración propia

$$\text{VPN}_{\text{Costos}} = \text{Q } 5\,560,00 + \text{Q } 42\,710,45 + \text{Q } 38\,827,69 = \text{Q } 81\,538,14$$

$$\text{VPN}_{\text{Beneficio}} = \text{Q } 45\,334,36 + \text{Q } 41\,213,06 = \text{Q } 86\,547,42$$

$$\text{B/C} = \text{Q } 86\,547,42 / \text{Q } 81\,538,14 = 0,9009$$

4.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Es el interés que hace equivalentes los costos con los ingresos. La totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual. Determina el porcentaje de utilidad sobre la inversión. Ésta tiene que ser por lo menos la tasa pasiva de capital.

4.2.1. Planta de tratamiento de agua

No se puede realizar un análisis de este indicador económico, debido a que no se genera ingresos con la puesta en marcha del proyecto, y ningún ahorro, dado que la planta de tratamiento cumple con lo requerido por el Estado hasta el 2020.

4.2.2. Renovación de aire en el área de afelpado y compactado

De acuerdo a lo evaluado en los costos que se manejaron para la implementación de las mejoras, se calcula:

$$\text{TIR} = 14,0165\%$$

4.2.3. Gestión de desechos sólidos

De acuerdo a lo evaluado en los costos que se manejaron para la implementación de las mejoras, se calcula:

$$\text{TIR} = 2,5386\%$$

4.3. Valor presente neto (VPN)

4.3.1. Planta de tratamiento de agua

El VPN de llevar a cabo las mejoras en la planta de tratamiento, es:

$$\text{VPN}_{\text{Mejoras}} = (\text{Q } 13\ 288\ 680,34)$$

4.3.2. Renovación de aire en el área de afelpado y compactado

$$\text{VPN} = \text{Q } 379\ 595,96 + \text{Q } 345\ 087,24 - \text{Q } 64\ 552,68 - \text{Q } 334\ 956,98 - \text{Q } 322\ 003,26$$

$$\text{VPN} = \text{Q } 3\ 170,28$$

4.3.3. Gestión de desechos sólidos

$$\text{VPN} = \text{Q } 45\ 334,36 + \text{Q } 41\ 213,06 - \text{Q } 5\ 560,00 - \text{Q } 42\ 710,45 - \text{Q } 38\ 827,69$$

$$\text{VPN} = (\text{Q } 550,72)$$

4.4. Comparación VPN y TIR

- Planta de tratamiento

Las acciones llevadas para disminuir los contaminantes del agua utilizada en el proceso de teñido de la empresa, no generan ingreso alguno, por lo que no se puede llevar a cabo una comparación de VPN y TIR para este proyecto. El valor presente neto de las mejoras y remodelación de la planta de tratamiento en comparación con los de costos actuales proyectados son: -Q 13 288 680,34 y -Q 11 719 337,60, respectivamente.

A pesar de que los costos de las mejoras son mayores a los valores de los costos actuales proyectados, se considera que no es un gasto, sino que una inversión para disminución de contaminantes, con lo que la empresa presenta una imagen amigable con el medio ambiente a nivel nacional e internacional, salvaguardando los recursos hídricos del país, al igual que personas, flora y fauna.

- Renovación de aire

Los valores obtenidos de VPN y TIR son Q 3 170,27 y 14,0165%, respectivamente. En 2 años se logra recuperar la inversión, y la tasa interna de retorno indica que el proyecto es factible.

Llevando a cabo el proyecto de mejora del equipo de renovación de aire, se estará cuidando a todo trabajador que se encuentre dentro de las instalaciones del área de afelpado y de acabados, manteniendo limpia la misma y sin ensuciar los *batches* de tela que se procesan.

- Gestión de desechos

Los valores de VPN y TIR son -Q 550,72 y 2,5386%, respectivamente. A pesar que los costos para la implementación del proyecto son reducidos, comparando a los proyectos anteriores, no es factible dar lugar al cambio a la gestión de desechos sólidos actual.

Los recursos legales, que se deben desarrollar para lograr el cometido de reutilizar en territorio nacional los desechos de los procesos llevados a cabo en la empresa, son largos y llevan mayor control y logística para este cometido.

4.5. Comparación TIR y relación beneficio costo

- Planta de tratamiento

El análisis beneficio costo se realizó con base en un valor subjetivo de dinero que engloba actividades del Estado, consumo de agua de personas aledañas a los elementos hídricos donde transita el agua contaminada de la empresa, y en el impacto de la flora y fauna presentes en el lago de Amatitlán. Se determinó un resultado de 1,5168, con lo que se concluye que el proyecto es factible dado que beneficia a todos los componentes previamente mencionados.

No se puede realizar una comparación directa entre la TIR y relación beneficio costo, dado que no se pudo calcular la primera, y se están tomando diferentes puntos de vista para la evaluación donde no se toma un beneficio directo a la empresa.

- Renovación de aire

Los valores de la TIR y relación beneficio costo calculados, fueron 14,0165% y 1,00439, respectivamente. El proyecto en 2 años presenta ahorro de acuerdo a la limpieza del área, pero después de este lapso, de acuerdo a la TIR, el proyecto no producirá ganancias, pero si ahorros en tiempos de producción, cuidando la salud de operadores, personas circulantes del área y limpieza general en el área de trabajo.

- Gestión de desechos

De acuerdo a estos 2 indicadores: 2,5386% y 0,9009, respectivamente, llevar a cabo este proyecto no es factible. Se debe continuar con la gestión de desechos sólidos actual del área de calidad.

4.6. Análisis de sensibilidad

Es una forma de incorporar el factor del riesgo a los resultados pronosticados de un proyecto, que permite medir cuan sensible es la evaluación realizada a variaciones de 1 o más parámetros decisorios de un proyecto o variables relevantes tales: tasa de oportunidad (tasa brindada por los bancos), precio de venta, volumen de producción, costo de mano de obra, inversiones iniciales, utilidad vida útil, entre otros

- Planta de tratamiento
 - o Se analiza una tasa porcentual de inflación igual a 7,3% anual. Comparando los costos de la instalación y los costos actuales proyectados, se tienen:

VPN _{Costo total}	=	(Q 14 182 545,93)
VPN _{Costo Proyectado}	=	(Q 12 560 363,29)
Diferencia	=	(Q 1 622 182,65)

Se concluye que el tener puesta en marcha desde un principio las mejoras, se gastaría Q 1 622 182,65 el día de hoy, que representa un costo alto para la puesta en marcha de la mejoras.

- o Si se llevara a cabo todas las mejoras en los últimos 3 años, previos a la culminación del tiempo estipulado por el Acuerdo Gubernativo 236-2006, se obtendrían los siguientes costos con una inflación del 7,3% mensual:

VPN _{Costo total}	=	(Q 13 001 168,14)
VPN _{Costo Proyectado}	=	(Q 12 560 363,29)
Diferencia	=	(Q 440 804,86)

El costo para poner en marcha la remodelación de la planta de tratamiento tiene un costo mucho menor comparado a llevarlo a cabo desde el año 1.

- o Si las mejoras se instalaran en el año previo a la culminación del tiempo estipulado por el Acuerdo Gubernativo 236-2006, se obtendrían los siguientes costos, con una inflación del 7,3% mensual:

VPN _{Costo total}	=	(Q 12 908 527,79)
VPN _{Costo Proyectado}	=	(Q 12 560 363,29)
Diferencia	=	(Q 348 164,50)

En los 2 últimos casos se notaron grandes variaciones del precio de instalación y operación. Lo mejor sería iniciar a desarrollar todas las mejoras mencionadas en el año 7. Aunque cabe destacar que durante este tiempo, las máquinas que se cotizaron y se evaluaron para la remodelación de la planta de tratamiento se encontrarán devaluados.

- Renovación de aire

Se utilizará una inflación del 5,6% anual, a un tiempo de 3 años. Los resultados son:

TIR = -4,0811%
VPN = -Q 8002,83
B/C = 0,9916

Al utilizar una inflación mensual del 5,6%, a un tiempo de 3 años.

TIR = 18,6393%
VPN = Q 6 668,59
B/C = 0,0071

Se concluye que si se mantiene una tasa inflacionaria de 5,6% o menos, el proyecto es factible para un tiempo de 3 años.

- Gestión de desechos sólidos

Si se evalúa el proyecto con una inflación del 5,6% a los costos de operación, se tendrían los siguientes valores:

TIR = -42,2701%
VPN = (Q 2 781,76)
B/C = -0,4997

De acuerdo a estos índices económicos, el proyecto no es factible.

5. ESTUDIO ADMINISTRATIVO

5.1. Estructura organizacional

Del Atlántico comparte su misión, visión y valores con las empresas que conforman Corporación Textilera. A continuación, se describen.

5.1.1. Misión

“La elaboración de tela de tejido de punto de la mejor calidad, en el menor tiempo, con eficiencia y productividad. Por encima de cualquier otra cosa en la organización se tratará a los empleados con respeto, interés, y atención para mantener la más alta motivación e identificación de los empleados hacia la empresa”.

5.1.2. Visión

“Ser la empresa líder en América en la elaboración de tela, proporcionando la mejor calidad, en el menor tiempo, con clientes siempre satisfechos”.

5.1.3. Valores

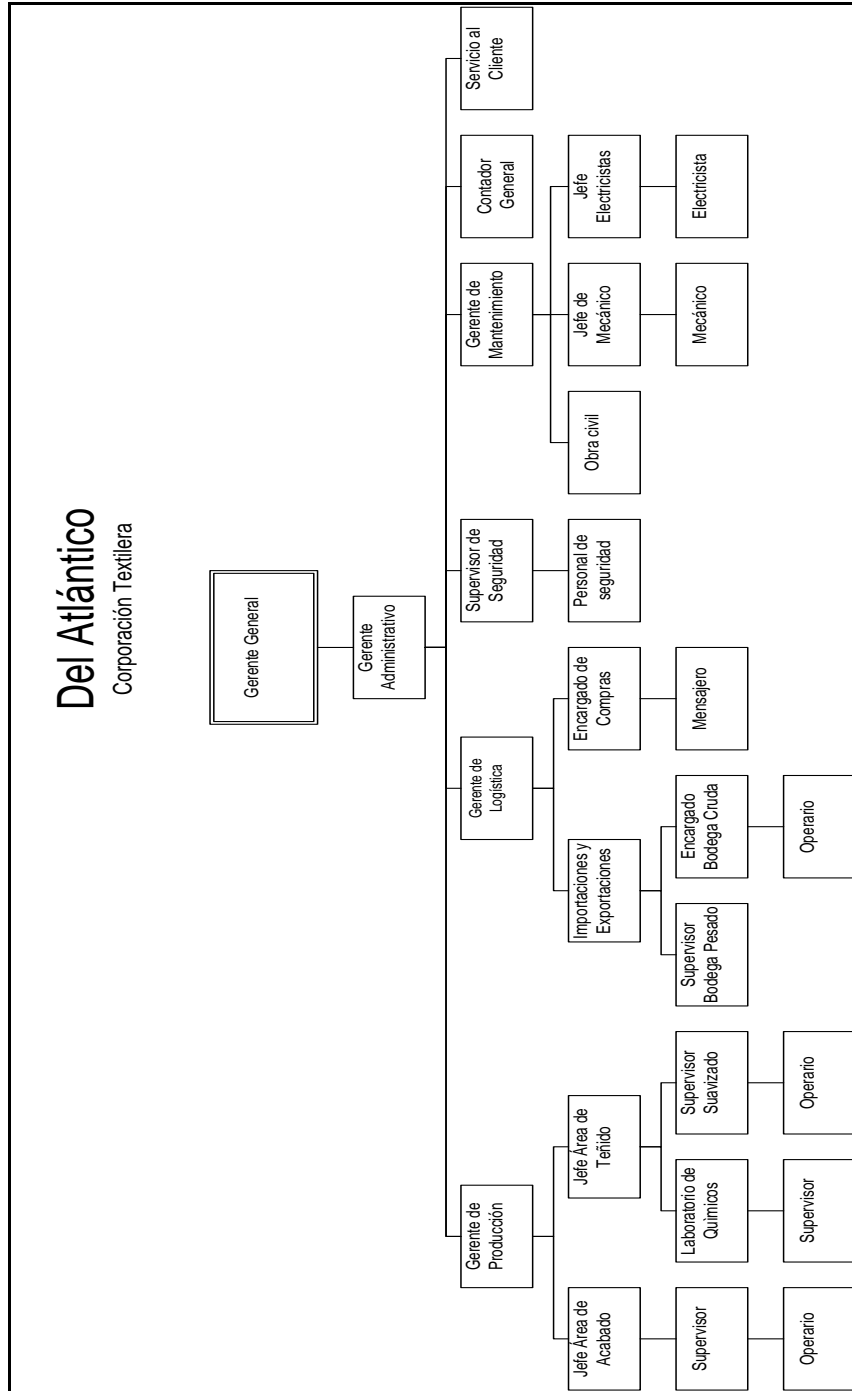
Los valores se toman en cuenta en el día a día de labores dentro de la empresa, con proveedores, con productos y servicios. Todos, desde operadores hasta gerentes, deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Calidad y satisfacción del cliente
- Respeto
- Honestidad
- Puntualidad
- Integridad
- Crecimiento rentable
- Reducción continua de costos
- Gestión social
- Salud y seguridad
- Desarrollo Organizacional
- Responsabilidad Ambiental
- Código de conducta
- Modernización tecnológica
- Salud y seguridad

5.1.4. Organigrama

En la figura 19 se presenta el organigrama de funciones es la estructura actual de Del Atlántico.

Figura 19. Organigrama de institución



Fuente: elaboración propia

5.2. Responsabilidad social empresarial

Es el compromiso permanente de las empresas de aumentar su competitividad, mientras contribuyen al desarrollo sostenible de la sociedad, manteniendo una relación directa y de satisfacción en la solución de los problemas prioritarios de cada uno de los grupos implicados (*stakeholders*), fundamentado el respeto a la dignidad de las personas.

5.2.1. Gestión social

Se define cuando la organización atiende y entiende el proceso de formación de las políticas sociales con las comunidades impactadas, es sensible a sus carencias básicas, aspectos sociales y culturales, a los problemas de seguridad, a las emergencias sociales y catástrofes. La empresa prepara técnicamente a las personas de esas comunidades para incorporarlos como trabajadores de la misma. Implica también llevar a cabo proyectos conjuntos de desarrollo comunitario.

La empresa cumple con lo establecido en el código de trabajo, referente a las jornadas laborales, sin excederlas, ofreciendo a los empleados mejoras salariales y remuneraciones por encima del salario mínimo.

También lleva a cabo acciones laborales sin afectar la vida cotidiana alrededor de la misma. Un ejemplo es la logística de importaciones y exportaciones, donde procura no mantener un alto volumen de transporte pesado que provoque el estacionamiento del mismo dentro de las calles, evitando el perjudicar y el impedimento de la libre locomoción de personas y sus vehículos.

Provee fuentes de trabajo a más de 200 personas entre turnos de día y noche, los cuales se efectúan de acuerdo para que el trabajador maximice sus ingresos.

5.2.2. Salud y seguridad

La gestión de los negocios debe ser en forma responsable y sostenible a través de una cultura empresarial que responsabiliza a todos, en la promoción, prevención de la salud y la seguridad dentro y fuera de la empresa.

En Del Atlántico, cada uno de los trabajadores de cada una de las áreas, recibe capacitación de seguridad dentro de la planta. Dependiendo del área en que labore la persona, se proporciona el equipo adecuado, para minimizar los riesgos de los procesos de producción. También, se motiva al personal de cada departamento a cuidar las instalaciones para mantenerlas en óptimo estado, creando un ambiente de trabajo agradable y seguro.

