



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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE DESCARGA DE PURGAS PARA LA DEPURACIÓN DE  
CONTAMINANTES EN CALDERAS DE COMBUSTIÓN UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA DE  
MANUFACTURA DE ROPA DE VESTIR**

**Erick Manuel Valdez Gutiérrez**

Asesorado por el Ing. Mauricio Alejandro Contreras Urquizú

Guatemala, noviembre de 2020



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE DESCARGA DE PURGAS PARA LA DEPURACIÓN DE  
CONTAMINANTES EN CALDERAS DE COMBUSTIÓN UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA DE  
MANUFACTURA DE ROPA DE VESTIR**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ERICK MANUEL VALDEZ GUTIÉRREZ**

ASESORADO POR EL ING. MAURICIO ALEJANDRO CONTRERAS URQUIZÚ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2020



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Selvin Estuardo Joaquín Juárez
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:

### **DISEÑO DE UN SISTEMA DE DESCARGA DE PURGAS PARA LA DEPURACIÓN DE CONTAMINANTES EN CALDERAS DE COMBUSTIÓN UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA DE MANUFACTURA DE ROPA DE VESTIR**

Tema que me fue asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha de octubre de 2018.

**Erick Manuel Valdez Gutiérrez**



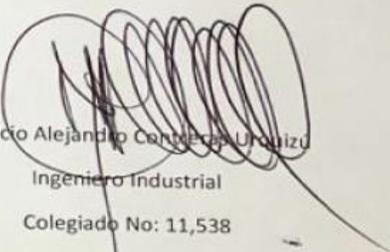
Guatemala, 13 de mayo del año 2020

Ingeniero  
Cesar Ernesto Urquizú Rodas  
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Por este medio, hago de su conocimiento que **Erick Manuel Valdez Gutierrez**, con Documento de Identificación, número de CUI: **2922 47443 0101** y Registro Académico: **201504083** de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, de la carrera Ingeniería Industrial, ha finalizado satisfactoriamente el Tema de Trabajo de Graduación **"DISEÑO DE UN SISTEMA DE DESCARGA DE PURGA PARA LA DEPURACIÓN DE CONTAMINANTES EN CALDERAS DE COMBUSTIÓN UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA DE MANUFACTURA DE ROPA DE VESTIR"**, el cual ha sido aprobado por el suscrito.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,



Mauricio Alejandro Contreras Urquizú  
Ingeniero Industrial  
Colegiado No: 11,538

**Ing. Mauricio A. Contreras U.**  
**COLEGIADO 11538**





ESCUELA DE  
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.072.020

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE DESCARGA DE PURGAS PARA LA DEPURACIÓN DE CONTAMINANTES EN CALDERAS DE COMBUSTIÓN UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA DE MANUFACTURA DE ROPA DE VESTIR**, presentado por el estudiante universitario **Erick Manuel Valdez Gutiérrez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Renaldo Gilón Alvarado  
Ingeniero Industrial  
Colegiado No. 5977

Ing. Renaldo Gilón Alvarado  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2020.

/mgp





ESCUELA DE  
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.DIR.EMI.083.020

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 **DISEÑO DE UN SISTEMA DE DESCARGA DE PURGAS PARA LA DEPURACIÓN DE CONTAMINANTES EN CALDERAS DE COMBUSTIÓN UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA DE MANUFACTURA DE ROPA DE VESTIR**, presentado por el estudiante universitario **Erick Manuel Valdez Gutiérrez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2020.

/mgp



DTG. 346.2020.

La Decana 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: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE DESCARGA DE PURGAS PARA LA DEPURACIÓN DE CONTAMINANTES EN CALDERAS DE COMBUSTIÓN UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA DE MANUFACTURA DE ROPA DE VESTIR**, presentado por el estudiante universitario: **Erick Manuel Valdez Gutiérrez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, noviembre de 2020

AACE/asga



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Que con su infinito amor y misericordia me bendijo durante toda la carrera y está conmigo siempre.
<b>Mis padres</b>	Annabella Valdez Gutiérrez y Edwin Girón Ramírez (q. e. p. d.), por todo su amor y apoyo incondicional, ya que sin su ayuda y esfuerzo no hubiese sido posible alcanzar el éxito.
<b>Mi abuela</b>	Nelly Gutiérrez Arriola, por su cariño y apoyo durante toda mi vida.
<b>Mi hermana</b>	Maryann Esmeralda Salazar Valdez, con amor fraternal, quien todo el tiempo ha estado conmigo y quien es mi mejor amiga.
<b>Mis tíos</b>	Soledad de los Ángeles Valdez de Chávez, Erick Vladimir Valdez Gutiérrez y Guillermo Antonio Chávez Mesa, por ser parte importante de mi éxito.
<b>Mi asesor</b>	Ing. Mauricio Contreras, por todo su apoyo y comprensión en la elaboración de este trabajo.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Que con su infinito amor y misericordia me bendijo durante toda la carrera y está conmigo siempre.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	A mi <i>alma máter</i> , por los conocimientos y las experiencias durante mi vida como estudiante.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por abrirme las puertas para darme el conocimiento.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	Por compartir los mejores momentos de mi vida estudiantil.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN .....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. ANTECEDENTES GENERALES .....	1
1.1. Inicios de la empresa en Guatemala.....	1
1.2. Información general .....	3
1.2.1. Ubicación.....	5
1.2.2. Misión .....	6
1.2.3. Visión.....	7
1.2.4. Objetivos.....	8
1.2.5. Valores empresariales .....	8
1.3. Tipo de organización.....	10
1.3.1. Caracterización.....	16
1.3.2. Situación de mercado .....	17
1.4. Planeamiento de área de calderas y manejo de materiales.....	18
1.4.1. Diagrama de operaciones.....	19
1.4.2. Diagrama de flujo .....	21
1.4.3. Distribución de calderas de combustión .....	22
1.4.4. Distribución de acuerdo al proceso .....	23
1.5. Agua residual .....	25
1.5.1. Definición.....	25

1.5.2.	Características .....	28
2.	SITUACIÓN ACTUAL .....	31
2.1.	Servicio público.....	31
2.1.1.	Agua de pozo .....	32
2.1.2.	Energía eléctrica .....	34
2.2.	Calderas .....	37
2.2.1.	Situación actual de calderas .....	43
2.2.2.	Instalación de las calderas .....	47
2.2.3.	Tipos de calderas .....	49
2.2.4.	Descripción del equipo .....	51
2.2.5.	Seguridad en calderas .....	52
2.2.6.	Servicio y limpieza.....	55
2.2.7.	Control de sólidos disueltos en agua de calderas .....	56
2.2.8.	Descripción del proceso de control de solidos .....	58
2.3.	Tipo de combustión en calderas.....	61
2.3.1.	Condiciones de las tuberías de calderas.....	61
2.3.2.	Tuberías .....	61
2.4.	Operación de calderas.....	62
2.4.1.	Descarga de aguas residuales.....	64
2.4.2.	Sistema de control de solidos disueltos totales.....	64
2.4.3.	Equipo para el control de solidos disueltos .....	65
2.4.4.	Procedimiento para el control de sólidos disueltos ....	65
3.	PROPUESTA DEL SISTEMA DE DESCARGA DE PURGAS EN CALDERAS DE COMBUSTIÓN .....	67
3.1.	Árbol de problemas.....	67
3.1.1.	Árbol de objetivos.....	69
3.2.	Leyes y políticas del medio ambiente .....	71

3.3.	Desarrollo sostenible.....	77
3.3.1.	Sistema de captación de agua .....	77
3.4.	Tuberías.....	80
3.5.	Puntos de descarga de agua residual en calderas .....	85
3.5.1.	Cálculo de la cantidad de agua a purgar .....	86
3.5.2.	Ciclos de concentración de sólidos disueltos totales.....	86
3.5.3.	Cantidad de agua a purgar .....	91
3.6.	Diseño conceptual.....	93
3.7.	Limpieza de equipo .....	94
3.7.1.	Válvulas de purga.....	95
3.8.	Instalación del sistema de purga.....	104
3.8.1.	Diseño del controlador de sólidos disueltos.....	105
3.8.2.	Equipo auxiliar .....	110
3.9.	Mantenimiento .....	112
3.9.1.	Mantenimiento preventivo.....	113
3.9.2.	Mantenimiento correctivo.....	114
3.10.	Calibración del sistema de control automático de sólidos disueltos totales .....	115
3.10.1.	Mantenimiento del sistema de control de sólidos disueltos .....	116
3.10.2.	Evaluación económica.....	117
4.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....	121
4.1.	Plan de acción .....	121
4.2.	Cronograma de actividades .....	124
4.2.1.	Desarrollo del plan.....	125
4.2.2.	Desarrollo de la ley de aguas residuales .....	127
4.3.	Entidades responsables.....	133