En el momento que algún miembro del personal de trabajo resulte lastimado por alguna actividad laboral directa o indirecta, se brinda atención médica pertinente por parte de personal apto para llevar a cabo estas medidas, de acuerdo a la gravedad, se transporta al herido a una institución para su cuidado.

Todo nuevo empleado recibe una inducción para los planes de evacuación y de emergencia. Gerentes de primera línea, intermedios, de primer nivel y personal de mantenimiento, reciben capacitación de primeros auxilios, medidas de mitigación de incendio, entre otros.

Cada trabajador que se encuentre en constante movimiento, dentro de la planta se le otorga todo el equipo de protección industrial (EPI), adecuado para mitigar aquellas condiciones inseguras resultantes por los procesos y manejo de materiales, como el uso de tapones de orejas dentro de la planta. El personal de mantenimiento posee casco, guantes, anteojos de protección, tapones para oídos, uniformes y mascarilla.

En las áreas donde se manejan tela cruda o, bien, producto terminado se tienen instaladas mangueras de agua de fácil acceso para evitar y luchar contra cualquier incendio; en el área de acabados se tiene 18 extintores, y en el de teñido 6. Dentro de las oficinas se encuentran señalizadas salidas de emergencia, lugar de extintores, instalaciones de fácil acceso y ruta de evacuación.

Las áreas de carga y descarga de combustible fósil se señalizan y se ordena con equipo contra incendio, instrucciones y equipo de primeros auxilios para estar listo ante cualquier siniestro. Se tienen instalados conexiones para mangueras de alto caudal. Las instrucciones son concisas, para proceder ante cualquier eventualidad de manera apropiada.

Cada máquina posee su área marcada de trabajo, al igual que movimiento de procesos y lugares de precaución. En las áreas de manejo de químicos se encuentran las hojas de Normas MSDS, donde se describen los pasos que se deben seguir, si existiera derrame o exposición del químico hacia una persona.

5.2.3. Responsabilidad ambiental

Es donde la empresa debe tener una preocupación sincera por no dilapidar los recursos naturales, minimizando o reduciendo a cero los daños del medio ambiente, estableciendo planes definidos para mejorarlo en el corto y largo plazo, dentro y fuera del entorno de la empresa.

Siguiendo esta línea, las instalaciones de la Empresa de Teñido y Acabo se encuentran adecuadas para cumplir con normas de cuidado del ambiente. Ejemplo de ello, es la distribución de las instalaciones hidráulicas y sanitarias, la cual se encuentra conectada a la planta de tratamiento para la disminución de contaminantes e impacto hacia el ambiente.

En los procesos se realizan acciones para minimizar residuos de materia prima y optimizar el uso de los mismos, como el agua, que es reutilizada en algunos procesos de intercambio de calor en las máquinas de teñido.

Otro punto importante, el manejo de combustible fósil se realiza de una manera adecuada donde se revisan los niveles de volumen de existencia, con la finalidad de evitar una calamidad causada por derrames de petróleo, que no lleguen a los recursos hídricos y que no afecten la salud de las personas.

A la planta de tratamiento se le realizan mantenimientos anuales para conservar y mejorar los parámetros de agua tratada, debido a que una prioridad de la empresa es el cuidar los recursos naturales del país.

Materiales desechables, como envases plásticos de químicos, son manejados por personas exteriores encargadas de reciclaje.

5.3. Grupos implicados

Los grupos implicados o *stakeholders* son grupos de interés que se relacionan, directamente o indirectamente, con la empresa en cada una de sus actividades.

Los *stakeholders* pueden ser: los accionistas o dueños del capital, trabajadores y empleados, los consumidores, los competidores, los proveedores, el Estado, la opinión pública, las comunidades periféricas, el efecto positivo o negativo de empresas lejanas, el medio ambiente, entre otros.

De acuerdo a las prioridades de atención, se puede priorizar a los grupos implicados. Desde el punto de vista de la funcionalidad de la empresa, la clasificación puede ser:

- Primarios: son esenciales para la supervivencia de la empresa y como consecuencia es un imperativo ético darles una atención primaria: estos pueden ser: accionistas, inversores, empleados, clientes y proveedores.
- Secundarios: gobierno, comunidades, medio ambiente, las familias de los empleados, medios de comunicación, opinión pública, países o comunidades lejanas, interacción de las diferentes variables.

El primer paso a realizar, es la identificación de los *stakeholder* con los cuales se tienen relaciones en la actualidad para crear un sistema para administrarlos. Luego se podrán determinar los que pueden convertirse en *stakeholders* potenciales.

Los grupos implicados presentes en la actividad laborar de Del Atlántico, se encuentran: los socios y accionistas, los clientes, los trabajadores, los operarios, el medio ambiente, comunidad, medio ambiente, el Estado.

- Clientes

Uno de los puntos más importantes de la empresa es la satisfacción de los clientes. Los actuales y potenciales, en la industria textilera, registran ponderaciones de auditorías realizadas por instituciones con estándares mundiales.

Entre los puntos que evalúan se encuentran: calidad del producto, mantenimiento, estado de maquinaria, salud ocupacional, calidad de materia prima, medidas de mitigación de contaminantes, leyes reguladas por el Estado en materia de horas de trabajo, entre otros. Se resalta la importancia de la salud ocupacional y las medidas de mitigación de contaminantes. Con base en la ponderación de la auditoría llevada a cabo, el cliente puede evaluar las distintas empresas de textiles y decidirse cuál es más conveniente de acuerdo al producto deseado.

- Socios y accionistas

Son los encargados de proporcionar el flujo económico para el ejercicio continuo de la empresa. De esta manera, esperan capitalizar aquella inversión que hayan realizado, por lo cual toman decisiones encaminadas a mejorar procesos y materiales, tomando directrices y acciones de un plan que los trabajadores de la empresa deben llevar a cabo para la mejora continua con base en estándares de calidad mundial.

- Estado

El Estado ha promulgado leyes que regulan los índices de contaminación de los desechos de la empresa. El Acuerdo Gubernativo 236-2006: Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de los lodos y Acuerdo Gubernativo 51-2010: Reglamento de vertidos para cuerpos receptores de la cuenca del lago de Atitlán y su entorno, ambos realizados por el (MARN), son ejemplo de la creciente atención y preocupación del Estado guatemalteco por el medio ambiente.

Las aguas residuales son vertidas en el río Pinula, que es el encargado de llevar todas las aguas servidas de la colonia donde se encuentra la empresa hasta el río Villalobos que desemboca en el lago de Amatitlán.

- Comunidad

La comunidad donde se encuentra establecida la planta es de nivel económico bajo y la empresa genera fuentes de trabajo para gente capaz, íntegra, responsable, respetuosa, confiable y justa; ayudándolos a superarse en nivel económico, social y educativo a ellos y a sus familias; alcanzando inyectar dinero a la red monetaria de Guatemala.

Las comunidades cercanas a la empresa velan por la calidad del agua recibida por los elementos hídricos de nuestro país, debido al alza de contaminación de las vertientes por industrias que no regulan los contaminantes desechados por sus procesos. Las personas indican y realizan acciones en contra de las empresas que no se comprometen con la regulación de los contaminantes.

6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

6.1. Parámetros físico-químicos del agua residual

De acuerdo a los valores de los parámetros obtenidos en el Capítulo 2, del agua residual, y compararlos con los valores del agua de producción, se establece que los valores son elevados, por lo que no es viable la reutilización a corto plazo debido a la complejidad de pruebas e instalación de equipo de última generación para lograr la reutilización del agua utilizada.

La mejor opción para mejorar los parámetros del caudal de salida, es la instalación de equipo para mejorar el ambiente del tanque de tratamiento biológico donde se reproduce la bacteria, y progresivamente con la evaluación de costos y parámetros del agua, analizar la posibilidad de utilizar el agua en tareas diarias como limpieza o riego de jardines.

6.2. Inventario ambiental

Del Atlántico se encuentra ubicada en el sur de la ciudad capital. La colonia donde está establecida se encuentran al borde de un desfiladero donde habitan variedad de animales como ardillas, ratones, lagartijas, zanates, insectos tales como: mosquitos, cucarachas, grillos, saltamontes, arañas, zancudos, hormigas, mariposas; entre otros. La flora existente en los alrededores de la planta se encuentra gran cantidad de árboles cubiertos por maleza, que predomina la mayor parte del área del barranco, el cual ha sufrido varios deslaves arrastrando grandes áreas boscosas.

En el área urbanizada no existe vida silvestre excepto animales domésticos como perros, gatos, canarios, loros, entre otros; al igual que no se aprecian áreas verdes.

6.3. Parámetros socioeconómicos

La colonia es un sector socioeconómico medio bajo y bajo. La mayoría de la población es de escasos recursos donde, un grupo, trabaja como supervisores, operarios, mecánicos y personal de limpieza en las empresas que se encuentran dentro del lugar.

La colonia se encuentra ubicada en los límites de un barranco, por lo que anteriormente era conocida como un asentamiento donde el mayor de los problemas eran derrumbes ocasionados por constantes lluvias.

Al mismo tiempo, es catalogada como zona roja por el gobierno de Guatemala, debido a la incesante ola de violencia que aqueja a los vecinos. Algunas de razones de esto son las luchas entre bandas de maras que desean controlar territorio.

El servicio de agua potable es irregular, habiendo lapsos de 3 días sin este líquido cuando existe un problema con las tuberías dentro de la colonia. El horario normal de distribución en las casas es de 2 a.m. a 7 a.m., aquellas personas que posean cisterna o depósito logran tener agua durante el día y utilizarla de acuerdo a sus necesidades.

La gestión de residuos sólidos, también, es irregular, los camiones que prestan el servicio de extracción de basura pasan una vez por semana, provocando que cada casa mantenga un volumen considerable de desechos.

Para aminorar la cantidad de basura, usualmente las personas la tiran hacia el barranco.

En los alrededores se encuentran 3 focos de gran contaminación por desechos. La primera se encuentra en un cementerio aledaño al lugar, donde normalmente personas y terceros tiran basura en la noche, actualmente es prohibido. A su vez, existe otra zona que limita con el desfiladero que usualmente era utilizado como basurero, pero por el gran volumen de contaminación resultante, se levantó una malla para evitarlo, a la fecha todavía es utilizado como basurero. Por último, al sur de la colonia, hay un punto donde se tira ripio, lugar que está terminantemente prohibido.

El servicio de luz eléctrica por lo general es regular, la mayoría de casas cuenta con iluminación artificial. Por el sector en el que se encuentra, en época de invierno ocurre varios apagones intermitentes, pero no afectan a las personas durante un gran lapso de tiempo.

La calle principal, que también es el acceso a la colonia, es un sector económicamente activo, aquí se sitúa el mercado comunal hasta el medio día. Existen locales de venta de ropa, de comida, electrodomésticos, barberías, tiendas, 2 bancos de transacción monetaria, locales de reparación de neumáticos y un polideportivo. El mercado comunal es de canal productor-intermediario-consumidor, el intermediario usualmente es el centro mayorista de abastecimiento.

6.4. Estudio cultural de alrededores de la planta

Dentro de la colonia, no se ubican lugares arqueológicos asequibles. Se sitúan escuelas públicas de nivel primario y colegios privados.

Se pueden apreciar distintos paisajes por el lugar donde se encuentra ubicada. Hacia al Sur se logra distinguir las colonias Letrán, Vásquez, Cedros, y Tamarindos, el municipio de Amatitlán y el volcán de Pacaya. Hacia el este están las colonias Vista hermosa, Elgin Sur y Cuchilla del Carmen. Hacia el Sureste, Boca del Monte, San Antonio Papaturo, colonia San Agustín y San Felipe los Cipreses. Todas éstas vistas se caracterizan por la gran cantidad de áreas verdes. Se aprecia el contraste entre urbanización y ecología.

6.5. Evaluación de estudios de agua residual según Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

Establecido en el estudio técnico, la planta cumple de manera satisfactoria hasta la etapa II del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. Entre los estatutos que se evaluaron fueron:

- pH
- Color
- Sólidos disueltos totales
- Sólidos en suspensión
- Sólidos sedimentables
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Se considera que el agua residual procesada de la planta de tratamiento cumple satisfactoriamente con los estatutos de la Etapa II del Acuerdo Gubernativo 236-2006.

6.6. Evaluación análisis de aire en área de afelpado y compactado

El aire resultante dentro del área de afelpado es dañina para la salud pero no posee contaminantes dañinos para el medio ambiente. La tela de algodón es biodegradable, de acuerdo a lo establecido al estudio técnico, el aire que se respira dentro del área no es el adecuado, debido a que personas que son alérgicas al polvo de algodón, son los más propensos en padecer enfermedades.

6.7. Desechos sólidos

La movilización de retazos y subproductos de tela procesada en el departamento de calidad, cumple con las normativas establecidas en el Decreto 29-89. Estos residuos se envían a los clientes para que tengan registros del trato y pruebas de calidad que se llevaron a cabo

CONCLUSIONES

1. La demanda actual y los pronósticos de venta de Del Atlántico, indican que en 4 años se estará duplicando la demanda en comparación a enero de 2011: (1 936 931lb y 994 528lb); por lo que es viable llevar a cabo acciones a corto, mediano y largo plazo para disminuir contaminantes en el agua residual con una remodelación de la planta de tratamiento, mejorar el sistema de renovación de aire en el área de acabados, área de afelpados, y gestión de desechos sólidos del área de calidad.
2. El agua residual de la planta de tratamiento cumple con los parámetros de la etapa II establecido en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, no es necesario llevar a cabo acciones a corto plazo para mejorarla.
3. Al instalar una torre de enfriamiento con capacidad de disipación de calor de 11 916BTU/min enfriaría el agua residual a 35°C, ambiente propicio para la bacteria en el tratamiento secundario.
4. Al instalar un inyector de aire en el área de acabados y área de afelpado con capacidad de 8 228CFM se obtendría la inyección de aire requerida en la nave industrial.
5. El Decreto 29-89 indica que para utilizar los residuos de tela o tela de segunda dentro del territorio nacional se deben solicitar permisos de parte de la Dirección General de Aduanas y la empresa debe pagar todos los impuestos que solicite como el DAI, el IVA e ISR.

6. Los costos de remodelación de la planta de tratamiento y mantenimiento son Q 711 346,07 y Q 1 782 467,41 anuales, respectivamente; la inversión inicial y costos de mantenimiento para mejorar la renovación de aire en el área de acabado y afelpado son Q 64 552,68 y Q 368 452,68 anuales, respectivamente; y los costos para llevar a cabo la mejora de desechos de sólidos, asciende a un monto de inversión y costos de operación Q 5 560,00 y Q.46 981,50 anuales, respectivamente.
7. La remodelación de la planta de tratamiento de agua de la empresa es viable desde el punto de vista del Estado; el mejoramiento del sistema de renovación de aire es factible con un VPN de Q 3 170,27 y TIR 14,0165%; el mejoramiento de desechos sólidos del área de calidad no es viable ni factible, debido a que tiene un VPN de -Q 550,72 y TIR de 2,5386%.
8. Existen grupos implicados dentro de la estructura organizacional de la empresa para llevar a cabo acciones para la disminución de contaminantes, los cuales son: clientes, socios, accionistas, Estado y comunidad donde lleva a cabo sus acciones la empresa.
9. La contaminación resultante por la mota proveniente del aire del área de acabados y área de afelpado no es dañino para el medio ambiente.
10. La gestión de desechos sólidos del área de calidad no contamina de forma alguna el medio ambiente que rodea a la empresa.
11. Mejorar la gestión de desechos sólidos del área de calidad no es factible, debido a que se estarían invirtiendo tiempo y recursos en distintas auditorias para la reutilización y nacionalización de subproductos de producción y tela de segunda.

RECOMENDACIONES

1. La instalación de la torre de enfriamiento se debe llevar a cabo a mediano plazo para lograr mantener un volumen constante de bacteria dentro del tanque de tratamiento biológico.
2. Una vez que se instale cada uno de los pasos de remodelación de la planta de tratamiento, se deben realizar estudios de los parámetros de las aguas para determinar si se necesitan nuevas mejoras o los resultados son óptimos.
3. Con la instalación del inyector y los ductos en el área de acabados y área de afelpado se mejora el ambiente laboral y también ayuda a disminuir los tiempos de limpieza y manchas en *batches* por mota en la tela.
4. Implementar laboratorios de pruebas de funcionamiento de torres de enfriamiento en la clase de Termodinámica 2, para que el estudiante adquiera un conocimiento teórico y práctico.
5. Que la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial realice periódicamente evaluaciones curriculares del p^énsu^m con el propósito de introducir el tema de la responsabilidad social empresarial para que el estudiante, cuando forme parte importante de empresas líderes, conozcan la forma de llevar a cabo acciones dentro de las mismas, para que implemente metas y objetivos con el fin de mejorar las condiciones de vida de los trabajadores de la institución y colonias aledañas.

BIBLIOGRAFÍA

1. AVENDAÑO FLORES, Norma Haydee. “Evaluación del uso de un lecho filtrante de carbón vegetal y activado para el tratamiento de un afluyente líquido textil”. Trabajo de Graduación de Ing. Sanitaria. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1995. 38 p.
2. BLANCO, José. “Degradación de un efluente textil real mediante procesos Fenton y Foto-Fenton”. Trabajo de Maestría de Ing. Ambiental. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de caminos, canales y puertos de Barcelona, Universidad de Politécnica de Cataluña, 2009. 134 p.
3. BEBER BOUYSSOU DE LARA, Maria Rebeca. “Características del agua subterránea, su utilización en proyecto de abastecimiento y diseño del sistema de agua potable de la aldea Lo de Fuentes, Mixco”. Trabajo de Graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1990. 84 p.
4. CANTER, Larry. *Manual de evaluación de impacto ambiental: técnica para la elaboración de estudios de impacto*. 2a ed. España: McGraw-Hill, 1998. 841 p.

5. DE LEÓN MALOUF, Roberto Antonio. "Saneamiento y seguridad en fábricas textiles". Trabajo de Graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1977. 39 p.
6. GARCÍA, Hiram. "Guía para el diseño de torres de enfriamiento". Trabajo de Graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1998. 129 p.
7. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de los lodos*. Guatemala: MARN, 2006. 24 p.
8. MONTÚFAR GUARDADO, Guillermo Alfredo. *Ahorros operativos y equipamiento en plantas de tratamiento*. Guatemala: Grupo Tecnología, 2009. 67 p.
9. MOTT, Robert. *Mecánica de fluidos aplicada*, 4a ed. México: Prentice-Hall, 1996. 597 p.
10. MORATAYA BERDUO, Álvaro Eduardo. "Tratamiento de aguas residuales para minimizar el impacto ambiental en la industria del empaques de cartón", Trabajo de Graduación de Ing. Mecánica Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2003. 106 p.
11. PERRY, Robert. *Biblioteca del ingeniero químico*. 5a ed. México: McGraw-Hill, 1986. 6 v.

12. PITA, Edward. *Acondicionamiento de aire, principios y sistemas: un enfoque energético*. México: Continental, 1994. 548 p.
13. PRADO ABULARACH, José Manuel. *Ética práctica y social. Responsabilidad de la empresa con la sociedad*. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009. 199 p.
14. RAMÍREZ LORENZANA, Edgar Pavel. “Evaluación de la planta de tratamiento de aguas de una industria farmacéutica nacional, según el reglamento de descargas y rehúso de aguas residuales y de la disposición de todos y propuesta para el aprovechamiento de desechos”. Trabajo de Graduación de Ing. Química. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 55 p.

ANEXOS

A. Carta psicométrica de temperaturas elevadas

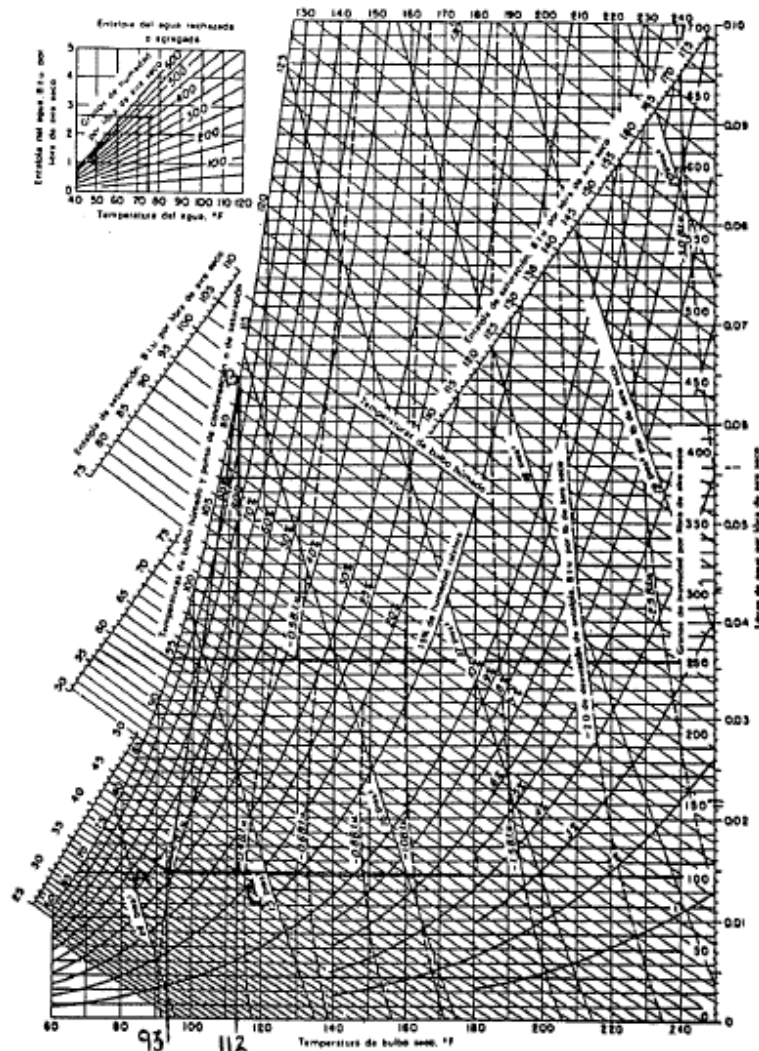


Figura 12-3. Carta psicométrica de temperaturas elevadas. Presión barométrica, 29.92 pulg de Hg.

Fuente: MENCHÚ, Ixcaquic. Diseño de una torre de enfriamiento para un turbogenerador de 7.5 MW en el Ingenio la Unión. p. 36.

ANEXOS

B. Acuerdo Gubernativo 236-2006: reglamentos de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos

CAPÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1. OBJETO. El objeto del presente Reglamento es establecer los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reuso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos. Lo anterior para que, a través del mejoramiento de las características de dichas aguas, se logre establecer un proceso continuo que permita:

- Proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la contaminación de las aguas residuales.
- Recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización.
- Promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada.

También es objeto del presente Reglamento establecer los mecanismos de evaluación, control y seguimiento para que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales promueva la conservación y mejoramiento del recurso hídrico.

Artículo 2. APLICACIÓN. El presente Reglamento debe aplicarse a:

- Los entes generadores de aguas residuales;
- Las personas que descarguen sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público;
- Las personas que produzcan aguas residuales para reuso;
- Las personas que reusen parcial o totalmente aguas residuales; y
- Las personas responsables del manejo, tratamiento y disposición final de lodos.

Artículo 3. COMPETENCIA. Compete la aplicación del presente Reglamento al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Las Municipalidades y demás instituciones de gobierno, incluidas las descentralizadas y autónomas, deberán hacer efectiva la aplicación de los presentes artículos a las disposiciones, para los efectos de la aplicación de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.

CAPÍTULO II DEFINICIONES

Artículo 4. DEFINICIONES. Para los efectos de la aplicación e interpretación de este Reglamento, se entenderá por:

AFLUENTE: el agua captada por un ente generador.

AGUAS RESIDUALES: las aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas.

AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL: las aguas residuales generadas por servicios públicos municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario, así como la mezcla de las mismas.

AGUAS RESIDUALES DE TIPO ORDINARIO: las aguas residuales generadas por las actividades domésticas, tales como uso en servicios sanitarios, plias, lavamanos, lavatrastos, lavado de ropa y otras similares, así como la mezcla de las mismas, que se conduzcan a través de un alcantarillado.

ACUERDO GUBERNATIVO No. 236-2006

Guatemala, 5 de Mayo de 2006

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que por imperativo constitucional el Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga el impacto adverso del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico; para lo cual es necesario dictar normas que garanticen la utilización y el aprovechamiento racional de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, evitando su degradación.

CONSIDERANDO:

Que la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, tiene por objeto velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país.

CONSIDERANDO:

Que de conformidad con la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, el Gobierno debe emitir las disposiciones y reglamentos correspondientes, para ejercer el control, aprovechamiento y uso de las aguas; prevenir, controlar y determinar los niveles de contaminación de los ríos, lagos y mares y cualquier otra causa o fuente de contaminación hídrica.

CONSIDERANDO:

Que es importante contar con un instrumento normativo moderno que ofrezca certeza jurídica para la inversión, permita la creación de empleo, propicie el mejoramiento progresivo de la calidad de las aguas y contribuya a la sostenibilidad del recurso hídrico, en beneficio de los órganos de la administración pública con las municipalidades y la sociedad civil.

POR TANTO:

En uso de las funciones que le confieren el artículo 163, literal e) de la Constitución Política de la República de Guatemala,

ACUERDA:

Emitir el siguiente

“REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS”

<p>ALCANTARILLADO PLUVIAL: el conjunto de tuberías, canalizaciones y obras accesorias para recolectar y conducir las aguas de lluvia.</p>	<p>ESTABILIZACIÓN DE LODOS: el proceso físico, químico o biológico al que se someten los lodos para acondicionarlos previo a su aprovechamiento o disposición final.</p>
<p>ALCANTARILLADO PÚBLICO: el conjunto de tuberías y obras accesorias utilizadas por la municipalidad, para recolectar y conducir las aguas residuales de tipo ordinario o de tipo especial, o combinación de ambas que deben ser previamente tratadas antes de descargarlas a un cuerpo receptor.</p>	<p>ESTERO: la zona del litoral que se inunda durante la pleamar. Puede ser tanto arenoso como rocoso y en ocasiones alcanza gran amplitud, tanto mayor cuanto más leve sea la pendiente y más notorias las mareas. Con frecuencia tiene un amplio desarrollo en las desembocaduras fluviales.</p>
<p>CARACTERIZACIÓN DE UNA MUESTRA: la determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos.</p>	<p>EUTROFIZACIÓN: el proceso de disminución de la calidad de un cuerpo de agua como consecuencia del aumento de nutrientes, lo que a su vez propicia el desarrollo de microorganismos y limita la disponibilidad de oxígeno disuelto que requiere la fauna y flora.</p>
<p>CARACTERIZACIÓN DE UN EFLENTE O UN AFLUENTE: la determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas, incluyendo caudal, de los parámetros requeridos en el presente Reglamento.</p>	<p>FERTIRRIEGO: la práctica agrícola que permite el reuso de un efluente de aguas residuales, que no requiere tratamiento, a fin de aprovechar los diversos nutrientes que posee para destinarios en la recuperación y mejoramiento de suelos así como en fertilización de cultivos que no se consuman crudos o precocidos.</p>
<p>CARGA: el resultado de multiplicar el caudal por la concentración determinados en un efluente y expresada en kilogramos por día.</p>	<p>HUMEDAL: el sistema acuático natural o artificial, de agua dulce o salada, de carácter temporal o permanente, generalmente en remanso y de poca profundidad.</p>
<p>CAUDAL: el volumen de agua por unidad de tiempo.</p> <p>COLIFORMES FECALES: el parámetro que indica la presencia de contaminación fecal en el agua y de bacterias patógenas, provenientes del tracto digestivo de los seres humanos y animales de sangre caliente.</p>	<p>INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN AMBIENTAL: los documentos técnicos definidos en el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, Acuerdo Gubernativo No. 23-2003 y sus reformas, contenidos en los Acuerdos Gubernativos No. 424-2003 y 704-2003; los cuales permiten realizar una identificación y evaluación sistemática de los impactos ambientales de un proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad, desde la fase de construcción hasta la fase de abandono.</p>
<p>CUERPO RECEPTOR: embalse natural, lago, laguna, río, quebrada, manantial, humedal, estuario, estero, manglar, pantano, aguas costeras y aguas subterráneas donde se descargan aguas residuales.</p>	<p>LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE: el valor asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en las etapas correspondientes para aguas residuales y en aguas para reuso y lodos.</p>
<p>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO: la medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales, que se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable durante un periodo de cinco días y una temperatura de veinte grados Celsius.</p>	<p>LODOS: los sólidos con un contenido variable de humedad provenientes del tratamiento de aguas residuales.</p>
<p>DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO: la medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable en aguas residuales, que se determina por la cantidad equivalente de oxígeno utilizado en la oxidación química.</p>	<p>MANTO FREÁTICO: la capa de roca subterránea, porosa y fisurada que actúa como reservorio de aguas que pueden ser utilizables por gravedad o por bombeo.</p>
<p>DILUCIÓN: el proceso que consiste en agregar un volumen de agua con el propósito de disminuir la concentración en un efluente de aguas residuales.</p>	<p>META DE CUMPLIMIENTO: la determinación numérica de los valores que deben alcanzarse en la descarga de aguas residuales al final de cada etapa de cumplimiento. En el caso de los entes generadores nuevos y de las personas nuevas que descargan al alcantarillado público, al iniciar operaciones.</p>
<p>EFLENTE DE AGUAS RESIDUALES: las aguas residuales descargadas por un ente generador.</p>	<p>MODELO DE REDUCCIÓN PROGRESIVA: el régimen de cumplimiento de valores de parámetros en cargas, con parámetro de calidad asociado, en distintas etapas.</p>
<p>ENTES GENERADORES: la persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, y cuyo efluente final se descarga a un cuerpo receptor.</p>	<p>MONITOREO: el proceso mediante el cual se obtienen, interpretan y evalúan los resultados de una o varias muestras, con una frecuencia de tiempo determinada, para establecer el comportamiento de los valores de los parámetros de efluentes, aguas para reuso y lodos.</p>
<p>ENTES GENERADORES EXISTENTES: los entes generadores establecidos previo a la vigencia del presente Reglamento.</p> <p>ENTES GENERADORES NUEVOS: los entes generadores establecidos posteriormente a la vigencia del presente Reglamento.</p>	<p>MUESTRA: la parte representativa, a analizar, de las aguas residuales, aguas</p>

MUESTRAS COMPUESTAS: dos o más muestras simples que se toman en intervalos determinados de tiempo y que se adicionan para obtener un resultado de las características de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos.

MUESTRA SIMPLE: la muestra tomada en una sola operación que representa las características de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos en el momento de la toma.

PARÁMETRO: la variable que identifica una característica de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos, asignándole un valor numérico.

PARÁMETRO DE CALIDAD ASOCIADO: el valor de concentración de demanda bioquímica de oxígeno, expresado en miligramos por litro, que determina la condición del effluente y se aplica en el modelo de reducción progresiva de cargas.

PERSONA QUE DESCARGA AL ALCANTARILLADO PÚBLICO: la persona individual o jurídica, pública o privada, que descarga aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público.

PERSONA EXISTENTE QUE DESCARGA AL ALCANTARILLADO PÚBLICO: la persona que descarga al alcantarillado público establecida previo a la vigencia del presente Reglamento.