4.3.1.	Utilización de equipo correctamente .....	134
4.4.	Diseño del sistema .....	137
4.4.1.	Dimensiones reales del equipo .....	137
4.4.2.	Procedimientos de operación.....	140
4.4.3.	Funcionamiento del sistema.....	143
4.4.4.	Controlador de sólidos disueltos totales.....	146
4.5.	Cumplimiento de leyes y normas.....	149
4.5.1.	Preservación del medio ambiente .....	149
4.6.	Seguridad en el área de calderas .....	152
4.6.1.	Mantenimiento y calibración.....	152
5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA.....	159
5.1.	Medición y calibración periódica de los niveles de sólidos disueltos totales .....	159
5.1.1.	Registro de concentración de sólidos disueltos del agua de calderas.....	160
5.1.2.	Control de sólidos disueltos totales.....	163
5.2.	Plan de mantenimiento preventivo.....	165
5.2.1.	Planificación .....	165
5.2.2.	Capacitación continua del personal de mantenimiento.....	168
5.3.	Mejoras obtenidas por el sistema automático de control de sólidos disueltos totales.....	174
5.3.1.	Evaluación del sistema de purgas.....	174
5.3.2.	Evaluación de la calidad del vapor .....	176
5.3.3.	Evaluación de las calderas.....	178

CONCLUSIONES ..... 181  
RECOMENDACIONES ..... 185  
BIBLIOGRAFÍA ..... 187



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Ubicación geográfica de la empresa .....	6
2.	Estructura organizacional.....	15
3.	Diagrama de flujo de caldera de combustión .....	20
4.	Diagrama de flujo de caldera de combustión .....	21
5.	Distribución de calderas en la planta de producción .....	22
6.	Partes de caldera pirotubular .....	24
7.	Estructura de pozo de agua .....	34
8.	Motor generador de electricidad.....	36
9.	Caldera de combustión pirotubular de gas licuado de petróleo GLP de 50 hp .....	40
10.	Caldera de combustión pirotubular de 600 hp .....	43
11.	Línea de purga baja de la caldera.....	46
12.	Purga manual y control de purga automático.....	47
13.	Ubicación actual de las calderas pirotubulares .....	49
14.	Equipo de protección personal.....	55
15.	Importancia del tratamiento de agua en la caldera .....	57
16.	Proceso de control de sólidos tratamientos externos.....	59
17.	Proceso de control de sólidos tratamientos internos.....	60
18.	Árbol de problemas .....	68
19.	Árbol de objetivos.....	70
20.	Sistema de captación de agua de Denimatrix, S.A. ....	79

21.	Pozo de absorción .....	85
22.	Transmisor de conductividad M300 .....	90
23.	Transmisor multiparámetro 770MAX .....	91
24.	Diseño conceptual .....	94
25.	Válvula de seguridad .....	96
26.	Válvula de interrupción .....	97
27.	Válvula de retención .....	98
28.	Posición de la válvula de retención.....	99
29.	Válvula de purga continua o purga de superficie .....	100
30.	Ubicación de válvulas .....	101
31.	Válvulas .....	102
32.	Distintos modos de control y sus respuestas.....	107
33.	Dimensiones en milímetros del controlador de conductividad BC3200.....	109
34.	Conductímetro modelo LUTRON YK-43CD.....	110
35.	Actividades de operación y mantenimiento .....	135
36.	Dimensiones reales del equipo .....	139
37.	Medidas de cuarto de calderas.....	140
38.	Diagrama de flujo de inicio de proceso de vapor .....	142
39.	Funcionamiento del sistema .....	145
40.	Proceso de calibración de controlador de sólidos disueltos totales .....	148
41.	Calibración de sólidos disueltos del agua de calderas .....	161

## TABLAS

I.	Características caldera pirotubular tipo de gas licuado de petróleo GLP de 50 HP .....	38
II.	Características técnicas del quemador .....	38

III.	Propiedades del gas licuado de petróleo GLP.....	39
IV.	Características caldera pirotubular de 600 hp .....	41
V.	Características técnicas del quemador.....	42
VI.	Normas de seguridad en el área de calderas .....	54
VII.	Hoja de inspección de limpieza de tubería diaria .....	83
VIII.	Hoja de inspección de limpieza de tubería mensual.....	84
IX.	Especificaciones técnicas.....	111
X.	Comparación de los tipos de mantenimiento en función de costos .....	114
XI.	Presentación de costos de inversión .....	118
XII.	Hoja de evaluación del plan de acción .....	123
XIII.	Cronograma de actividades.....	126
XIV.	Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales ..	130
XV.	Metales pesados .....	131
XVI.	Hoja de reporte de mediciones rutinarias del total de sólidos disueltos TDS .....	136
XVII.	Parámetro de calidad asociado de demanda bioquímica de oxígeno.....	151
XVIII.	Normas de seguridad en el mantenimiento y calibración .....	154
XIX.	Señalización de seguridad.....	157
XX.	Registro de concentración del total de sólidos disueltos TDS .....	162
XXI.	Control de sólidos disueltos totales .....	164
XXII.	Control de mantenimiento preventivo .....	167
XXIII.	Temas por impartir en el programa de capacitación.....	170
XXIV.	Hoja de seguimiento de capacitación .....	173
XXV.	Hoja de evaluación del sistema de purga .....	175
XXVI.	Hoja de evaluación de la calidad del vapor .....	177
XXVII.	Hoja de evaluación de las calderas .....	179



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>V</b>	Caudal de agua en kg/h
<b>Kv</b>	Coeficiente de flujo
<b>C</b>	Concentración de TDS en el agua de alimentación en ppm.
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>μS/cm</b>	Micro siemens por centímetro
<b>Ppm</b>	Partes por millón
<b>B/C</b>	Razón beneficio costo
<b>TDS</b>	Sólidos disueltos totales en ppm



## GLOSARIO

<b>Ácidos</b>	Se le denomina una sustancia que produce iones H <sup>+</sup> o que dona un protón, convierte el papel tornasol azul a rojo y neutraliza una base de la sustancia.
<b>Aforo</b>	Se le denomina a la medida del caudal de un líquido.
<b>Agua cruda</b>	Agua que no posee ninguna clase de tratamiento para reducir algunos o diversos componentes. Procede básicamente de uno de los pozos.
<b>Agua de alimentación</b>	Es la mezcla de la condensación y agua de reposición; esta se abastece a la caldera para la transformación en vapor.
<b>Bunker</b>	Son los combustibles derivados del petróleo que abastecen las calderas.
<b>Caldera</b>	Se le llama al recipiente a presión que se emplea para calentar agua o transformarla en vapor.
<b>Caldera pirotubular</b>	Es la configuración de la caldera, en ella los gases calientes se transportan por medio de los tubos internos y el agua se encuentra en el exterior de la tubería.

<b>Calor</b>	Se le llama a una forma de energía que se traslada por medio de una frontera debido a una temperatura diferente.
<b>Combustión</b>	Se denomina a la reacción química, determinada por ser instantánea y generalmente por su desprendimiento de luz y calor. Son indispensables tres factores para que se surja, estos son: aire, calor. Y combustible.
<b>Condensados</b>	Es la sustancia que generalmente es agua, que pasa de estado gaseoso a un estado líquido en un proceso.
<b>Corrosión</b>	Son los resultados de las reacciones químicas de la oxidación sobre la superficie de los metales, la cual cambia las propiedades químicas y físicas del mismo, haciéndolo vulnerable y reduciendo su tiempo de vida útil y su funcionamiento.
<b>Ebullición</b>	Es el proceso físico en el que el líquido pasa a estado gaseoso en determinado proceso.
<b>Hidrómetro</b>	Son los equipos que miden la cantidad de agua que fluye en las tuberías por la unidad de tiempo determinada.
<b>Parámetro</b>	Son las variables que identifican una peculiaridad en el agua residual, así como en agua para reúso o lodos, determinando un valor numérico a este estado.

<b>Presión</b>	Es la magnitud física que calcula la fuerza por unidades de las superficies, y sirve para determinar cómo se aplica una fuerza establecida resultante sobre la superficie.
<b>Presión de vapor</b>	Como su nombre lo indica es la presión, para una temperatura determinada, en la que la fase del vapor y el líquido están en equilibrio dinámico, su valor no depende de las cantidades de líquido y vapor existente mientras ambas existan.
<b>Purga</b>	Se denomina a la limpieza de las calderas mediante la eliminación del agua de las mismas.
<b>Sistema de vapor</b>	Este comprende todos los factores que participan en la distribución, utilización y generación de vapor.
<b>Válvula</b>	Se les llama a los dispositivos que regulan el paso de líquidos o gases en uno o diversos conductos o tuberías.
<b>Vapor</b>	Se le denomina al estado gaseoso del agua.
<b>Vapor vivo</b>	Es el vapor producido en la caldera que no se ha empleado en algún proceso.