PERSONA NUEVA QUE DESCARGA AL ALCANTARILLADO PÚBLICO: la persona que descarga al alcantarillado público establecida posteriormente a la vigencia del presente Reglamento.

PUNTO DE DESCARGA: el sitio en el cual el effluente de aguas residuales confluye en un cuerpo receptor o con otro effluente de aguas residuales.

REUSO: el aprovechamiento de un effluente, tratado o no.

SERVICIOS PÚBLICOS MUNICIPALES: aquellos que, de acuerdo con el Código Municipal, prestan las municipalidades directamente o los concesionarios que generan aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas.

SISTEMA DE ALCANTARILLADO PRIVADO: el conjunto de tuberías y obras accesorias para recolectar y conducir las aguas residuales de tipo especial, originadas por distintas personas individuales o jurídicas privadas, hasta su disposición a una planta de tratamiento de aguas residuales privada.

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: cualquier proceso físico, químico, biológico o una combinación de los mismos, utilizado para mejorar las características de las aguas residuales.

CAPÍTULO III

ESTUDIO TÉCNICO

Artículo 5. ESTUDIO TÉCNICO. La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, que vierten éstas o no a un cuerpo receptor o al alcantarillado público tendrán la obligación de preparar un estudio avalado por técnicos en la materia a efecto de caracterizar effluentes, descargas, aguas para reuso y lodos.

Artículo 6. CONTENIDO DEL ESTUDIO TÉCNICO. Las personas individuales o jurídicas, públicas o privadas, indicadas en el artículo 5 del presente Reglamento, para documentar el estudio técnico deberán tomar en cuenta los siguientes requisitos:

I. Información general:

- Nombre, razón o denominación social.
- Persona contacto ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- Descripción de la naturaleza de la actividad de la persona individual o jurídica sujeta al presente Reglamento.
- Horarios de descarga de aguas residuales.
- Descripción del tratamiento de aguas residuales.
- Caracterización del effluente de aguas residuales, incluyendo sólidos sedimentables.
- Caracterización de las aguas para reuso.
- Caracterización de lodos a disponer.
- Caracterización del effluente. Aplica en el caso de la deducción especial de parámetros del artículo 23 del presente Reglamento.
- Identificación del cuerpo receptor hacia el cual se descargan las aguas residuales, si aplica.
- Identificación del alcantarillado hacia el cual se descargan las aguas residuales, si aplica.
- Enumeración de parámetros eventos de medición y su justificación respectiva.

II. Documentos:

- Plano de localización y ubicación, con coordenadas geográficas, del ente generador o de la persona que descarga aguas residuales al alcantarillado público.
- Plano de ubicación y localización, con coordenadas geográficas, del o los dispositivos de descarga, para la toma de muestras, tanto del effluente como del effluente. En el caso del effluente cuando aplique.
- Plan de gestión de aguas residuales, aguas para reuso y lodos. Las municipalidades o empresas encargadas de prestar el servicio de tratamiento de aguas residuales, a personas que descargan sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, incluirán la siguiente información: el catastro de dichos usuarios y el monitoreo de sus descargas.
- Plan de tratamiento de aguas residuales, si se descargan a un cuerpo receptor o alcantarillado.
- Informes de resultados de las caracterizaciones realizadas.

Artículo 7. RESGUARDO DEL ESTUDIO TÉCNICO. La persona individual o jurídica conservará el Estudio Técnico, manteniéndolo a disposición de las autoridades del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales cuando se lo requieran por razones de seguimiento y evaluación.

Artículo 8. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL. Para los efectos del cumplimiento del artículo 97 del Código de Salud el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales al aprobar un Instrumento de Evaluación Ambiental a los entes generadores nuevos, incluirá en la resolución el dictamen relacionado con la descarga de aguas residuales de conformidad con lo establecido en el presente Reglamento.

Para efectos de verificación y control del cumplimiento de este Reglamento, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales deberá utilizar los instrumentos contenidos en el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental.

Artículo 9. PLAZO PARA LA EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO Y CUMPLIMIENTO. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales deberá evaluar en forma permanente el desempeño ambiental y el cumplimiento de los planes contemplados en el numeral II Documentos, literales c) y d) del artículo 6.

Artículo 10. VIGENCIA DEL ESTUDIO TÉCNICO. La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas deberá, cada cinco años, actualizar el contenido del estudio técnico estipulado en el presente Reglamento.

Artículo 11. AMPLIACION DEL ESTUDIO TÉCNICO. En caso de que las autoridades del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales determinen que la información del artículo 6 se puede fortalecer adicionando datos, justificará por escrito su requerimiento.

Artículo 12. EXENCIÓN DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS. La exención de medición de parámetros procederá cuando se demuestre a través del Estudio al que se refiere el artículo 5 del presente Reglamento, que por las características del proceso productivo no se generan algunos de los parámetros establecidos en el presente Reglamento, aplicables a descarga de aguas residuales, reuso de aguas residuales y lodos.

CAPÍTULO IV CARACTERIZACIÓN

Artículo 13. CARACTERIZACIÓN DEL AFLUENTE Y DEL EFLENTE DE AGUAS RESIDUALES. La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, que vierten éstas en un cuerpo receptor o al alcantarillado público, deberá realizar la caracterización del afluente, así como del efluente de aguas residuales e incluir los resultados en el estudio técnico.

Artículo 14. CARACTERIZACIÓN DE AGUAS PARA REUSO. La persona individual o jurídica, pública o privada, que genere aguas residuales para reuso o las reuse, deberá realizar la caracterización de las aguas que genere y que desea aprovechar e incluir el resultado en el estudio técnico.

Artículo 15. CARACTERIZACIÓN DE LODOS. La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar lodos, deberá realizar la caracterización de los mismos e incluir el resultado en el estudio técnico.

CAPÍTULO V

PARÁMETROS PARA AGUAS RESIDUALES Y VALORES DE DESCARGA A CUERPOS RECEPTORES

Artículo 16. PARÁMETROS DE AGUAS RESIDUALES. Los parámetros de medición para determinar las características de las aguas residuales son los siguientes:

- Temperatura,
- Potencial de hidrógeno,
- Grasas y aceites,
- Materia flotante,
- Sólidos suspendidos totales,
- Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius,
- Demanda química de oxígeno,
- Nitrógeno total,

- Fósforo total,
- Arsénico,
- Cadmio,
- Cianuro total,
- Cobre,
- Cromo hexavalente,
- Mercurio,
- Níquel,
- Plomo,
- Zinc,
- Color y
- Coliformes fecales.

Artículo 17. MODELO DE REDUCCIÓN PROGRESIVA DE CARGAS DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO. Los entes generadores existentes deberán reducir en forma progresiva la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales que descarguen a un cuerpo receptor, conforme a los valores y etapas de cumplimiento del cuadro siguiente:

Etapa		Uno	
Fecha de máxima de cumplimiento		Dos de mayo de dos mil once	
Duración,		5	
Carga,	3000t-EG-6000	6000t-EG-12000	12000t-EG-25000
Reducción porcentual	10	20	30
Etapa	Dos		
Fecha de máxima de cumplimiento		Dos de mayo de dos mil quince	
Duración,		4	
Carga,	3000t-EG-6500	5500t-EG-10000	10000t-EG-30000
Reducción porcentual	10	20	40
Etapa	Tres		
Fecha de máxima de cumplimiento		Dos de mayo de dos mil veinte	
Duración,		5	
Carga,	3000t-EG-6000	6000t-EG-10000	10000t-EG-30000
Reducción porcentual	50	70	85
Etapa	Cuatro		
Fecha de máxima de cumplimiento		Dos de mayo de dos mil veinticuatro	
Duración,		4	
Carga,	3000t-EG-4000	5000t-EG-6000	4000t-EG-7000
Reducción porcentual	40		60

EG = carga del ente generador correspondiente, en kilogramos por día.

Para efectos de la aplicación del presente modelo, el valor inicial de descarga estará determinado en el Estudio Técnico. Dicho valor inicial, se refiere a la carga expresada en kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno. Para los porcentajes de reducción de la etapa uno, se utilizará el valor inicial de descarga del Estudio Técnico y para cada una de las etapas siguientes, la carga inicial será el resultado obtenido de la reducción porcentual de la etapa anterior.

Artículo 18. DETERMINACIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO. Los entes generadores, en el Estudio Técnico, deberán incluir la determinación de la demanda química de oxígeno, a efecto de establecer su relación con la demanda bioquímica de oxígeno, mediante la siguiente fórmula: demanda química de oxígeno dividido entre la demanda bioquímica de oxígeno.

Artículo 19. META DE CUMPLIMIENTO. La meta de cumplimiento, al finalizar las etapas del modelo de reducción progresiva de cargas, se establece en tres mil kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno, con un parámetro de calidad asociado igual o menor que doscientos miligramos por litro de demanda bioquímica de oxígeno. Los entes generadores existentes que alcancen y mantengan éstos valores habrán cumplido con la meta establecida en este artículo y con el modelo de reducción progresiva de cargas del artículo 17 del presente Reglamento.

Los entes generadores existentes que registren cargas mayores o iguales a tres mil kilogramos por día, pero que registren valores mayores a doscientos miligramos por litro en el parámetro de calidad asociado, procederán a efectuar la reducción del valor de dicho parámetro de conformidad con los porcentajes correspondientes a la primera columna del lado izquierdo correspondiente a los rangos, en el modelo de reducción progresiva de cargas del artículo 17, del presente Reglamento.

Los entes generadores existentes de aguas residuales de tipo especial y ordinario que después de tratar dichas aguas, y que en cualesquiera de las etapas del modelo de reducción progresiva de cargas alcancen y mantengan valores en el parámetro de calidad asociado, iguales o menores que cien miligramos por litro en la demanda bioquímica de oxígeno, podrán realizar descargas mayores a tres mil kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno.

Artículo 20. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES A CUERPOS RECEPTORES. Los límites máximos permisibles de los parámetros para las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores son:

Parámetros	Dimensionales	Valores Iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
			Dos de mayo de mil novecientos mil once	Dos de mayo de mil novecientos mil veintidós	Dos de mayo de mil novecientos mil veintidós	Dos de mayo de mil novecientos mil veintidós
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	1500	100	50	25	10
Materia flotante	Ausencia/Presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	3500	600	400	150	100
Nitrogeno total	Miligramos por litro	1400	100	50	25	20
Fosforo total	Miligramos por litro	700	75	30	15	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Numero más probable en cien millones	< 1x10 ⁴	< 1x10 ⁴	< 1x10 ⁴	< 1x10 ⁴	< 1x10 ⁴
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.4	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	3	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.02	0.02	0.01
Niquel	Miligramos por litro	6	4	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	1	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1300	1000	750	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

Artículo 21. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA ENTE GENERADORES NUEVOS. Los entes generadores nuevos deberán cumplir, desde el inicio de sus operaciones, con una meta de tres mil kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno, con un parámetro de calidad asociado igual o menor que doscientos miligramos por litro de demanda bioquímica de oxígeno. En el caso de que el parámetro de calidad asociado sea igual o menor a cien miligramos por litro en la demanda bioquímica de oxígeno, podrán realizar descargas mayores a tres mil kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno.

Adicionalmente, deberán cumplir los límites máximos permisibles de los parámetros siguientes:

Parámetros	Dimensionales	Límites máximos permisibles
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	10
Materia flotante	Ausencia/Presencia	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	100
Nitrogeno total	Miligramos por litro	20
Fosforo total	Miligramos por litro	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9
Coliformes fecales	Numero más probable en cien millones	< 1x10 ⁴
Arsénico	Miligramos por litro	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	1
Cobre	Miligramos por litro	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.01
Niquel	Miligramos por litro	0.1
Plomo	Miligramos por litro	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10
Color	Unidades platino cobalto	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

Cuando de conformidad con lo establecido en el artículo 8 de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente se requiera un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, el ente generador deberá cumplir con los valores de los límites máximos permisibles contenidos en el presente artículo.

El ente generador nuevo que, por razones técnicas debidamente justificadas, requiera de un periodo de estabilización productiva, definirá en el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental la necesidad y etapas de ajuste consecutivas dentro del periodo de estabilización, el cual no excederá de seis meses, contados a partir del inicio de operaciones del ente generador. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, establecerá en la resolución aprobatoria del Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente, el plazo o plazos consecutivos de las etapas que fueren necesarias para dicho periodo de estabilización.

Artículo 22. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES EN ESTEROS. Cuando el cuerpo receptor sea un estero se aplicarán las siguientes disposiciones:

- a) Los entes generadores existentes deberán observar los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 20 del presente Reglamento. El parámetro de demanda bioquímica de oxígeno aplicable es el siguiente:

Parámetro	Dimensional	Valor Inicial	Fecha máxima de cumplimiento			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	500	300	250	150	100

- b) Los entes generadores nuevos deberán aplicar los límites máximos permisibles y la reducción de la última etapa del artículo 20 y del artículo 22 literal a).

- c) Para los entes generadores que descargan aguas residuales de tipo especial a esteros, los valores de las concentraciones de los parámetros establecidos en el presente Reglamento, se determinan de acuerdo a la diferencia entre la concentración del efluente y la del afluente. El resultado que se obtenga se utilizará como base para establecer si el ente generador cumple con los límites máximos permisibles de los artículos 20 y 22 literal a) del presente Reglamento.

- d) A los entes generadores regulados en el presente artículo no les serán aplicables los artículos 17 y 19, del presente Reglamento.

Artículo 23. DEDUCCIÓN ESPECIAL DE VALORES EN PARÁMETROS. A los entes generadores de aguas residuales de tipo especial que registren en sus afluentes valores mayores a los límites máximos permisibles de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos, se aplicará el concepto de deducción especial. Dicha deducción especial consiste en restar el valor de cada parámetro del efluente del valor registrado en el afluente. El resultado que se obtenga se utilizará como base para establecer si el ente generador cumple con los límites máximos permisibles del presente Reglamento.

Artículo 24. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS A CUERPOS RECEPTORES PARA AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES Y DE URBANIZACIONES NO CONECTADAS AL ALCANTARILLADO PÚBLICO. Las municipalidades o empresas encargadas del tratamiento de aguas residuales del alcantarillado público y las urbanizaciones existentes no conectadas al alcantarillado público, cumplirán con los límites máximos permisibles para descargar a cuerpos receptores, de cualesquiera de las formas siguientes:

- a) Con lo preceptuado en los artículos 17, 18, 19 y 20, de conformidad con los plazos establecidos en estos artículos del presente Reglamento.

- b) Con los límites máximos permisibles y plazos establecidos en el siguiente cuadro:

Parámetros	Dimensionales	Valores Iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	100	50	10	10	10
Materia flotante	Ausencia/Presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	700	250	100	100	100
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	300	275	200	100	100
Nitrogeno total	Miligramos por litro	150	150	70	20	20
Fosforo total	Miligramos por litro	50	40	20	10	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Numero más probable en cien	< 1x10 ⁴	< 1x10 ⁴	< 1x10 ⁴	< 1x10 ⁴	< 1x10 ⁴
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	1	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	3	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.02	0.02	0.01	0.01
Ploomo	Miligramos por litro	6	0.4	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1000	750	500	500

Todas las municipalidades deberán cumplir con tener en operación, por lo menos con sistemas de tratamiento primario al cumplirse a más tardar el dos de mayo del dos mil quince.

Las municipalidades que reciban descargas de aguas residuales de tipo especial en el alcantarillado público, que contengan compuestos que no puedan ser tratados en un sistema de tratamiento primario, no estarán sujetas a los límites máximos permisibles de demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos, nitrógeno total y fósforo total en la etapa uno del cuadro anterior, del presente artículo, lo cual deberá ser acreditado en el Estudio Técnico.

La anterior disposición no exime a las municipalidades de cumplir con límites máximos permisibles de los parámetros del párrafo anterior en las etapas subsiguientes.

CAPITULO VI

PARÁMETROS PARA AGUAS RESIDUALES Y VALORES DE DESCARGA AL ALCANTARILLADO PÚBLICO

Artículo 25. PARÁMETROS. Los parámetros de medición para determinar las características de las aguas residuales vertidas al alcantarillado público son los siguientes:

- Temperatura
- Potencial de hidrógeno,
- Grasas y aceites,
- Materia flotante,

- e) Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius,
- f) Demanda química de oxígeno,
- g) Sólidos suspendidos totales,
- h) Nitrogeno total,
- i) Fosforo total,
- j) Arsénico,
- k) Cadmio,
- l) Cianuro total,
- m) Cobre,
- n) Cromo hexavalente,
- o) Mercurio,
- p) Niquel,
- q) Plomo,
- r) Zinc,
- s) Color y
- t) Coliformes fecales.

Artículo 26. MODELO DE REDUCCIÓN PROGRESIVA DE CARGAS DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO PARA DESCARGAS AL ALCANTARILLADO PÚBLICO. Las personas existentes que descargan al alcantarillado público deberán reducir en forma progresiva la demanda bioquímica de oxígeno, conforme a los valores y las etapas de cumplimiento del cuadro siguiente:

Etapas	Uno	Dos	Tres	Cuatro
Fecha de máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil once			
Duración, años	5			
Carga máxima por día	3000c-EG-6000	6000c-EG-12000	12000c-EG-25000	25000c-EG-50000
Reducción porcentual	10	20	30	35
Etapas	Dos			
Duración, años	4			
Fecha de máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil quince			
Duración, años	5			
Carga máxima por día	3000c-EG-5000	5000c-EG-10000	10000c-EG-30000	30000c-EG-65000
Reducción porcentual	50	70	85	90
Etapas	Cuatro			
Duración, años	Dos de mayo de dos mil veinticuatro			
Fecha de máxima de cumplimiento	4			
Duración, años	3000c-EG-4000			
Carga máxima por día	4000c-EG-7000			
Reducción porcentual	40			
Etapas	60			

EG = carga del ente generador correspondiente, en kilogramos por día.

Las personas existentes que descargan aguas residuales al alcantarillado público y que registren cargas menores o iguales a tres mil kilogramos por día, deben continuar con la reducción de la carga, hasta alcanzar el parámetro de valor asociado de cada etapa.

Para efectos de la aplicación del presente modelo, el valor inicial de descarga estará determinado en el Estudio Técnico; dicho valor inicial, se refiere a la carga expresada en kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno. Para los porcentajes de reducción de la etapa uno se utilizará el valor inicial de descarga del Estudio Técnico y para cada una de las etapas siguientes, la carga inicial será el resultado obtenido de la reducción porcentual de la etapa anterior.

Artículo 27. PARÁMETRO DE CALIDAD ASOCIADO DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO. Las personas que descarguen aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, deben cumplir con las etapas del modelo de reducción progresiva de cargas del artículo 26 y con los valores del parámetro de calidad asociado de demanda bioquímica de oxígeno, que se presentan en el siguiente cuadro:

Parámetro	Dimensional	Valor Inicial	Fecha máxima de cumplimiento			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	3500	1500	750	450	200

Artículo 28. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES AL ALCANTARILLADO PÚBLICO. Para la descarga de las aguas residuales de tipo especial hacia un alcantarillado público, se deberá cumplir con los límites máximos permisibles de conformidad con las etapas de cumplimiento correspondientes establecidos en el cuadro siguiente:

Parámetros	Dimensionales	Valores Iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Celcius	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40
Grasas y aceites	Miligramos por litro	1500	200	100	60	60
Materia flotante	Aparente presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	3500	1500	700	400	200
Nitrogeno total	Miligramos por litro	1400	180	150	80	40
Fosforo total	Miligramos por litro	700	75	40	20	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	< 1x10 ⁶	< 1x10 ⁶	< 1x10 ⁶	< 1x10 ⁶	< 1x10 ⁶
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.4	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	3	3	3	3
Cobre	Miligramos por litro	4	0.5	0.1	0.1	0.1
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.02	0.02	0.01
Mercurio	Miligramos por litro	6	4	2	2	2
Niquel	Miligramos por litro	4	1	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1300	1000	750	500

Las personas que empleen colorantes no biodegradables en sus procesos productivos y que descarguen aguas residuales al alcantarillado público, deberán indicar en el estudio técnico los tratamientos utilizados para cumplir con los límites máximos permisibles de color en las etapas correspondientes, con el propósito de evitar su incorporación al cuerpo receptor.

Artículo 29. DETERMINACIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO PARA LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL AL ALCANTARILLADO PÚBLICO. Las personas que descarguen aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, deberán incluir en el Estudio Técnico a que se hace referencia en el artículo 5 del presente Reglamento, la determinación de la demanda química de oxígeno a efecto de establecer su relación con la demanda bioquímica de oxígeno, mediante la siguiente fórmula: demanda química de oxígeno dividido entre la demanda bioquímica de oxígeno.

Artículo 30. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA PERSONAS NUEVAS QUE DESCARGUEN AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL AL ALCANTARILLADO PÚBLICO. Cuando de conformidad con lo establecido en el artículo 8 de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, a las personas nuevas que descarguen aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, se les requiera un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, deberán cumplir con los valores de los límites máximos permisibles contenidos en el siguiente cuadro:

Parámetros	Dimensionales	Límites máximos permisibles
Temperatura	Grados Celsius	< 40
Grasas y aceites	Miligramos por litro	60
Materia flotante	Ausente/ausencia	Ausente
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	200
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	200
Nitrógeno total	Miligramos por litro	40
Fósforo total	Miligramos por litro	10
Potencial de hidrógeno	Numero mas probable de bacterias por litro	6 a 9
Coliformes fecales	Numero mas probable de bacterias por litro	< 1x10 ⁴
Asbestico	en cfm. mililitros	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	1
Cobre	Miligramos por litro	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.01
Níquel	Miligramos por litro	2
Plomo	Miligramos por litro	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10
Color	Unidades-paleno cobalt	500

La persona que, por razones técnicas debidamente justificadas, requiera de un periodo de estabilización productiva, definida en el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental la necesidad y etapas de ajuste consecutivas dentro del periodo de estabilización, el cual no excederá de seis meses, contados a partir del inicio de operaciones del ente generador. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, establecerá en la resolución aprobatoria del Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente, el plazo o plazos consecutivos de las etapas que fueren necesarias para dicho periodo de estabilización.

Artículo 31. OPCIONES DE CUMPLIMIENTO DE PARÁMETROS PARA LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL AL ALCANTARILLADO PÚBLICO. Las personas individuales o jurídicas, públicas o privadas que se encuentren autorizadas por la municipalidad para descargar aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, podrán cumplir los límites máximos permisibles de cualesquiera de las formas siguientes:

- Estableciendo sistemas de tratamiento propios.
- Pagando a la municipalidad o a las empresas encargadas del tratamiento de aguas residuales del alcantarillado público, una tasa correspondiente al servicio que se preste, siempre y cuando dichas municipalidades cuenten con sistema de tratamiento para aguas residuales en operación.

Se exceptúan de la opción de cumplimiento contenida en el inciso b) del presente artículo, las personas que descarguen aguas residuales con metales pesados cuyos límites máximos permisibles excedan de los valores establecidos en los artículos 28 y 30.

Artículo 32. EXENCIÓN DE PAGO POR SERVICIOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Las personas que descarguen sus aguas residuales al alcantarillado público, cumpliendo con los límites máximos permisibles de la literal b) del artículo 24 del presente Reglamento, estarán exentas de todo pago por los servicios de tratamiento de aguas residuales brindado por las Municipalidades o las concesionarias.

Artículo 33. CRITERIOS TÉCNICOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE TARIFAS DE SERVICIO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. De acuerdo con lo establecido en el artículo 3 del Código Municipal y para efectos de este Reglamento, las municipalidades coordinarán con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales la determinación de los criterios técnicos que servirán de base para establecer las tarifas del servicio de tratamiento de aguas residuales, para lo cual se tomará en cuenta como mínimo lo siguiente:

- Los costos de operación, mantenimiento, mejoramiento de calidad y cobertura de servicios.
- Los límites máximos permisibles establecidos en este Reglamento.
- Los estudios técnicos cuyos valores y caracterización sean conocidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y el que deba realizar la Municipalidad jurisdiccional.
- La tarifa será diferenciada atendiendo a las características de cada descarga.

Las Municipalidades establecerán las tarifas o tasas respectivas de conformidad con el propio Código Municipal.

CAPITULO VII

PARÁMETROS DE AGUAS PARA REUSO

Artículo 34. AUTORIZACIÓN DE REUSO. El presente Reglamento autoriza los siguientes tipos de reuso de aguas residuales, que cumplan con los límites máximos permisibles que a cada uso correspondan:

TIPO I: REUSO PARA RIEGO AGRÍCOLA EN GENERAL: uso de un efluente que debido a los nutrientes que posee se puede utilizar en el riego extensivo e intensivo, a manera de fertirriego, para recuperación y mejoramiento de suelos y como fertilizante en plantaciones de cultivos que, previamente a su consumo, requieren de un proceso industrial, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35. Se exceptúa de este reuso los cultivos considerados en el tipo II.

TIPO II: REUSO PARA CULTIVOS COMESTIBLES: con restricciones en el riego de áreas con cultivos comestibles que se consumen crudos o precocidos, como hortalizas y frutas. Para el caso de coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno, deberá cumplirse de conformidad con los límites máximos permisibles del artículo 35. Adicionalmente, para otros parámetros, deberán cumplir los límites máximos permisibles presentados en el cuadro del artículo 21 del presente Reglamento, a excepción de sólidos en suspensión, nitrógeno total y fósforo total.

TIPO III: REUSO PARA ACUACULTURA: uso de un efluente para la piscicultura y camaronicultura, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35.

TIPO IV: REUSO PARA PASTOS Y OTROS CULTIVOS: con restricciones en el riego de áreas de cultivos no alimenticios para el ser humano como pastos, forrajes, fibras, semillas y otros, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35.

TIPO V: REUSO RECREATIVO: con restricciones en el aprovechamiento para fines recreativos en estadios artificiales donde el ser humano solo puede tener contacto incidental, incluido el riego en áreas verdes, donde el público tenga contacto o no, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35.

Cualquier otro reuso no contemplado en el presente artículo deberá ser autorizado previamente por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Artículo 35. PARÁMETROS Y LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA REUSO. El agua residual para reuso deberá cumplir con los límites máximos permisibles del siguiente cuadro:

Tipo de reuso	Demanda bioquímica de oxígeno, miligramos por litro	Coliformes fecales, número más probable por cien mililitros
Tipo I	No aplica	No aplica
Tipo II	No aplica	< 2x10 ⁶
Tipo III	200	No aplica
Tipo IV	No aplica	< 1x10 ⁶
Tipo V	200	< 1x10 ⁶

Artículo 36. METALES PESADOS Y CIANUROS. Los límites máximos permisibles de metales pesados y cianuros en las aguas para reuso son los presentados en el cuadro del artículo 21 del presente Reglamento.

Artículo 37. RECIRCULACIÓN INTERNA DE AGUA. Todo ente generador podrá reciclar las aguas residuales antes de que las mismas se viertan al cuerpo receptor. Dicha recirculación no se considerará como reuso ni estará sujeta a las disposiciones del presente Reglamento.

CAPÍTULO VIII PARÁMETROS PARA LODOS

Artículo 38. OBLIGATORIEDAD. Todos los lodos producidos como consecuencia del tratamiento de aguas residuales que representen un riesgo para el ambiente y la salud y seguridad humana deben cumplir los límites máximos permisibles para su disposición final del presente Reglamento.

Artículo 39. APLICACIÓN. Los lodos que se regulan en el presente Reglamento son aquellos generados por el tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario o especial.

Artículo 40. TECNOLOGÍA Y SISTEMAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS. Se permite el tratamiento de los lodos por medio de la tecnología o los sistemas que el ente generador considere más adecuados a sus condiciones, particulares, incluyendo la incineración a temperaturas mayores de mil quinientos grados Celsius.

Artículo 41. DISPOSICIÓN FINAL. Se permite efectuar la disposición final de lodos, por cualesquiera de las siguientes formas:

- Aplicación al suelo: acondicionador, abono o compost;
- Disposición en rellenos sanitarios;
- Confinamiento o aislamiento; y,
- Combinación de las antes mencionadas.

Artículo 42. PARÁMETROS Y LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LODOS. Para poder efectuar la disposición final de lodos de acuerdo a las formas descritas en el artículo 41 del presente Reglamento, los valores de sus propiedades fisicoquímicas no deben exceder los límites máximos permisibles descritos en el siguiente cuadro:

Disposición final	Dimensionales	Aplicación al suelo	Disposición en rellenos sanitarios	Confinamiento o aislamiento
Arbénico	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	50	100	> 100
Cadmio	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	50	100	> 100
Cromo	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	1500	3000	> 3000
Mercurio	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	25	50	> 50
Plomo	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	500	1000	> 1000

Los expresados en el cuadro anterior son los límites máximos permisibles para suelos con potencial de hidrógeno menor que siete unidades. En los suelos que posean potencial de hidrógeno mayor o igual que siete unidades se podrán disponer todos hasta un cincuenta por ciento más de los valores presentados como límites máximos permisibles.

Artículo 43. APLICACIÓN AL SUELO. Los lodos que presenten metales pesados y que se ajusten a los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 42, podrán disponerse como acondicionador del suelo, en cuyo caso se permitirá disponer hasta doscientos mil kilogramos por hectárea por año. En caso de que la aplicación sea como abono se permitirá disponer hasta cien mil kilogramos por hectárea por año.

Artículo 44. DISPOSICIÓN HACIA RELLENOS SANITARIOS. Se permitirá la disposición en un relleno sanitario de los lodos que no sean biorrefractos, que no requieran confinamiento y que cumplan con los límites máximos permisibles del artículo 42 del presente Reglamento.

Los rellenos sanitarios deberán contar con autorización del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y con aval del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

Artículo 45. CONFINAMIENTO O AISLAMIENTO. Los lodos que en su estructura posean compuestos que requieran confinamiento o aislamiento para evitar el impacto adverso del manto freático, las fuentes de suministro de agua superficiales y subterráneas, el suelo, subsuelo y el aire, deben disponerse en recintos que posean autorización del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y el aval de los Ministerios de Salud Pública y Asistencia Social y de Energía y Minas.

Artículo 46. COMERCIALIZACIÓN. La comercialización de los lodos producidos es libre, siempre que los mismos se caractericen y se cumpla con los tratados y convenios internacionales que rijan en la materia ratificados por Guatemala y con lo siguiente:

- No debe permitirse el contacto humano directo con los lodos.
- Los lodos deben cumplir las especificaciones descritas en el artículo 42.
- El transporte de lodos debe realizarse en recipientes y vehículos acondicionados para evitar fugas y derrames.
- Los recipientes para su almacenamiento transitorio deben ser autorizados para el efecto por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- Las empresas que prestan los servicios de extracción, manejo o disposición final deben contar con la autorización del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, y si es aplicable del Ministerio de Energía y Minas.

Artículo 47. CONTRATACIÓN DE SERVICIOS. Las empresas que presten los servicios de extracción, manejo o disposición final de lodos deberán cumplir lo dispuesto en los artículos 41, 42, 43, 44, 45 y 46 del presente Reglamento. En el caso de la contratación de cualquiera de los servicios establecidos en este artículo, el ente generador queda exento de responsabilidad.