## RESUMEN

La investigación se realizó con el propósito de poder integrar a las operaciones de proceso adentro del cuarto de calderas, un dispositivo de depuración a la las purgas que se tengan que llevar a cabo a diario en las calderas de combustión, para el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 236-2006, y de esta forma colaborar con la no contaminación del medio ambiente, precisamente a los cuerpos receptores, obteniendo mejoras en la eficiencia de depuración en el cuarto de calderas de la empresa Denimatrix S.A.

La integración del dispositivo de depuración es algo trascendental, porque puede ser integrado a cualquier industria que cuente con cuartos de calderas, para sus procesos productivos. En las industrias se realizan descargas residuales a distintos cuerpos receptores, generalmente se agregan tratamientos depurativos y en la mayoría, solo son transportadas a los drenajes sanitarios municipales o en el peor de los casos a pozos de absorción, lo que significa que contaminan el medio ambiente y más específicamente el manto acuífero. Las aguas utilizadas pueden llevar cargas de químicos, colorantes, materia orgánica u otro contaminante producto del proceso.

Por lo mismo, es de suma importancia el cumplimiento de las normas existentes para los tratamientos de las aguas residuales (COGUANOR), para cumplir con los parámetros de descarga de las mismas, a cuerpos receptores según el Acuerdo Gubernativo 236-2006. Es importante señalar que en Guatemala aún no se cuenta con una Ley Nacional de Aguas, lo que conlleva a que el Estado, no pueda garantizar el derecho humano al agua potable.



# OBJETIVOS

## General

Integrar un diseño optimizado para la depuración de sólidos disueltos en agua de las calderas por medio de estándares establecidos para la operación y evitar algún grado de contaminación al medio ambiente.

## Específicos

1. Cumplir con los acuerdos establecidos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), y las Normas COGUANOR, respecto al tratamiento de aguas residuales.
2. Demostrar, mediante la puesta en marcha del proyecto de diseño de un dispositivo de depuración de las purgas de calderas de combustión, una mejor eficiencia en la no contaminación al medio ambiente.
3. Dar a conocer la importancia de manejar un control de sólidos en las descargas residuales.
4. Diseñar un sistema de depuración de aguas residuales en base a criterios técnicos y relevantes para la industria.
5. Proponer un dispositivo de depuración de calderas de combustión, de acuerdo, a las necesidades propias del proceso de la industria.

6. Evitar contaminación ambiental generada por la industria al implementar el diseño.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente la empresa Denimatrix S.A. se dedica a la compra de textiles ya manufacturados y los someten a varios tratamientos de coloración para fabricar distinta ropa de vestir para su venta en el extranjero y el mercado local. Entre los equipos y maquinarias que se utilizan para los procesos productivos de la empresa se encuentran los equipos en el cuarto de calderas, y se encargan de la generación de vapor saturado seco, este se utiliza para varias operaciones y para distintos departamentos, entre los cuales se encuentran, las áreas de planchado y lavandería.

Un elemento importante en el funcionamiento de las calderas es el control de sólidos totales disueltos. Por lo que es necesario realizar purgas de agua, dependiendo de la concentración de sólidos, para evitar incrustaciones en los tubos y paredes de la caldera.

El control automático de los sólidos disueltos totales, permite mantener los niveles de concentración dentro de los parámetros permitidos, sin que ocurran pérdidas innecesarias de energía. La implementación del presente diseño de dispositivo de purga, ayudará a los controles de calidad, en lo referente a las normativas que colaboran a la no contaminación del medio ambiente.

Asimismo, para la utilización de las calderas en la industria, es indispensable el cumplimiento del Acuerdo Gubernamental 236-2006 y Normas de COGUANOR para establecer los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reusó de aguas residuales, así como para la disposición de lodos.

Para proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana y recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización.

# 1. ANTECEDENTES GENERALES

## 1.1. Inicios de la empresa en Guatemala

La empresa Denimatrix, S.A. se instaló en la ciudad de Guatemala en el 2009. Desde el inicio ha formado parte de la primera cadena de suministros verticalmente integrada en el hemisferio occidental, desde el diseño y manufactura de *jeans*, hasta la entrega de los mismos a sus clientes como producto final. Los diseños y manufactura de las piezas se realizan en Guatemala, y se exportan a más de 20 países. Pertenece la corporación PCCA, *Plains Cotton Cooperative Association*, que se encarga de procesar el algodón crudo a la tela de lona, para suplir una demanda de más de 28 millones de jeans a nivel global. Desde los primeros años han logrado un crecimiento de 25 % en sus exportaciones.

En el 2009 Llanuras de Algodón Asociación Cooperativa (PCCA), de *Lubbock Texas*, compra a Koramsa, constituyendo una nueva empresa denominada Denimatrix S.A. para elaborar pantalones vaqueros en las antiguas instalaciones de Koramsa, antes que PCCA adquiriera los activos de esta compañía, fue evolucionando con el tiempo, como se describe a continuación.

Koramsa fue la primera planta de costuras de esa envergadura, instalada en 1988 con el propósito de apoyar el desarrollo del país y a los guatemaltecos, inició en un local de costura básica para *Levis Strauss*, que daba empleo a 400 trabajadores, tenían una lavandería y cinco líneas de producción.

La empresa en 1999, inició su proceso de expansión, gracias a la buena calidad de la producción y especialmente la capacidad de creación de estilos nuevos, cada vez más empresas la contrataban para la elaboración de prendas de vestir, crean una sala de corte, juntamente con el departamento de CAD (diseño computarizado), último que ayuda a atender los pedidos de diseño y elaboración de *jeans*.

La producción crece en el 2000 encargada de brindar a los clientes la administración de paquetes completos y era el mayor proveedor de pantalones de *Levi's*, empleaba a 10 000 personas y 6 mil 320 máquinas repartidas en 150 líneas de producción, en el 2001 se fusionan formalmente producción maquila y paquetes completos.

El departamento de acabados especiales se adhiere en el 2002, convirtiendo a la empresa en una de las más grandes en Latino América y mantenía una estrecha relación con los clientes a nivel mundial.

En el 2005 se convierte en el mayor fabricante de *jeans* no solo en el país sino también en toda Latinoamérica, es el mayor proveedor de pantalones Gap, con una colaboración en la producción del 35 %, en un año albergaba 19 000 trabajadores entre mujeres y hombres, una planta de corte, seis plantas de costuras, una planta de acabados especiales, dos plantas de lavandería, una planta de planchado, dos plantas de empaquetado e inspección.

Debido a la preferencia de varios de los clientes, específicamente de Gap, hacia los productos de prenda de vestir elaborados en continente asiático generalmente de China. En el 2006 Denimatrix, S.A. disminuyó su participación en la demanda de producto de la compañía, el cual obligó a la empresa a disminuir su personal en un 52,63 % hasta la actualidad.

En el 2007 inicia la búsqueda de nuevos mercados para su producción, y logra nuevos clientes en Japón y Europa para su producción de prendas de vestir, actualmente ha conseguido clientes como Caitac, LBeen. La empresa está continuamente en movimiento en busca de nuevos clientes y mercados

Recibió en el 2010 de la Secretaría de Estados Unidos, el galardón a la Excelencia Corporativa por los logros conseguidos en la disminución del impacto ambiental en los procesos y la contribución a las comunidades, con programas educativos como becas laborales a jóvenes y jornadas médicas.

Denimatrix, S.A. es una empresa verticalmente integrada de pantalones vaqueros de moda, con sede en la ciudad capital. Es un vínculo para el estreno de minoristas y marcas, para traer rápidamente productos nuevos en el mercado de la moda no solo de Guatemala si no del mundo.

Brinda a sus clientes soluciones integradas verticalmente desde el inicio hasta el fin. Las capacidades especializadas secas y húmedas, así como su enfoque en los detalles y la forma de confeccionar de los pantalones, dan a los clientes una ventaja en este mercado cambiante siempre. Los conocimientos de los diseños creativos y tendencias dan la posibilidad de ayudar a los clientes con los detalles.

## **1.2. Información general**

La empresa fue constituida por la Asociación de Cooperativas Llaneras de algodón, para formar parte de la primera cadena vertical de suministros totalmente creada para los pantalones de mezclilla en el hemisferio occidental. La responsabilidad social de la empresa es una cultura empresarial basada en los principios y valores éticos.

Es una compañía que brinda y prestar servicio completo de confección de prendas de vestir de corduroy, *twill* y lona, la producción tiene como finalidad el mercado, europeo, japonés y norte americano.

La empresa, está comprometida a cumplir con los compromisos para con los empleados, las familias, el medio ambiente, las comunidades, y contribuye al bienestar general y el crecimiento sostenible del país. Ofrecen a los socios el acceso a tiendas de abarrotes las clínicas de medicina, farmacia, estudios básicos y becas en la institución local. También brinda a sus clientes el paquete completo por medio de diversos servicios como: costura, acabados especiales, diseño y desarrollo, corte, lavandería, secado, planchado, inspección, empaquetado y exportación de los productos.

Es una productora de pantalones y ropa de vestir en el país. Una fuente indispensable para las principales marcas y comerciantes primas para llevar rápidamente al mercado productos innovadores y adecuados para la moda. Se enfoca en ofrecer a los clientes soluciones integradas verticalmente desde cero. Las capacidades especializadas de procesamiento en seco y en húmedo, así como el enfoque en el ajuste y los detalles de construcción de los *jeans*, brindan a los clientes una ventaja en el mercado de *denim* de moda en constante cambio.

La comprensión de la empresa de las tendencias y los diseños creativos dan la capacidad de cumplir lo que los clientes desean:

- Crear colecciones que respondan a las necesidades de los clientes y que reflejen un conocimiento profundo del mercado junto con la excelencia en la experiencia tecnológica.
- Coordinar el desarrollo de productos desde el hilado hasta el acabado de

prendas de manera que maximice la innovación a precios competitivos.

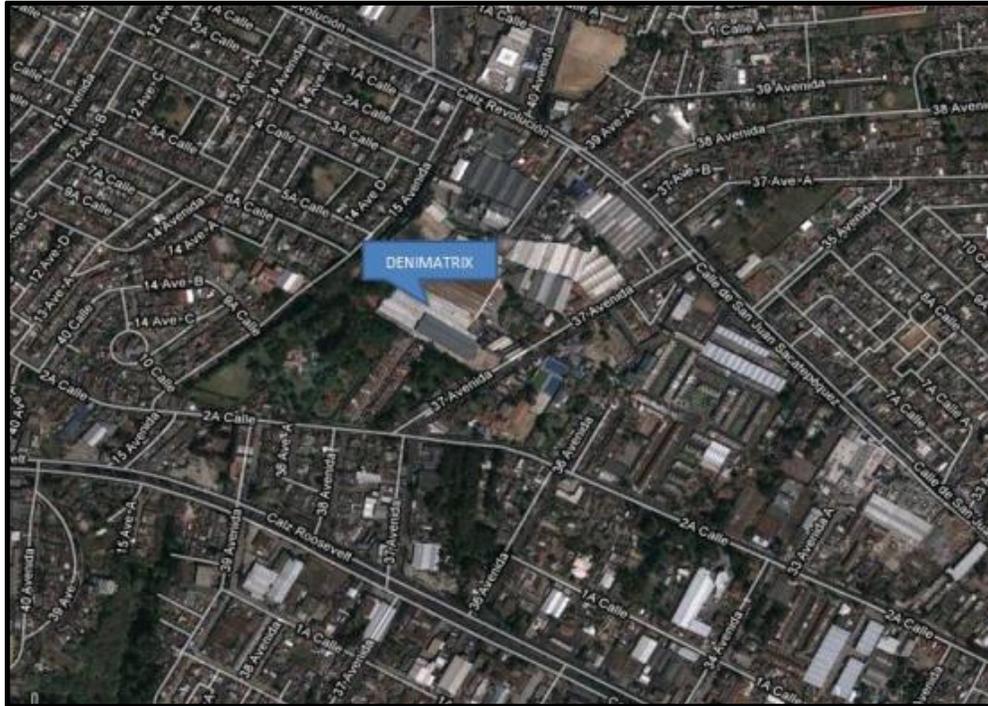
- Crear y ofrecer el producto correcto al precio correcto para cada cliente.
- Preseleccionar la oferta y ayudar a los clientes a comercializar sus líneas.

El crecimiento ha sido más del 50 % en lo que va del 2018. Produciendo 280 000 prendas al mes y teniendo alrededor de 1 500 empleados, en conjunto con esto se han abierto 300 plazas de trabajo. Asimismo, el modelo de negocio ha mejorado constantemente en los últimos 3 años siempre trayendo procesos a la vanguardia del desarrollo del sector de la empresa, guiando procesos y estrategias de manufactura globales a Guatemala.

### **1.2.1. Ubicación**

La empresa Denimatrix S.A. está ubicada 37 avenida 3-13, colonia El Rodeo, zona 7, Guatemala, Guatemala. Colinda al norte con la Calzada San Juan y el sur la Calzada Roosevelt.

Figura 1. **Ubicación geográfica de la empresa**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

### 1.2.2. Misión

“Fabricar pantalones jeans y ropa de vestir de excelente calidad, asegurando la disponibilidad y el servicio, manteniendo costos competitivos a través del aprovechamiento de los recursos. Basándose siempre en principios de ética, generando relaciones duraderas y de confianza con los clientes, proveedores y empleados.”<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Denimatrix, S.A. *Manual de normas y funciones*. p. 5.

Denimatrix S.A. por medio de la misión y visión plantea las estrategias que sigue para alcanzar los objetivos en un futuro cercano, logrando así cumplir las necesidades de los clientes, el bienestar personal de sus empleados y la rentabilidad a la compañía.

La compañía tiene como misión el vínculo entre estrategias, principios de la empresa y valores de los trabajadores, tiene relación con los propósitos, filosofía de la compañía y las estrategias empresariales, percibida como un grupo de líneas de acción y reglas de decisión que ayuda a prosperar ordenadamente hacia las metas y objetivos de la empresa.

### **1.2.3. Visión**

“Ser una empresa que ofrece la mejor opción en la confección de pantalones jeans y ropa de vestir, con una constante innovación en diseños y productos de excelente calidad, disponibilidad y servicio, teniendo cobertura a nivel nacional, siendo reconocidos por la solidez y valores apegados a la ética.”<sup>2</sup>

La empresa hace referencia a la visión para al perfil que se desea para la compañía en el futuro próximo, con especial interés con respecto a otras compañías rivales. Al examinar la situación actual referente a lo deseado en el futuro se plantean las metas a corto, medio y largo plazo, es indispensable una intención estratégica.

---

<sup>2</sup> Denimatrix, S.A. *Manual de normas y funciones.* p. 6.

#### **1.2.4. Objetivos**

- General

Ser la fábrica líder en manufactura de *jeans* en el hemisferio occidental proveyendo a los clientes *jeans* de la mejor calidad posible, de la manera más eficiente posible y en el menor tiempo posible y a la vez dar la oportunidad de trabajo a las familias guatemaltecas.

- Específicos

- Contar con la tecnología avanzada y adecuada para una eficaz elaboración de pantalones *jeans*.
- Realizar creativamente *jeans* que se ajusten a los gustos de los clientes, siempre en la creatividad de los diseños.
- Lograr la máxima diferenciación del producto respecto a los competidores de la empresa.
- Satisfacer la demanda de los clientes con materiales de buena calidad y con precios accesibles implementando procesos eficaces.
- Buscar la generación de utilidades que permitan el sostenimiento del negocio y así poder generar empleos directos.

#### **1.2.5. Valores empresariales**

“Los valores son las conclusiones de la misión y visión de la empresa, la manera en que se pone en la práctica y todos los factores de una compañía actúan bajo varios valores compartidos que la distingue de las demás y potencialmente la lleva hacia el triunfo.”<sup>3</sup> Por lo tanto, los valores son los

---

<sup>3</sup> GARCIA, Salvador. y DOLAN, Shimon. *La dirección por valores*. p. 10.

modelos de comportamiento en la misma y deben ser el parámetro para el establecimiento de las metas y la práctica en coherencia con las perspectivas estratégicas y culturales.