Artículo 48. VIGILANCIA DE CUMPLIMIENTO. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales coordinará a través de sus dependencias la realización, a su costa, de muestreos aleatorios de los lotes de lodos que sean dispuestos, a efecto de verificar el cumplimiento de los parámetros del artículo 42 del presente Reglamento, cuando sea aplicable.

CAPÍTULO IX

SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

Artículo 49. DE LA FRECUENCIA DE TOMA DE MUESTRAS. Para el seguimiento y evaluación de aguas residuales y de aguas para reuso, los entes generadores deberán tomar a su costa, como mínimo, dos muestras al año y efectuar los análisis que correspondan de conformidad con los parámetros contenidos en el estudio técnico.

Para el seguimiento y evaluación de lodos, los entes generadores deberán tomar a su costa, como mínimo, dos muestras al año y efectuar los análisis que correspondan de conformidad con los parámetros contenidos en el estudio técnico. En el caso de las entidades contratadas para prestar los servicios de extracción, manejo y disposición final de lodos, éstas tendrán que realizar su toma de muestras de acuerdo al siguiente cuadro:

Peso promedio de lodos producidos	Periodicidad
Entre 0 y 1500 kilogramos diarios	Trimestral
Entre 1501 y 3000 kilogramos diarios	Bimensual
Más de 3000 kilogramos diarios	Mensual

Los entes generadores deberán llevar un registro de los resultados de estos análisis y conservarlos durante un plazo de cinco años posteriores a su realización, para su presentación al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales cuando le sea requerido por razones de seguimiento y evaluación.

El número de muestras simples requeridas para conformar una muestra, se indica en el cuadro siguiente:

Número de muestras simples para conformar una muestra compuesta e intervalos por muestreo	Horas por día que opera la actividad que genera la descarga de aguas residuales	Número mínimo de muestras simples para conformar una muestra compuesta	Intervalo mínimo en horas entre toma de muestras simples
Menor que 8	2	2	2
De 8 a 14	3	3	1
Mayor que 12	4	4	3

Artículo 50. MEDICIÓN DE CAUDAL. En la toma de cada muestra simple se hará una medición de caudal, para poder relacionarla con la concentración y así determinar la carga.

Artículo 51. VIGILANCIA DE CUMPLIMIENTO. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales vigilará que se cumplan con todos los requisitos y procedimientos, establecidos en el presente Reglamento para los entes generadores y para las personas que descargan aguas residuales al alcantarillado público. Asimismo coordinará a través de sus dependencias competentes, la realización de muestreos aleatorios en los cuerpos receptores y en los dispositivos para toma de muestras, para evaluar el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico y el cumplimiento del presente Reglamento.

Artículo 52. CONSTRUCCIÓN DE DISPOSITIVOS PARA TOMA DE MUESTRAS. Los entes generadores deberán contar, en todos los puntos de descarga, con un dispositivo para facilitar la toma de muestras y la medición de caudales; dichos dispositivos deberán estar ubicados en lugares accesibles para la inspección. En el caso de los entes generadores a los cuales se aplique el artículo 22 y 23 contarán con el dispositivo para la toma de muestras del afluente.

Artículo 53. LUGARES EXCLUSIVOS PARA TOMA DE MUESTRAS. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y otras entidades de gobierno, incluidas las descentralizadas y autónomas, de acuerdo con las competencias asignadas por la Ley, a través de sus dependencias respectivas, coordinarán las acciones para la toma de muestras, exclusivamente en lugares donde se encuentren ubicados los dispositivos de descarga mencionados en el artículo 52.

Artículo 54. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO. Para los efectos de lo previsto en el presente Reglamento, los laboratorios estatales, universitarios, privados legítimamente constituidos, o los laboratorios establecidos por los entes generadores, emplearán los métodos de análisis y muestreo establecidos por la Comisión Guatemalteca de Normas; o en su defecto por entidades como:

- Asociación Americana de Salud Pública, Asociación Americana de Obras de Agua y Federación de Ambientes Acuáticos en los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales;
- Organizaciones técnicas reconocidas en el ámbito nacional e internacional, y
- Especificaciones del fabricante de los equipos que se utilicen.

Los informes de los resultados de los análisis de laboratorio, deberán ser firmados por el profesional colegiado activo especializado en la materia.

CAPÍTULO X

PROHIBICIONES Y SANCIONES

Artículo 55. PROHIBICIÓN DE DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES. Se prohíbe terminantemente la disposición de aguas residuales de tipo ordinario a flor de tierra, en canales abiertos y en alcantarillado pluvial.

Artículo 56. PROHIBICIÓN DE DESCARGA DIRECTA. Se prohíbe descargar directamente aguas residuales no tratadas al manto freático.

Artículo 57. PROHIBICIÓN DE DILUIR. Se prohíbe el uso de cualquier tipo de aguas ajenas al ente generador, con el propósito de diluir las aguas residuales. Ninguna meta contemplada en el presente Reglamento se puede alcanzar diluyendo.

Artículo 58. PROHIBICIÓN DE REUSOS. Se prohíbe el reuso de aguas residuales en los siguientes casos:

- En las zonas núcleo de las áreas protegidas siguientes: parque nacional, reserva biológica, biotopo protegido, monumento natural, área recreativa natural, manantial y refugio de vida silvestre;
- En las zonas núcleo de los sitios Ramsar, declarados en el marco de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas;
- En otras áreas donde se ponga en riesgo la biodiversidad y la salud y seguridad humana;
- Para el uso con fines recreacionales exceptuando el tipo V, indicado en el artículo 34.

Artículo 59. PROHIBICIÓN DE DISPOSICIÓN DE LODOS. Se prohíbe terminantemente efectuar la disposición final de lodos en alcantarillados o cuerpos de agua superficiales o subterráneos.

Además, se prohíbe la disposición de lodos como abono para cultivos comestibles que se pueden consumir crudos o precocidos, hortalizas y frutas, sin haber efectuado su estabilización y desinfección respectiva ni haber determinado la ausencia de metales pesados y que no excedan las dos mil unidades formadoras de colonia por kilogramo de coliformes fecales.

Artículo 60. APLICACIÓN DE SANCIONES. Las infracciones a este Reglamento darán lugar a la aplicación de cualesquiera de las sanciones establecidas en la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, según el grado de incumplimiento de límites máximos permisibles observando:

- La mayor o menor gravedad del impacto ambiental, según el tipo de incumplimiento de que se trate,
- La trascendencia del perjuicio a la población,
- Las condiciones en que se produce, y
- La reincidencia del infractor.

La omisión del cumplimiento de alguno de los requerimientos establecidos en el artículo 6 del presente reglamento, dará lugar a que el Ministerio de Ambiente y de Recursos Naturales, de conformidad con lo estipulado en el artículo 29, 31 y 34 de la Ley de la Protección y Mejoramiento de Medio Ambiente, inicie el proceso administrativo correspondiente.

CAPÍTULO XI

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 61. EXCEPCIÓN DE LA PREPARACIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO. Se exceptúan de la preparación del estudio técnico contemplado en el artículo 5 como ente generador toda vivienda unifamiliar y aquellas edificaciones, públicas y privadas, que generen solamente aguas residuales de tipo ordinario y que cuenten con acometida autorizada hacia el alcantarillado público o de entes administradores de servicios de tratamiento de aguas residuales.

Esta excepción no aplica para las municipalidades ni las empresas que tienen concesionados los servicios de recolección, transporte, manejo o disposición de aguas residuales; ni las plantas de tratamiento de urbanizaciones que no estén conectadas a una acometida municipal, porque de conformidad con lo estipulado en el artículo 5 del presente Reglamento, son generadores de aguas residuales.

Artículo 62. LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE FÓSFORO. Quienes efectúen descargas hacia cuencas de lagos, lagunas o embalses naturales, tendrán obligación de cumplir con cinco miligramos por litro de fósforo total al finalizar la cuarta etapa. Asimismo, en el caso de los entes generadores nuevos deberán cumplir con cinco miligramos por litro de fósforo total al inicio de sus operaciones.

Artículo 63. INCUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES Y SUS ETAPAS CORRESPONDIENTES. Se entenderá que hay contaminación, para todos los efectos legales, cuando los entes generadores existentes y las personas existentes que descargan aguas residuales al alcantarillado público, incumplan con los límites máximos permisibles establecidos en las etapas correspondientes del artículo 17 y, también, cuando incumplan con las consideraciones de los artículos 19, 20, 22, 26, 27 y 28.

Se entenderá que existe contaminación, para todos los efectos legales, cuando los entes generadores nuevos y las personas nuevas que descargan aguas residuales al alcantarillado público, incumplan con los límites máximos permisibles en las etapas de cumplimiento correspondientes y las consideraciones contempladas en los artículos 17, 19, 20, 22, 26, 27 y 28, siempre y cuando los valores de sus descargas excedan los límites máximos permisibles que en el momento tengan autorizados los entes generadores existentes.

El incumplimiento de los límites máximos permisibles por parte de los entes generadores nuevos y las personas nuevas que descargan aguas residuales al alcantarillado público, de conformidad con los artículos 21 y 22, y 30, respectivamente, con valores que no excedan los límites máximos permisibles autorizados para los entes generadores existentes, conforme a los artículos 17, 19, 20 y 22 y las personas existentes que descargan aguas residuales al alcantarillado público, conforme a los artículos 26, 27 y 28, en las etapas de cumplimiento uno, dos y tres, dará lugar a la aplicación de las sanciones administrativas que contempla la ley.

Para todos los efectos legales, el período de estabilización otorgado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales a un ente generador nuevo o a una persona nueva que descargue aguas residuales al alcantarillado público, se considerará como una situación de caso fortuito o desastres naturales, y en consecuencia cualquier incumplimiento dentro de dicho período estará excluido de responsabilidad penal o administrativa.

Artículo 64. REVISIÓN DEL REGLAMENTO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES. La revisión del presente Reglamento deberá hacerse cada cuatro años, respetando el principio de gradualidad en las etapas de cumplimiento y considerando el grado de cumplimiento de los entes generadores y de las personas que descargan al alcantarillado público.

Artículo 65. CUMPLIMIENTO DE LAS MUNICIPALIDADES. Las Municipalidades que opten por cumplir lo preceptuado en el literal b) del artículo 24 de este Reglamento, iniciarán el cumplimiento de los límites máximos permisibles de la etapa uno para entes generadores existentes, el dos de mayo de dos mil once. A partir de dicha fecha, aplicarán las reducciones en los plazos y etapas establecidas, hasta el final de los dieciocho años.

Esta disposición no exime a las Municipalidades del cumplimiento de los demás aspectos que contempla el presente Reglamento.

Artículo 66. CUMPLIMIENTO DE PERSONAS PRIVADAS QUE DESCARGAN A SISTEMAS DE TRATAMIENTO PRIVADOS. Las personas individuales o jurídicas privadas que descargan aguas residuales de tipo especial a un sistema de alcantarillado privado para conducir dichas aguas a la planta de tratamiento de aguas residuales privada en operación no se considerarán entes generadores de aguas residuales o personas que descargan aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, porque para los efectos de aplicación del presente Reglamento, la persona individual o jurídica responsable de administrar la planta de tratamiento será considerada el ente generador o la persona que descarga aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público para todos los efectos del presente Reglamento. El único punto de referencia para el control de la descarga en estos casos es el efluente de la planta de tratamiento.

Artículo 67. CASOS NO PREVISTOS. Todos aquellos casos que no hayan sido previstos en el presente Reglamento, deberán ser resueltos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de conformidad con los principios de la Ley del Organismo Judicial.

Artículo 68. EPIGRAFES. Los epígrafes que preceden a los artículos del presente Reglamento, no tienen validez interpretativa y no pueden ser citados con respecto al contenido y alcances de esta norma.

CAPÍTULO XII

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

Artículo 69. PLAZO PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO. La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, que vierten éstas o no a un cuerpo receptor o al alcantarillado público deberá realizar el estudio técnico estipulado en el presente Reglamento, en el plazo de un año, contado a partir de la vigencia del mismo.

Artículo 70. EXPEDIENTES EN TRÁMITE. Las personas individuales o jurídicas, públicas o privadas que vierten las aguas residuales a cuerpos receptores cuya solicitud de aprobación de instrumentos de evaluación ambiental se encuentre en trámite antes de la vigencia del presente Reglamento, se considerarán entes generadores existentes para todos los efectos de su aplicación, de acuerdo a los artículos 17, 18, 19, 20 y 22.

Asimismo a las personas individuales o jurídicas, públicas o privadas que viertan sus descargas al alcantarillado público y cuya solicitud de aprobación de instrumentos de evaluación ambiental se encuentre en trámite antes de la vigencia del presente Reglamento, les será aplicable lo preceptuado en los artículos 26, 27, 28 y 29 del mismo.

Artículo 71. LÍMITES APROBADOS EN ESTUDIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. Cuando en la resolución del Estudio de Evaluación Impacto Ambiental, se hayan aprobado límites con valores menores que los contenidos en el presente Reglamento, dichos límites, continuarán siendo aplicables a ese ente generador existente. En caso de que los valores de los límites aprobados en la resolución del Estudio de Evaluación Impacto Ambiental sean mayores a los establecidos en los artículos 17, 18, 22, 26, 27 y 28, ese ente generador o persona que descarga aguas residuales al alcantarillado público, deberá cumplir con lo dispuesto en las etapas y las fechas máximas de cumplimiento que correspondan a los artículos mencionados.

Artículo 72. MODELO DE REDUCCIÓN PROGRESIVA DE CARGAS DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO. Los resultados que se obtengan en los Estudios Técnicos, servirán de base para elaborar, en un plazo no mayor de dieciocho meses a partir de la vigencia del presente Reglamento, el modelo de reducción progresiva de cargas correspondiente a la demanda química de oxígeno.

Artículo 73. OTROS PARÁMETROS. Otros parámetros que en el futuro se identifiquen como competencia de este Reglamento serán agregados al presente cuerpo normativo al determinarse los mismos.

Artículo 74. MANUALES. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, queda facultado para que, en el plazo de un año a partir de la vigencia del presente Reglamento, elabore el manual general que contenga, entre otros temas, los siguientes:

- Toma de muestras de aguas residuales, aguas para reuso y lodos.
- Cálculo de cargas.
- Aplicación del modelo de reducción progresiva de cargas.
- Dedución especial de valores en parámetros.

Artículo 75. DEROGATORIA. Se deroga el Acuerdo Gubernativo número 66-2005, de la Presidencia de la República, de fecha diecisiete de febrero de dos mil cinco, que contiene el Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores y cualquier otra disposición que se oponga al presente Reglamento.

Artículo 76. VIGENCIA. El presente Acuerdo Gubernativo empezará a regir al día siguiente después de su publicación en el Diario de Centro América.

COMUNIQUESE.

OSCAR BERGER PERDOMO

JUAN MARIO DARY FUENTES

ANEXO

C. Decreto 29 – 89: ley de fomento y desarrollo de la actividad exportadora y de maquila

DECRETA:
La siguiente:
**LEY DE FOMENTO Y DESARROLLO DE LA
ACTIVIDAD EXPORTADORA
Y DE MAQUILA**
CAPITULO I
CAMPO DE APLICACION

ARTICULO 1

La presente Ley tiene por objeto promover, incentivar y desarrollar en el territorio aduanero nacional, la producción de mercancías con destino a países fuera del área centroamericana, así como regular el funcionamiento de la actividad exportadora o de maquila de las empresas dentro del marco de los regímenes de Perfeccionamiento Activo o de Exportación de Componente Agregado Nacional Total.

ARTICULO 2

No gozarán de los beneficios otorgados por la presente Ley, la exportación de café en cualquier forma, cardamomo en cereza, pergamino y oro; ajonjolí sin descortezar; banano fresco; ganado bovino de raza fina y ordinaria; carne de ganado bovino fresco, refrigerado o congelado; azúcar de caña refinada, sin refinar y melaza; algodón sin cardar; petróleo crudo sin refinar y madera en troza, roliza, tabla y tablón.