Los valores son también las cualidades que brinda una guía ética de valores, acorde a las reglas de conducta y actitudes en la empresa. Denimatrix S.A acciona de acuerdo a los siguientes valores:

- Excelencia: ejecutar eficientemente las tareas desde la primera ocasión, superar las expectativas esperadas, hacer uso lógico de los recursos.
- Cumplimiento: comprometidos a efectuar con calidad, a tiempo, y eficiencia todo aquello que corresponda realizar para la completa satisfacción de los clientes de la empresa.
- Disciplina: realizar consistentemente los procedimientos y normas establecidas.
- Honradez: se actúa de forma leal e íntegra en la relación con los clientes y empleados de la empresa.
- Respeto: valorar y respetar a todos los empleados en la compañía, por ello cumplir con las políticas y normas internas establecidas, velando por un buen clima laboral en la empresa.
- Calidad: buscar la calidad integral de los colaboradores, procesos y productos, de acuerdo a las actuales exigencias del mercado y la globalización.
- Innovación: seres abiertos a los cambios, buscando la mejora continua y diferenciación competitiva a partir de la investigación, análisis y creatividad.
- Trabajo en equipo: poner a disposición del equipo la confianza, talentos y entusiasmo para alcanzar los objetivos comunes con resultados superiores.

- Responsabilidad social: estar comprometidos con el uso racional y responsable de los recursos, generando productos que mejoren la calidad de vida de los colaboradores, clientes, sociedad y el cuidado del medio ambiente, a través del crecimiento económico y competitividad de la empresa.

### **1.3. Tipo de organización**

Denimatrix S.A. es una organización formal. Esto porque dicha organización posee sistemas y estructuras oficiales y definidas para el control, las decisiones a tomar y la comunicación. Esto lo que permite es la definición de cómo y dónde se separan las actividades y personas, así como también se las reúne nuevamente. Según el grado de centralización se le conoce como centralizada. A diferencia de otras organizaciones, en estas la autoridad de toma de decisiones está concentrada en el sector superior. A los niveles inferiores se les delega poca autoridad, en este caso a los operarios de las líneas.

Es una empresa con fines de lucro, y específicamente busca adquirir ganancias o utilidades, para sus accionistas y propietarios, por medio de las actividades que realizan o roles que desempeñan en la determinada sociedad.

Denimatrix S.A. cuenta con una organización lineal, ya que es de conformación piramidal, donde cada jefe recibe y transmite todo lo que sucede en su área, cada vez que las líneas de comunicación son rígidamente establecidas. Sus características específicas son las siguientes:

- Autoridad lineal y única: es la autoridad del superior sobre los subordinados, en este caso del Gerente general de la empresa. Cada

subordinado se reporta solamente a su superior, tiene un solo jefe y no recibe órdenes de ningún otro.

- Líneas formales de comunicación: la comunicación se establece a través de las líneas existentes en el organigrama de puestos. Cada superior centraliza las comunicaciones en línea ascendente de los subordinados.
- Centralización de las decisiones: su característica es el desdoblamiento y convergencia de la autoridad hacia la cúspide de la organización. Solo existe una autoridad suprema que centraliza todas las decisiones y controla la organización.

La empresa Denimatrix S.A. está administrada por un presidente y se compone por 6 jefaturas y un gerente de planta, para organización, control, planificación y desarrollo del departamento de producción de la compañía. A continuación, se presentan las funciones del personal de la empresa.

- Gerente de planta: es la persona encargada de coordinar, controlar planificar y dirigir los planes y objetivos de la compañía, estableciendo las guías que han de cumplirse para que estos se cumplan y funcione.
- Jefe de producción: es el encargado para que el área que tiene a su cargo elabore el producto, priorizarlo y determinarlo. Tienen la función de controlar las líneas de producción y cada línea tiene un supervisor, estos jefes también se encargan de la calidad del producto, revisan la entrada de suministros a la bodega y que las líneas de producción cumplan con lo necesario para que la plantas sean eficiente, tienen de apoyo a los ingenieros y mecánicos, para tener en orden los procesos, así como tiene a su cargo el despido y contratación de personal con el apoyo de RRHH.
- Jefes de áreas de producción: se encarga de controlar y coordinar la labor de los supervisores con el fin de que ellos cumplan con los objetivos planteados.

- Supervisores: coordinara las tareas de cada uno de los empleados para cumplir los objetivos diarios.
- Operarios y ayudantes: los operarios son los encargados de efectuar la labor de ensamble, piso, contratados según las actitudes y tienen que hacer las tareas que se les sean asignadas, tiene competencias en máquinas de costuras, en collareteras, pretinadoras, planas, *overlock*, entre otros, ellos forman las líneas de producción de la empresa. Los ayudantes efectúan las mismas labores del operario, pero aún no se le asigna una labor en específico debido a que se les está preparando para hacer alguna de las operaciones en específico en las líneas de producción de la empresa.
- Jefe de mantenimiento: se encarga de realizar el mantenimiento preventivo y correctivo a toda la maquinaria de costuras existentes en la planta y solucionar las posibles fallas.
- Jefes de áreas de mantenimiento: tienen a su cargo más de 5 empleados y velan porque la maquinaria funciones al 100 % también hay electrónicos electricistas, que ayudan a los mecánicos, ellos también programan mantenimiento preventivo de las maquinas dentro del área, y apoyan a los ingenieros en los cambios de estilo, probando y validando la maquinaria que ingresara a cada línea de la compañía.
- Mecánicos: son los encargados de estar a la orden del día y de velar por la corrección de las fallas que se produzcan dentro de la línea de producción, cuentan con sus instrumentos, y los jefes de área e ingenieros tiene también control de ellos para ayudar en las líneas de producción; cuentan con una hoja de control de tiempos muertos y tiempo de reparación, para evaluarlos cada semana y mejorar.
- Jefe de ingeniería: es el responsable de desarrollar, mejorar y planificar los métodos y puestos de trabajo lo que ayuda a los operarios efectuar su trabajo de una manera eficaz y eficiente, para alcanzar los niveles de

calidad y producción planificados en la empresa.

- Ingenieros de planta: son los responsables de velar por el rendimiento de la planta, velar por la mejora continua de los procedimientos de producción, métodos de trabajo, llevan también los datos que indican eficiencia, rentabilidad, calidad, control de los tiempos muertos y reparación en los cambios de estilo, tienen a su cargo velar por el requerimiento y cambio de maquinaria para los cambios de estilo en las líneas de producción del departamento.
- Ingeniero de módulos de partes pequeñas: es ingeniero al igual que el ingeniero de planta, tiene las mismas funciones, la diferencia es que este último debe de velar por la introducción del producto antes que entre al departamento de costuras para el ensamble final, la capacidad y eficiencia tiene que ser igual a la del ingeniero de planta para que la eficiencia de los procesos sea rápida.
- Asistente de ingeniería: ayuda a los ingenieros de planta y de módulo de partes pequeñas de la planta para la toma de tiempos y efectuar los balances de líneas, asimismo, ayuda al ingeniero de planta para la recopilación y toma de información de los cambios de estilo, tiempos muertos, rentabilidad, indicadores de calidad, entre otros., apoya con la toma de tiempos para estandarizar los procesos.
- Jefe de calidad: es el encargado de que el producto terminado no esté defectuoso o este con el menor defecto posible, en caso de que salga todo el lote defectuoso los regrese a la línea de producción para su reparación lo antes posible.
- Jefes de áreas de calidad: cuentan con al menos 5 ayudantes que están en las líneas de producción, estos jefes validan y autorizan el producto terminado, si cumple con las especificaciones de tallas, acabados especiales, medidas, y autorizan sean empacados y enviados a los siguientes procedimientos.