ARTICULO 3

Para fines de la presente Ley, deberá atenderse las definiciones que a continuación se indican.

- Régimen de Perfeccionamiento Activo.* Régimen aduanero que permite introducir en el territorio aduanero nacional, mercancías de terceros países para someterlas a operaciones de perfeccionamiento y destinarlas a su exportación fuera del área centroamericana en forma de productos terminados, sin que aquellas queden sujetas a los derechos arancelarios e impuestos de importación.
- Maquila.* Es el valor agregado nacional generado a través del servicio de trabajo y otros recaudos que se percibe en la producción y/o ensamble de mercancías.
- Empresa.* Es la unidad productiva propiedad de personas individuales o jurídicas constituida de conformidad con las leyes de la República.

LEY DE FOMENTO Y DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD EXPORTADORA Y DE MAQUILA

Decreto No. 29-89 del Congreso de la República de Guatemala

CONSIDERANDO:

Que la Constitución Política de la República de Guatemala establece entre otras, como obligaciones fundamentales del estado la promoción del desarrollo ordenado y eficiente del comercio exterior del país, así como el crear las condiciones adecuadas para promover la inversión de capitales nacionales y extranjeros

CONSIDERANDO:

Que el Estado también debe orientar la economía nacional para lograr la utilización adecuada de los recursos naturales y el potencial humano para incrementar la riqueza, tratar de lograr el pleno empleo y la equitativa distribución del ingreso nacional;

CONSIDERANDO:

Que para cumplir con los objetivos enunciados anteriormente es procedente emitir una ley de fomento a las exportaciones y a la maquila, que permita a nuestro país colocarse en un nivel adecuado de competitividad frente al resto de naciones;

PORTANTO,

En el ejercicio de las atribuciones que le confiere el Artículo 171 inciso a) y conforme a lo establecido en los Artículos 118 y 119 de la Constitución Política de la República de Guatemala,

- d) *Ensamblar. Actividad que consiste en acoplar partes, piezas, subconjuntos o conjuntos que al ser integrados dan como resultado producto con características distintas a dichos componentes.*
- e) *Exportación. Es la salida del territorio aduanero nacional, cumplidos los trámites legales, de mercancías nacionales o nacionalizadas.*
- f) *Merma o Pérdida. Es la parte que ha sido destruida o que desaparece durante la operación de perfeccionamiento, por evaporación, desecación, escape en forma de gas, agua, etcétera.*
- g) *Exportador indirecto. Es la empresa que dentro de la actividad económica suministra mercancías, materias primas, productos semielaborados, materiales, envases o empaques a otra empresa, calificada dentro de la presente ley que los incorpora en mercancías cuyo destino es la exportación a países fuera del área centroamericana.*
- h) *Súperproducto. Producto útil que se obtiene en la fabricación de otro principal.*
- i) *Deshechos. Se entiende por deshechos los recortes, residuos, desperdicios o sobrantes de la materia prima que se ha empleado para la producción o ensamble de un bien exportado, el cual resulta inutilizable en esta operación.*
- j) *Reexportación. Es la salida del territorio nacional, cumplidos los trámites legales, de mercancías extranjeras llegadas al país y no nacionalizadas.*
- k) *Territorio Aduanero Nacional. Es el Territorio en el que la Aduana ejerce su jurisdicción y en que son plenamente aplicables las disposiciones de la legislación arancelaria y aduanera nacional.*

ARTICULO 4

Gozarán de los beneficios de la presente ley, aquellas empresas en cuya actividad utilicen mercancías nacionales y/o extranjeras, que dentro de su proceso productivo sean identificables, así como los subproductos, mermas y deshechos resultantes de dicho proceso.

ARTICULO 5

Para los efectos de la aplicación de esta ley, las mercancías pueden ser objeto de los Regímenes de Perfeccionamiento Activo, que se definen a continuación:

- a) *Régimen de Admisión Temporal. Es aquel que permite recibir dentro del territorio aduanero nacional, en suspensión de derechos arancelarios, impuestos a la importación e impuesto al Valor Agregado -IVA-, mercancías destinadas a ser exportadas o reexportadas en el periodo de un año después de haber sufrido una transformación o ensamble.*
- b) *Régimen de Devolución de Derechos. Es aquel que permite una vez efectuada la exportación o reexportación, obtener el reembolso de los derechos arancelarios, impuestos a la importación e impuesto al Valor Agregado, -IVA-, pagados en depósito, que hubiere grabado mercancías internadas, productos contenidos en ellas o consumidos durante su proceso.*
- c) *Régimen de Reposición con Franquicia Arancelaria. Es aquel que permite importar con exoneración de derechos arancelarios e impuestos a la importación, el valor equivalente por los derechos arancelarios e impuestos a la importación pagados por el exportador indirecto. Esta franquicia será utilizada para la reposición de materias primas, productos semielaborados, productos intermedios, materiales, envases, empaques y etiquetas que estén directamente relacionados con su proceso de producción.*
- d) *Régimen de Exportación de Componente Agregado Nacional Total. Es aquel aplicable a las empresas cuando dentro de su proceso productivo utiliza en su totalidad mercancías nacionales o nacionalizadas, para la fabricación o ensamble de productos de exportación.*

ARTICULO 6

De conformidad con la presente Ley, las empresas podrán calificarse como:

- Maquiladora bajo el Régimen de Admisión Temporal.
- Exportadora bajo el Régimen de Admisión Temporal.
- Exportadora bajo el Régimen de Devolución de Derechos.
- Exportadora bajo el Régimen de Reposición con Franquicia Arancelaria.
- Exportadora bajo el Régimen de Componente Agregado Nacional Total.

ARTICULO 7

Se entenderá por actividad de maquila bajo el Régimen de Admisión Temporal, aquella orientada a la producción y/o ensamble de bienes, que en términos de valor monetario contengan como mínimo el cincuenta y uno (51%) por ciento de mercancías extranjeras destinadas a ser reexportadas a países fuera del área centroamericana, siempre que se garantice ante el fisco la permanencia de las mercancías admitidas temporalmente,

BENEFICIOS ARTICULO 12

Las empresas propiedad de personas individuales o jurídicas que se dediquen a la actividad exportadora o de maquila bajo el Régimen de Admisión Temporal, gozaran de los beneficios siguientes:

- a) Suspensión temporal del pago de derechos arancelarios e impuestos a la importación, con inclusión del Impuesto al Valor Agregado -IVA-, sobre las materias primas, productos semielaborados, productos intermedios, materiales, envases, empaques y etiquetas necesarios para la exportación o reexportación de mercancías producidas en el país, de conformidad con los listados autorizados en la resolución de calificación emitida por el Ministerio de Economía, hasta por un plazo de un año contado a partir de la fecha de aceptación de la póliza de importación respectiva. Este plazo puede ser ampliado por una sola vez y hasta por un periodo igual por la Dirección General de Aduanas, siempre que la solicitud de prórroga sea presentada treinta (30) días antes del vencimiento del mismo.
- b) Suspensión temporal del pago de derechos arancelarios e impuestos a la importación, con inclusión del Impuesto al Valor Agregado -IVA-, sobre los muestrarios, muestras de ingeniería, instructivos, patrones y modelos necesarios para el proceso de producción o para fines demostrativos de investigación e instrucción, hasta por el plazo de un año, contado a partir de la fecha de aceptación de la póliza de importación respectiva. Este plazo puede ser ampliado por una sola vez y hasta por un periodo igual por la Dirección General de Aduanas, siempre que la solicitud de prórroga sea presentada treinta (30) días antes del vencimiento del mismo.
- c) Exoneración total del Impuesto sobre la Renta, de las rentas que se obtengan o provengan exclusivamente de la exportación de bienes que se hayan elaborado o ensamblado en el país y exportado fuera del área centroamericana. Tal exoneración se otorgará por un periodo de diez (10) años, contados a partir del primer ejercicio de imposición inmediato siguiente al de la fecha de notificación de la resolución de su calificación por el Ministerio de Economía.

Para los efectos de aplicar la referida exoneración los contribuyentes beneficiados deberán llevar un sistema de contabilidad de costos e inventarios perpetuos, que identifiquen separadamente las exportaciones realizadas fuera del área centroamericana y los costos y gastos imputables a las mismas respectivamente, o en su defecto, el sistema de costos unitarios de operación.

mediante fianza, garantía específica autorizada por el Ministerio de Finanzas Públicas, garantía bancaria, o a través de almacenes generales de depósito autorizados para operar como almacenes fiscales y que constituyan fianza específica para este tipo de operaciones.

ARTICULO 8

Se entenderá por actividad exportadora bajo el Régimen de Admisión Temporal, aquella orientada a la producción de bienes que se destinen a la exportación o reexportación fuera del área centroamericana, siempre que se garantice ante el fisco la permanencia de las mercancías admitidas temporalmente, mediante fianza, garantía específica autorizada por el Ministerio de Finanzas Públicas, garantía bancaria, o a través de almacenes generales de depósito autorizados para operar como almacenes fiscales y que constituyan fianza específica por este tipo de operaciones

ARTICULO 9

Se entenderá por actividad exportadora bajo el Régimen de Devolución de Derechos, aquella orientada a la producción y/o ensamble de bienes, que se destinen a la exportación o reexportación a países fuera del área centroamericana, siempre que se garantice ante el fisco mediante la constitución de depósito en efectivo, la permanencia de las mercancías internadas temporalmente.

ARTICULO 10

Se entenderá por actividad exportadora bajo el Régimen de Reposición con Franquicia Arancelaria aquella orientada a la producción de mercancías que han tenido como destino su venta a empresas exportadoras, quienes las integraron, incorporaron o agregaron a mercancías previamente exportadas a mercados fuera del área centroamericana.

ARTICULO 11

Se entenderá por actividad exportadora bajo el Régimen de Componente Agregado Nacional Total, aquella orientada a la producción o ensamble de bienes que se destinen a la exportación a países fuera del área centroamericana y que utilicen en su totalidad mercancías nacionales y/o nacionalizadas.

CAPTITULO II

Las personas individuales o jurídicas domiciliadas en el exterior que tengan sucursales, agencias o establecimientos permanentes que operen en Guatemala y exporten mercancías originadas en actividades de exportación y de maquila no gozarán de la exoneración del impuesto sobre la renta, si en su país de origen se otorga crédito por el impuesto sobre la renta que se pague en Guatemala.

d) Suspensión temporal de los derechos arancelarios e impuestos a la importación con inclusión del Impuesto al Valor Agregado -IVA-, de maquinaria, equipo, partes, componentes y accesorios necesarios para el proceso productivo debidamente identificados en la resolución de calificación del Ministerio de Economía, hasta por el plazo de un año, contado a partir de la fecha de aceptación de la póliza de importación respectiva. Este plazo puede ser ampliado por una sola vez y hasta por un periodo igual por la Dirección General de Aduanas, siempre que la solicitud de prórroga sea presentada treinta (30) días antes del vencimiento del mismo.

e) Exoneración total de los derechos arancelarios e impuestos a la importación con inclusión del Impuesto al Valor Agregado -IVA-, a la importación de maquinaria, equipo, partes, componentes y accesorios necesarios para el proceso productivo debidamente identificados en la resolución de calificación del Ministerio de Economía.

f) Exoneración total de impuestos ordinarios y/o extraordinarios a la exportación.

ARTICULO 13

De conformidad con el Régimen de Devolución de Derechos, las empresas propiedad de personas individuales o jurídicas calificadas gozarán del reembolso de los derechos arancelarios, impuestos a la importación e Impuesto al Valor Agregado -IVA-, que hayan pagado en depósito para garantizar internación de las materias primas, productos semielaborados, productos intermedios, materiales, envases, empaques y etiquetas utilizadas en la producción o ensamble de las mercancías exportadas. El plazo para solicitar el reembolso será de seis meses contados a partir de la fecha de aceptación de la póliza de importación respectiva. Además gozarán de los beneficios siguientes:

a) Exoneración total de Impuesto sobre la Renta, de las rentas que se obtengan o provengan exclusivamente de la exportación de bienes que se hayan elaborado o ensablado en el país y exportado fuera del área centroamericana. Tal exoneración se otorgará por un periodo de diez (10) años, contados a partir del primer ejercicio de imposición inmediato siguiente al de la fecha de notificación de la resolución de calificación por el Ministerio de Economía.

Para los efectos de aplicar la referida exoneración, los contribuyentes beneficiados deberán llevar un sistema de contabilidad de costos e inventarios perpetuos, que identifiquen separadamente las exportaciones realizadas fuera del área centroamericana y los costos y gastos imputables a las mismas, o en su defecto, el sistema de costos unitarios de operación. Las personas individuales o jurídicas domiciliadas en el exterior que tengan sucursales, agencias o establecimientos permanentes que operen en Guatemala y exporten mercancías originadas en actividades de exportación y de maquila, no gozarán de la exoneración del Impuesto sobre la Renta, si en su país de origen se otorga crédito por el Impuesto sobre la Renta que se pague en Guatemala.

b) Exoneración total de impuestos ordinarios y/o extraordinarios a la exportación.

ARTICULO 14

De conformidad con el Régimen de Reposición con Franquicia Arancelaria, las empresas propiedad de personas individuales o jurídicas calificadas al amparo de esta ley que hayan utilizado como insumos mercancías por las cuales se pagaron los correspondientes Derechos Arancelarios e Impuestos a la Importación y que fabricaron con tales insumos, bienes exportados por terceros, gozarán de franquicia por el valor equivalente por los derechos arancelarios e impuestos a la importación pagados. Esta franquicia será utilizada para la reposición de materias primas, productos semielaborados, productos intermedios, materiales, envases, empaques y etiquetas que están directamente relacionados con su proceso de producción.

El plazo para efectuar las citadas importaciones con franquicia al amparo de este Régimen será de un año, contados a partir de la fecha de emisión de la franquicia correspondiente.

ARTICULO 15

De conformidad con el Régimen de Exportación de Componente Agregado Nacional Total, las empresas podrán gozar de los beneficios siguientes.

a) Exoneración total de los derechos arancelarios e impuestos a la importación con inclusión del Impuesto al Valor Agregado -IVA-, a la importación de maquinaria, equipo, partes, componentes y accesorios necesarios para el proceso productivo debidamente identificados en la resolución de calificación del Ministerio de Economía.

b) Exoneración total del Impuesto sobre la Renta, de las rentas que se obtengan o provengan exclusivamente de la exportación de bienes que se hayan elaborado o

ensamblado en el país y exportado fuera del área centroamericana. Tal exoneración se otorgará por un periodo de diez (10) años, contados a partir del primer ejercicio de imposición inmediato siguiente al de la fecha de notificación de la resolución de su calificación por el Ministerio de Economía.

Para los efectos de aplicar la referida exoneración los contribuyentes beneficiados deberán llevar un sistema de contabilidad de costos e inventarios perpetuos, que identifiquen separadamente las exportaciones realizadas fuera del área centroamericana y los costos imputables a las mismas o en su defecto, el sistema de costos unitarios de operación.

Las personas individuales o jurídicas domiciliadas en el exterior que tengan sucursales, agencias o establecimientos permanentes que operen en Guatemala y exporten mercancías originadas en actividades de exportación y de maquila, no gozarán de la exoneración del Impuesto sobre la Renta, si en su país de origen se otorga crédito por el Impuesto sobre la Renta, que se pague en Guatemala.

- c) Exoneración total de impuestos ordinarios y/o extraordinarios a la exportación.

ARTICULO 16

Las empresas calificadas bajo el Régimen de Admisión Temporal podrán subcontratar los servicios productivos de otras empresas calificadas o no, solicitando previamente la autorización respectiva a la Dirección de Política Industrial del Ministerio de Economía, la que resolverá y notificará a la Dirección General de Aduanas.