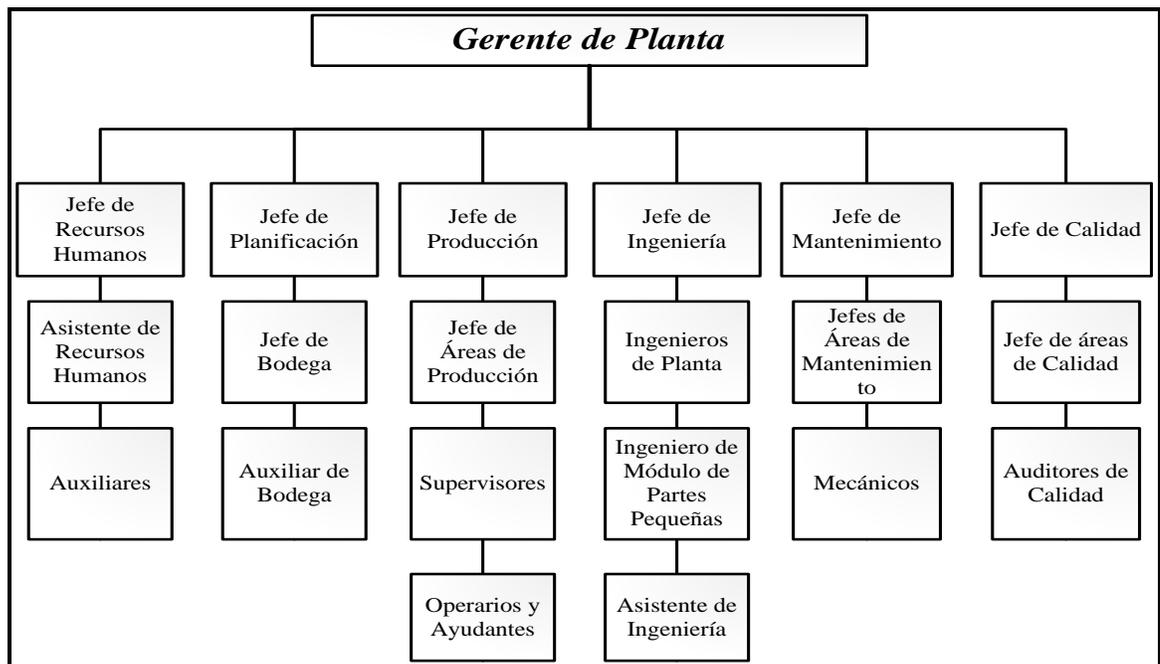
- Auditores de calidad: son subordinados de los jefes de calidad, son auditores son los responsables de velar que el producto que sale al final de la línea cumpla con los requerimientos, también inspecciona que el operario tenga sus implementos de seguridad industrial, no emplee tijeras, mucho menos cuchillas afiladas, sino que lo permitido en la planta de producción.
- Jefe de planificación: responsable de la planificación de todos los cortes y lotes de productos terminados, los que serán entregados, los que entraran a la línea, así como los que ya están en la línea de producción y asimismo, revisa que todos los cortes y lotes que se trabajen en planta tengan todos los accesorios en el momento de su empaque.
- Jefe de bodega: se encarga de suministrar los accesorios a la planta de costura como; hilos, remaches, botones, zipper, entre otros. también tiene a su cargo velar por la cantidad de producto que se entrega, porque sea el producto correcto y porque los proveedores de la materia prima entreguen los suministros a tiempo, porque de lo contrario se atrasarían en el proceso de ensamblado en la planta de la empresa.
- Auxiliar de bodega: es el encargado del despacho de los accesorios a los supervisores de línea como de módulo a la planta de costura como son: zipper, hilos, remaches, accesorios, botones, entre otros, también debe revisar por la cantidad de producto que entrega, porque sea el correcto para el estilo que esta por entrar en el área de costura.
- Jefe de recursos humanos: encargado dentro de la planta de velar por los despidos y contrataciones de cada planta, así como velar por la capacitación, tienen a su cargo la seguridad industrial, el programa de primeros auxilios, jornadas médicas, entre otros., se encarga también que los operarios se sientan seguros en su trabajo y no sean menospreciados ni lastimados por sus superiores, se sabe que es una compañía solidaria, por lo que no tienen sindicato y cuentan con médicos, tiendas de

abarrotes, farmacia para apoyo de los empleados de la compañía.

- Asistente de recursos humanos: encargado de apoyar al jefe y tiene a su cargo la realización de permisos al IGSS, planillas de pago, carteles informativos, suspensión temporal de trabajo y capacitaciones de los operarios, así mismo se encargan de evaluar a los futuros empleados antes de pasar al departamento de recursos humanos de la empresa.
- Auxiliares: son los encargados de los controles y asistencia apoyan al asistente de recursos humanos y son los responsables de motivar e incentivar con música, actividades y premios, que se organizan, con la autorización del jefe de recursos humanos, para los trabajadores.

En la figura 2 se visualiza el organigrama se presenta la estructura actual de planta de la empresa Denimatrix S.A.

Figura 2. Estructura organizacional



Fuente: elaboración propia.

### **1.3.1. Caracterización**

Es la industria que contiene un conjunto de procesos y actividades que tienen como finalidad transformar las materias primas en productos elaborados, en este caso *jeans* y ropa de vestir. Dicha industria cuenta con maquinaria de alto nivel para poder ejecutar la transformación de dichos materiales.

La industria trabaja en producción en masa, porque contempla la elaboración de cientos de *jeans* en una misma serie, indicando que la producción no es permanente, hay siempre plazos de inicio y de fin de ciclo. La clave del logro de la producción continúa de Denimatrix, S.A esta en la alineación de recursos e información en los distintos niveles y jerarquías que lo componen. Una de las más principales fortalezas de la empresa es saber obtener el mejor precio de las prendas y venderlas al mercado, de la mano van las buenas relaciones públicas que poseen.

Asimismo, se caracteriza por permanecer en el mercado sin hacer grandes modificaciones, lo conoce muy bien y su administración está completamente organizada y estructurada de forma que la industria sea líder y posea influencia; con lo que genera y mantiene relaciones a largo plazo.

Cuenta con principios que se basan en las libertades y normas que los trabajadores deben respetar para realizar cómodamente su labor, además de las metas organizacionales, que son establecidas en la empresa en general, son algunas de las características que toda empresa debe efectuar para posicionarse y mantener en el mercado de la industria.

- Principios
  - Protección y libertad de asociación y al derecho de organización
  - Eliminación de trabajo compulsivo
  - Protección al trabajo juvenil e infantil
  - Pago de horas extras más salario mínimo
  - Prohibición de la discriminación en el trabajo
  - Pago igual a hombres y mujeres
  - Prevención de accidentes laborales y enfermedades
  - Compensación en caso de enfermedad o accidente laboral
  - Protección a los empleados migratorios
  - Derecho a convenios colectivos
  - Poseen derecho a huelga en la empresa
- Metas organizacionales
  - Alcanzar la rentabilidad por medio de la excelencia operativa, la satisfacción del cliente, consolidar la expansión y servicios ya definidos, con empleados altamente calificados.
  - Satisfacción, tiempo, rentabilidad, calidad, personal calificado.
  - Cumplir la visión, ser la empresa ser líder en Latinoamérica, que brinde un servicio completo en la elaboración de *jeans*, con calidad y excelencia el menor tiempo para satisfacer las necesidades del cliente.

### **1.3.2. Situación de mercado**

Denimatrix, S.A. está bien establecida en el mercado nacional e internacional, ya que se realizan ventas en ambos lados. En Guatemala se estima que hay aproximadamente 5 0000 pequeños confeccionistas y están registradas 244 fábricas de vestuario, con lo que hay aproximadamente más de 20 000 empleados. La empresa se enfoca en aprovechar los menores costos de

la mano de obra del país donde se establece, sin tener que someterse al sistema de aranceles vigente. Atiende la creciente demanda de necesidades y exigencias innovadoras por parte de industrias, comercios y particulares, buscando consolidar la identidad de marca de los clientes, brindando, desarrollo y soluciones ingeniosas que conjugan la relación costos y beneficios.

Actualmente la empresa American Denimatrix S.A. se dedica al diseño, desarrollo y comercialización de prendas de vestir utilizando como materia prima la lona o mezclilla. Atiende el mercado norteamericano y europeo y tiene como clientes principales a: Abercrombie, Gap, Guess, Hollister, American Eagle, entre otros distribuidores importantes en el mundo de la moda.

La comprensión de las tendencias y los diseños creativos dan la capacidad de dirigirse a lo que los clientes quieren por:

- Creación de colecciones que responden a las necesidades de los clientes y que refleja un profundo conocimiento del mercado, junto con la excelencia en los conocimientos tecnológicos.
- Coordinar el desarrollo de productos a partir de hilados para el acabado de prendas de vestir de una manera que maximiza la innovación a precios competitivos.
- Crear y ofrecer el producto adecuado al precio adecuado para cada cliente.

#### **1.4. Planeamiento de área de calderas y manejo de materiales**

Se plantea que la red de distribución del vapor desde la caldera al lugar de uso es de gran importancia, porque es la responsable de conducir, precisamente, el vapor producido en la caldera hacia las diversas áreas de

demanda existentes en el proceso industrial. Las dimensiones deben ser las indicadas, de tal manera que el vapor llegue a los equipos térmicos a las condiciones requeridas.

Las calderas de combustión están situadas dentro de lo posible en un lugar donde se encuentren protegidas de daños provocados por agentes externos. Están instaladas escaleras, plataformas para inspección, operación y mantenimiento de las calderas con accesorios. Se cuenta con buena iluminación en todo momento donde se encuentran las calderas, las tuberías están diseñadas e instaladas para permitir expansiones y movimientos sin que la caldera sea sometida a esfuerzos excesivos. De otra forma las tuberías de purga están localizadas de modo que puedan fácilmente inspeccionarse con la debida seguridad, las tuberías y conexiones deberían estar ancladas y cimentadas con el fin de soportar la presión de trabajo de las calderas. Las válvulas de purga y grifos están colocadas en forma accesible.