ARTICULO 17

Las empresas calificadas bajo los Regímenes de Admisión Temporal y de Componente Agregado Nacional Total podrán transferir, previa autorización de la Dirección de Política Industrial del Ministerio de Economía, a otras, maquinaria, equipo, partes, componentes y accesorios utilizados en su actividad productiva, siempre que el adquirente goce de iguales o mayores beneficios que el cedente y que demuestre que los bienes a transferirse intervienen directamente en la actividad de producción de la empresa; la Dirección de Política Industrial notificará de esto a la Dirección General de Aduanas.

ARTICULO 18

Los beneficios establecidos en la presente Ley y conferidos por el Ministerio de Economía, no podrán ser transferidos a ningún título, salvo la autorización previa de dicho Ministerio. Para este objeto, las empresas propiedad de personas individuales o jurídicas calificadas al amparo de esta Ley, podrán transferir tales beneficios siempre y cuando la cedente reúna

los mismos requisitos satisfechos por la cesionaria. La correspondiente solicitud de transferencia deberá ser presentada a la Dirección de Política Industrial del Ministerio de Economía, quien le dará el trámite correspondiente y emitirá el dictamen respectivo. El reglamento de esta Ley establecerá los requisitos y el procedimiento a seguir para el caso de la transferencia de beneficios.

ARTICULO 19

Una misma empresa puede calificarse en dos regímenes diferentes, para lo cual el interesado deberá presentar la solicitud correspondiente de conformidad con lo establecido en capítulo siguiente. Lo anterior no implica duplicidad de beneficios en la presente Ley.

CAPTULO III

PROCEDIMIENTOS

ARTICULO 20

Para poder calificar una empresa al amparo de la presente Ley y gozar de los beneficios que otorga, los interesados deberán presentar solicitud a la Dirección de Política Industrial del Ministerio de Economía, acompañando un estudio técnico económico firmado por Economista o Ingeniero Industrial colegiado activo, que cumpla con los requisitos e información indicados en los instructivos que proporcione dicha dependencia.

ARTICULO 21

Presentada la solicitud de calificación, la Dirección de Política Industrial dictaminará dentro de un plazo no mayor de treinta (30) días, contados a partir de la fecha de presentación de la misma.

ARTICULO 22

El Ministerio de Economía, con base en el dictamen, resolverá sobre la procedencia o improcedencia de la calificación solicitada, dentro de un plazo no mayor de quince (15) días contados a partir de la fecha del dictamen.

ARTICULO 23

Las empresas calificadas de conformidad con esta Ley, podrán solicitar la modificación de la resolución respectiva, fundamentando su solicitud con los motivos que la justifiquen. El trámite y el plazo para resolver, serán los indicados en los artículos 21 y 22 de esta Ley.

ARTICULO 24

Después de presentada la solicitud de calificación en los Regímenes de Admisión Temporal, de Devolución de Derechos o de Componente Agregado Nacional Total y antes que se emita la resolución respectiva, podrá permitirse el ingreso de mercancías requeridas, siempre que se garantice el monto de los derechos arancelarios, impuesto a la importación e Impuesto al Valor Agregado -IVA- a través de fianza o pago efectivo en depósito.

Si la calificación fuese denegada, el pago en depósito pasará a la Cuenta Fondo Común - Gobierno de Guatemala o la fianza se hará efectiva a favor del Estado.

ARTICULO 25

Si la Dirección de Política Industrial solicitara alguna información adicional respecto a una solicitud planteada y no obtuviere respuesta o si se dejare de gestionar en el trámite de la solicitud por el plazo de sesenta (60) días se tendrá por abandonada la misma y se mandará que se archiven las actuaciones.

ARTICULO 26

El interesado podrá solicitar la cancelación de los beneficios otorgados en la resolución de calificación respectiva a la Dirección de Política Industrial del Ministerio de Economía, quien notificará inmediatamente sobre la misma a la Dirección General de Aduanas.

CAPITULO IV

GARANTIAS Y OBLIGACIONES

ARTICULO 27

La totalidad de los derechos arancelarios, impuestos a la importación e Impuesto al Valor Agregado -IVA-, de las mercancías que ingresen al territorio aduanero nacional, se garantizarán ante el fisco de la manera siguiente:

a) Bajo el Régimen de Admisión Temporal mediante constitución de fianza, garantía específica autorizada por el Ministerio de Finanzas Públicas, garantía bancaria o a través, de almacenes generales de depósito autorizados para operar como almacenes fiscales y que constituyan fianza específica para este tipo de operaciones.

b) Bajo el Régimen de Devolución de Derechos mediante la constitución de depósito en efectivo.

ARTICULO 28

La Dirección General de Aduanas hará efectivo el descargo parcial o total de la garantía constituida, o la devolución de lo pagado en depósito, después de haber comprobado que las mercancías admitidas o internadas en el territorio aduanero nacional, han sido utilizadas para el fin y destino solicitadas o bien reexportadas, exportadas o nacionalizadas.

ARTICULO 29

Para los efectos de lo preceptuado en el artículo anterior, el interesado deberá presentar solicitud ante la Dirección General de Aduanas, dentro del plazo de los cuarenta y cinco (45) días posteriores a la fecha de aceptación de la póliza de exportación o reexportación, acompañando para el efecto los documentos que indique el reglamento de esta Ley.

En caso de que la solicitud respectiva no se presente dentro del plazo antes señalado, el monto de lo pagado en depósito ingresará a la cuenta Fondo Común-Gobierno de Guatemala o la garantía constituida se hará efectiva a favor del Estado.

ARTICULO 30

Los derechos arancelarios, impuestos a la importación e Impuesto al Valor Agregado -IVA-, que se hayan garantizado mediante la constitución de depósitos en efectivo, se reembolsarán a través de cheque librado, que extenderá la Dirección General de Aduanas o Aduanas de la República, dentro del plazo de treinta (30) días siguientes a la presentación de la solicitud por parte del exportador, acompañando para el efecto los documentos que indique el reglamento de esta ley.

ARTICULO 31

El Ministerio de Finanzas Públicas emitirá con base en el dictamen de la Dirección General de Aduanas, a las empresas propiedad de personas individuales o jurídicas calificadas como

exportadoras bajo el Régimen de Reposición con Franquicia Arancelaria, una resolución que les permita importar con exoneración de derechos arancelarios e impuestos a la importación materias primas, productos intermedios, productos semielaborados, materiales, envases, empaques y etiquetas que estén directamente relacionados con su proceso de producción dentro de los noventa (90) días siguientes a la presentación de la solicitud por parte del exportador.

ARTICULO 32

Las materias primas, productos semielaborados, productos intermedios, materiales, envases, empaques y etiquetas destinados a las empresas calificadas en los Regímenes de Admisión Temporal y de Devolución de Derechos, que arriben averiados o que no reúnan las características indispensables para incorporarlos a productos de exportación, podrán ser reexportados previa inspección y comprobación de tales circunstancias por parte de la Dirección General de Aduanas a efecto de su posterior descargo o devolución de derechos o en su defecto, nacionalizados, aplicándoseles el porcentaje de avería correspondiente.

ARTICULO 33

Las empresas calificadas como exportadoras o de maquila bajo los Regímenes de Admisión Temporal y de Devolución de Derechos, deberán cumplir con lo siguiente:

- Iniciar la producción de los bienes para su actividad exportadora o de maquila, en el término que señale la resolución de calificación respectiva o en su caso, dentro de la prórroga que se le conceda.
- Proporcionar dentro de los primeros veinte (20) días de cada mes, una declaración jurada a la Dirección General de Aduanas y copia sellada por ésta, con fotocopia simple de las pólizas de importación y exportación respectivas a la Dirección de Política Industrial, en la que se hará constar la cuenta correspondiente de mercancías bajo el régimen de esta ley, tal como lo especifica el reglamento correspondiente.
- Llevar registros contables y un sistema de inventario perpetuo, de las mercancías ingresadas temporalmente y la cantidad de las mismas utilizadas en las mercancías que se exporten o reexporten.
- Proporcionar a la Dirección de Política Industrial y a la Dirección General de Aduanas la información que sea necesaria para determinar las mercancías que se requieren para la producción o ensamble de los productos exportables, así como para determinar las mermas, subproductos y deshechos resultantes del proceso de producción.

- Proporcionar cualquier otra información pertinente para la correcta aplicación de la presente ley, así como permitir las inspecciones que, a juicio de la Dirección de Política Industrial o de la Dirección General de Aduanas, sean necesarias.

- Cumplir con las leyes del país, particularmente las de carácter laboral.

ARTICULO 34

Las empresas, cuya actividad sea calificada como exportadora bajo el Régimen de Reposición con Franquicia Arancelaria, únicamente deberán cumplir con las obligaciones establecidas en los incisos d), e) y f) del artículo anterior.

ARTICULO 35

Las empresas cuya actividad sea calificada como exportadora bajo el Régimen de Componentes Agregado Nacional Total, deberán cumplir con las obligaciones establecidas en los incisos a), e) y f) del artículo 33 de esta ley. Además deberán presentar fotocopia simple de la póliza de importación de maquinaria, equipo, partes, componentes y accesorios dentro del plazo de cuarenta y cinco (45) días posteriores a la fecha de la liquidación de la póliza respectiva.

ARTICULO 36

Los subproductos y deshechos que resulten de la actividad productiva de las empresas a las que se les califique su actividad como exportadora o de maquila bajo los Regímenes de Admisión Temporal y de Devolución de Derechos, podrán ser nacionalizados, destruidos, reexportados o donados a entidades de beneficencia previa autorización de la Dirección General de Aduanas.

Los productos defectuosos que resulten de la actividad productiva de las empresas o que sean rechazadas por no llenar los requisitos de calidad de mercado de destino, podrán ser nacionalizados, destruidos, reexportados o donados a entidades de beneficencia, previa autorización del Ministerio de Finanzas Públicas.

CAPITULO V

CONTROLES

ARTICULO 37

La Dirección General de Aduanas tendrá a su cargo el control de las garantías y de los depósitos que constituyan las empresas, a las que se les califique como exportadoras o

maquiladoras dentro de los Regímenes de Admisión Temporal, de Devolución de Derechos, así como de los comprobantes que se expidan a favor de las empresas cuya actividad exportadora esté acogida al Régimen de Reposición con Franquicia Arancelaria.

ARTICULO 38

La Dirección General de Aduanas, tendrá a su cargo el manejo de una cuenta corriente sobre la cantidad de mercancías ingresadas al territorio aduanero nacional, al amparo de los Regímenes de Admisión Temporal o de Devolución de Derechos, así como de la cantidad de las mismas que fueron utilizadas para la elaboración o ensamble de los productos exportados o reexportados.

CAPITULO VI

PROHIBICIONES Y SANCIONES

ARTICULO 39

Se prohíbe a las empresas, calificadas como exportadoras o de maquila bajo el Régimen de Admisión Temporal, enajenar en cualquier forma en el territorio nacional, las mercancías internadas temporalmente, salvo que se paguen los derechos arancelarios e impuestos correspondientes. Se exceptúan las donaciones que se hagan a entidades de beneficencia, las que deberán contar con la autorización previa del Ministerio de Finanzas Públicas.

ARTICULO 40

La maquinaria, equipo, partes, componentes y accesorios que se importen al amparo de esta Ley, no podrán ser enajenados ni destinados a un fin distinto de aquel para el cual hubieren sido autorizados, salvo que se cubran los derechos arancelarios, impuestos a la importación e impuesto al Valor Agregado -IVA-, que ocasionaron o después de cinco (5) años, contados a partir de la fecha de aceptación de la póliza de importación y previa autorización de la Dirección de Política Industrial, quien notificará a la Dirección General de Aduanas.

ARTICULO 41

La enajenación a cualquier título de mercancías importadas o admitidas al amparo de esta Ley o la utilización de las mismas para fines distintos de aquellos para los cuales fue concedido el beneficio, se sancionará con multa igual al ciento por ciento (100%) de los impuestos aplicables no pagados sin perjuicio de cualesquiera otras sanciones que indiquen las leyes aduaneras vigentes. En caso de incumplimientos, el enajenante y el

adquirente serán responsables solidarios del pago de los montos dejados de percibir por el Estado.

ARTICULO 42

En caso de destrucción de las mercancías admitidas temporalmente, que no se encuentren dentro de la zona primaria de la jurisdicción aduanera, estas quedarán sujetas al pago de los derechos y demás impuestos dejados de percibir por el Estado, salvo caso fortuito o de fuerza mayor, debidamente comprobado por el Ministerio de Finanzas Públicas.

ARTICULO 43

El Ministerio de Economía revocará de oficio la resolución de calificación enviando copia de la revocatoria a la Dirección General de Aduanas y Dirección General de Rentas Internas, en los casos siguientes:

- Quando la empresa no inicie la producción dentro del plazo establecido en la resolución de calificación o dentro del plazo establecido en la prórroga respectiva.
- Por cierre, disolución o quiebra de la empresa.
- Por el incumplimiento que resulte de las obligaciones contenidas en la resolución de calificación respectiva.

No obstante lo establecido en el inciso c), la Dirección de Política Industrial podrá apercibir por una sola vez a la empresa infractora, enviando copia de dicho apercibimiento a la Dirección General de Aduanas.

ARTICULO 44

Las empresas que al entrar en vigencia la presente Ley se encuentren gozando de beneficios al amparo del Decreto Ley número 21-84, continuarán en el disfrute de los mismos hasta su vencimiento. No obstante las empresas que así lo deseen, deberán calificarse dentro de los doce (12) meses siguientes a la fecha que entre en vigencia la presente Ley.

A las empresas así calificadas, se les deducirá de los nuevos beneficios, los años que hubieren gozado de exoneraciones del Impuesto sobre la Renta conforme al Decreto Ley 21-84.

CAPITULO VII

DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y FINALES

ARTICULO 45

Las solicitudes de calificación al amparo del Decreto Ley 21-84 que se encuentren en trámite, deberán ser resueltas por el Ministerio de Economía dentro de los treinta (30) días siguientes a la fecha de publicación de la presente Ley.

ARTICULO 46

Si el interesado no estuviere conforme con las resoluciones que dictare la autoridad administrativa competente, podrá interponer los recursos establecidos en materia aduanal. Y en la Ley de lo Contencioso Administrativo, según corresponda.

ARTICULO 47

Los casos no previstos en la presente Ley y su reglamento, serán resueltos por el Ministerio de Economía, el Ministerio de Finanzas Públicas o ambos según sea el caso y competencia.

ARTICULO 48

Los Ministerios de Economía y Finanzas Públicas velarán por el estricto cumplimiento de la presente Ley y su Reglamento.

ARTICULO 49

Queda derogado el Decreto Ley número 21-84 y su Reglamento, así como las demás disposiciones que se opongan a la presente Ley.

ARTICULO 50.

El Organismo Ejecutivo, por medio de los Ministerios de Economía y Finanzas Públicas, emitirán el Reglamento para la aplicación de la presente Ley, en un plazo de cuarenta y cinco (45) días, contados a partir de la fecha de publicación de la presente Ley.

ARTICULO 51.

El presente Decreto entrará en vigencia a los treinta (30) días siguientes de su publicación en el Diario Oficial.

PASE AL ORGANISMO EJECUTIVO PARA SU PUBLICACION Y CUMPLIMIENTO.

DADO EN EL PALACIO DEL ORGANISMO LEGISLATIVO, EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, A LOS VEINTITRES DIAS DEL MES DE MAYO DE MIL NOVECIENTOS OCHENTA Y NUEVE.

JOSE FERNANDO LOBO DUDON
PRESIDENTE

RAMIRO GARCIA DE PAZ CLAUDIO COXAL TZ'UN
SECRETARIO SECRETARIO