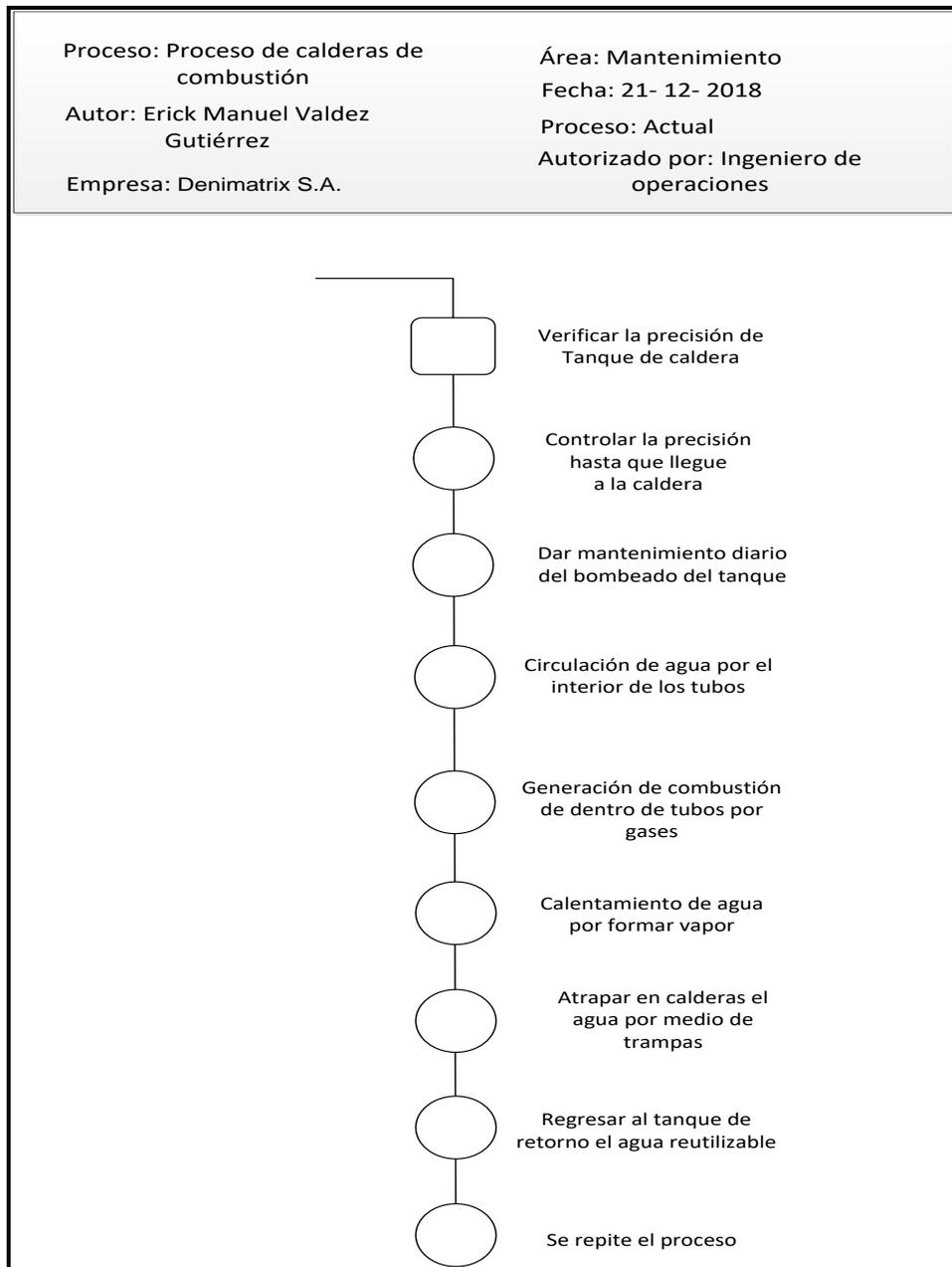
Los manómetros están diseñados con tamaño y proporción de forma que la graduación y posición de la aguja pueda fácilmente ser determinadas por la visión de las personas encargadas de trabajar en las calderas.

#### **1.4.1. Diagrama de operaciones**

El proceso actual, inicia con la verificación de precisión del tanque de caldera, continua con el control de la precisión hasta que llegue a la caldera, seguidamente se le da mantenimiento diario del bombeado del tanque, continuando con la circulación de agua por el interior de los tubos, seguidamente se da la generación de combustión dentro de tubos por gas, seguido del calentamiento de agua por formar vapor, una vez realizados estos pasos se atrapa en las calderas el agua por medio de trampas, después se

regresa al tanque de retorno el agua reutilizable y se repite el proceso, tal y como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Diagrama de flujo de caldera de combustión

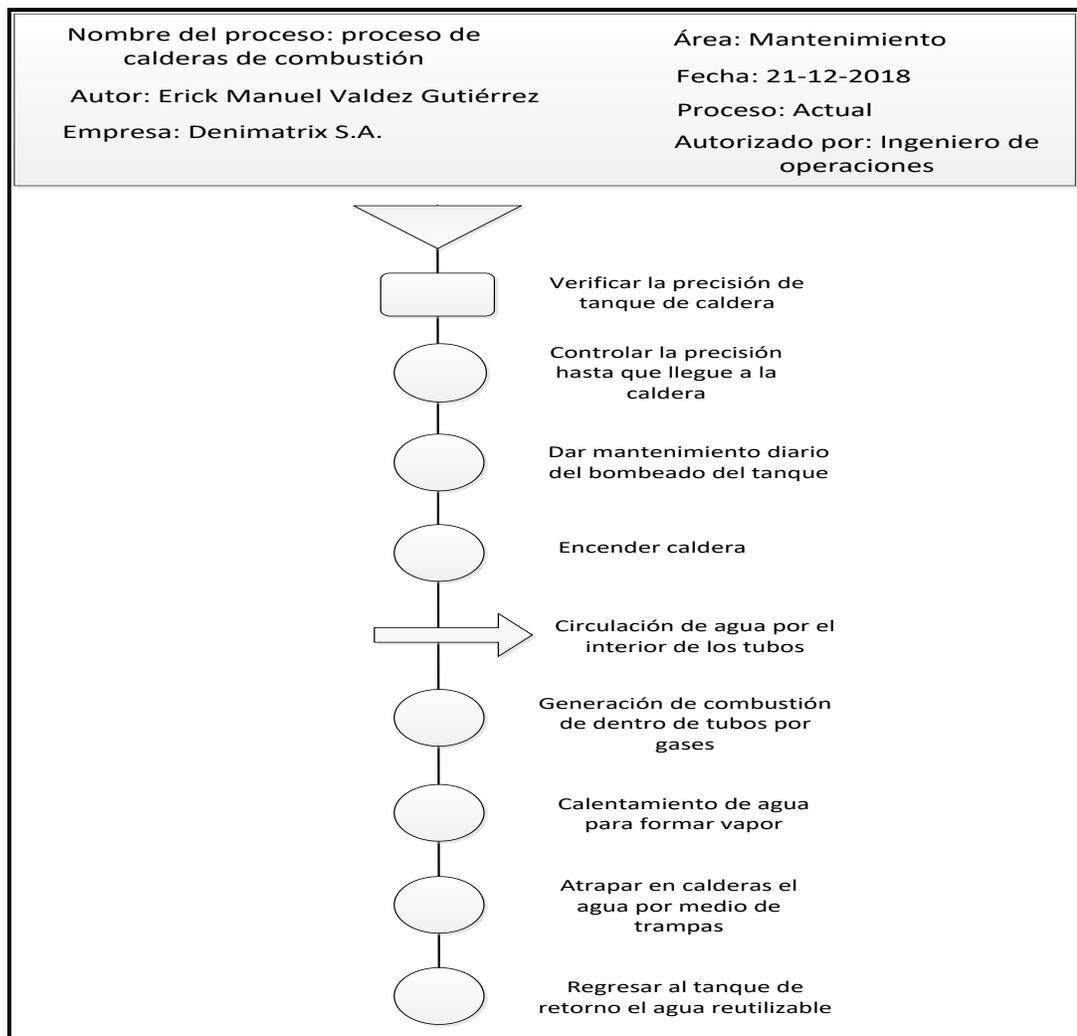


Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2019.

### 1.4.2. Diagrama de flujo

El proceso actual de calderas de combustión comienza con la verificación de precisión del tanque de caldera, continua con el control de la precisión hasta que llegue a la caldera, tal y como se muestra en el siguiente diagrama.

Figura 4. Diagrama de flujo de caldera de combustión



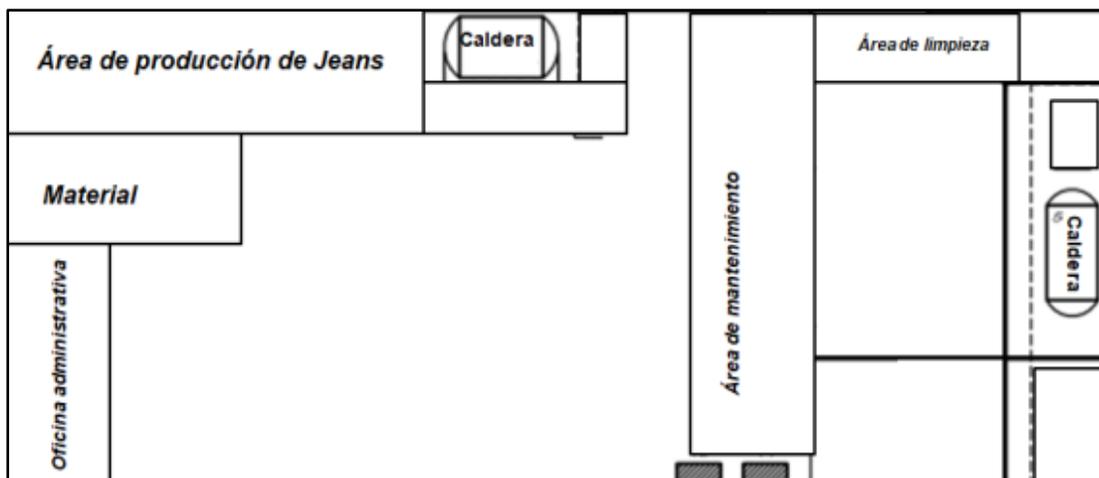
Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2019.

### 1.4.3. Distribución de calderas de combustión

Las calderas de combustión en la empresa Denimatrix S.A. están distribuidas en áreas reclusas donde no cualquier persona que labora en la empresa puede ingresar. La empresa cuenta con 2 calderas distribuidas en zonas distintas. La primera está al lado del área donde el personal está trabajando, específicamente en un cuarto al lado de la producción de *jeans* y la segunda caldera de combustión está fuera de las líneas de producción esta se encuentra sola.

Algo fundamental en estas calderas de combustión es el funcionamiento correcto de los quemadores, prestando especial atención a la comprobación que la pulverización se realice correctamente con los combustibles. La verificación y limpieza sistemáticamente de las cabezas de pulverización es elemental en el proceso ya sea mecánica o asistida.

Figura 5. Distribución de calderas en la planta de producción



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2019.

#### **1.4.4. Distribución de acuerdo al proceso**

Las calderas instaladas en la empresa trabajan con calor, y es aportado, porque transmite un fluido, generalmente agua, que se vaporiza y se transporta a un equipo consumidor, en el que cede esa energía. Según por como discurren los humos de combustión y por donde lo hace el agua, las calderas se clasifican como pirotubulares.

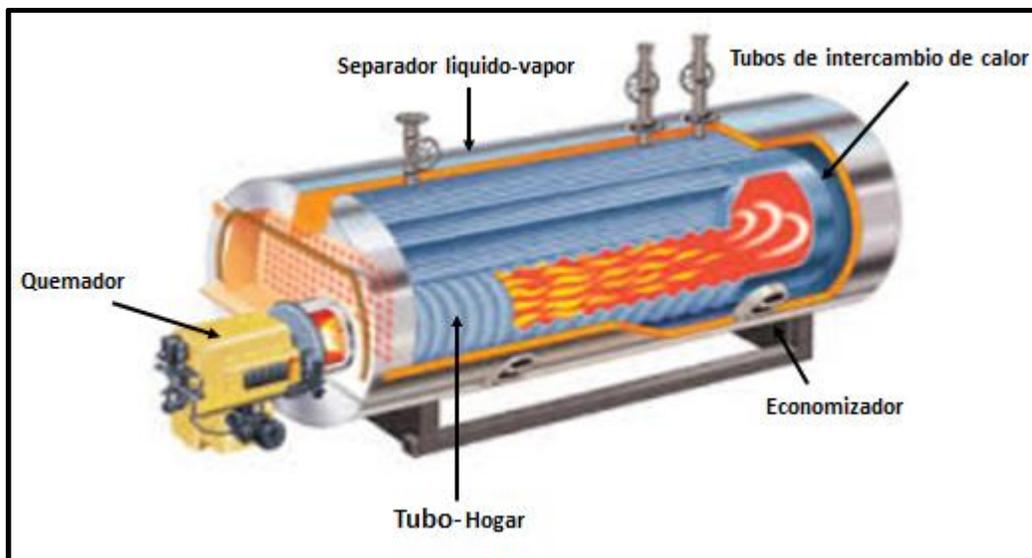
Estas son las que tienen la peculiaridad de que los gases calientes pasen por dentro de los tubos y por el área exterior están rodeados de agua. Esta clase de calderas es conveniente únicamente para presiones bajas. Son de disposición horizontal, tres fases de gases y cámara posterior de inversión completamente refrigerada por agua. Los hogares son de baja carga térmica y amplias dimensiones para ayudar el acatamiento de la normativa sobre medio ambiente. Están desplazados del eje vertical de la caldera para optimar la circulación del agua y, al mismo tiempo, permitir una optimización en la distribución de las superficies de calefacción, así como volumen de vapor y agua.

Las calderas pirotubulares se componen de un hogar responsable de quemar el combustible. Los humos de la combustión se transportan por medio de los tubos cediendo su energía por convección hacía el agua. Las calderas pirotubulares en su defecto son tubos que envían el agua por medio de un hogar donde se quema el combustible preciso para convertir el agua a vapor.

Para el correcto funcionamiento y proceso de las calderas de combustión se mencionan las siguientes partes fundamentales:

- Quemador: sirve para mezclar el combustible con aire y quemarlo.
- Hogar: alberga el quemador en su interior, y en él se realiza la combustión del combustible y la generación de los gases calientes.
- Tubos de intercambio de calor: el flujo de calor desde los gases hasta el agua tiene lugar a través de su superficie. También en ella se generan las burbujas de vapor.
- Separador líquido-vapor: es necesario para separar las gotas de agua líquida en suspensión en la corriente de vapor.
- Economizador: es un equipo de intercambio de calor para precalentar el agua líquida con los gases aún calientes, antes de alimentarla a la caldera.

Figura 6. Partes de caldera pirotubular



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2019.

## **1.5. Agua residual**

La relevancia del tratamiento del agua residual es sumamente significativa para la salud pública y debe tratarse cuidadosamente. El agua residual está conformada de componentes biológicos, físicos y químicos. Es un conjunto de materiales inorgánicos u orgánicos, suspendidos o diluidos en el agua, que resultan del uso doméstico o industrial. Se les denomina también aguas negras o aguas servidas.

### **1.5.1. Definición**

Se define como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias. Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene en este caso de una planta de producción. De acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas como:

- **Domésticas:** las utilizadas con fines higiénicos como baños, cocinas, lavanderías, entre otros. Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación, también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.

Las aguas residuales urbanistas presentan una cierta uniformidad en cuanto a composición y carga de contaminantes, y los aportes van a ser siempre los mismos. Pero esta uniformidad tiene unos márgenes muy extensos, y los factores de cada vertido urbano van a depender de las personas, hábitos y

condiciones de vida de las comunidades, también el volumen de éstas cambiará según los horarios.

El agua residual fresca emerge como un líquido turbio de color gris o amarillento con olor putrefacto, en este van partículas suspendidas de, residuos orgánicos, papel, materiales sintéticos, sedimentos y heces. Cuanto más largo sea el colector que los transporta y más turbulento el flujo en las alcantarillas, más pequeñas serán las partículas presentes en el agua.

- **Industriales:** son líquidos producidos en los procesos industriales. Tienen características determinadas, dependiendo de clase de industria. Las aguas residuales industriales son las que proceden de cualquier actividad industrial en cuyo procedimiento de transformación, manipulación y producción, se emplee el agua, incluyéndose las aguas de proceso, las aguas de drenaje y aguas residuales.

Son considerablemente variables en cuanto a composición y caudal, difiriendo los factores de los vertidos, no solo industriales, sino también dentro de una misma clase de industria. Por lo habitual, estas son más contaminadas que los líquidos residuales domésticas, además, con una contaminación mucho más perjudicial para el ambiente.

- **Infiltración y caudal adicionales:** las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, entre otros. Hay también aguas pluviales, que son descargadas por medio de varias fuentes como: canales, drenajes y colectores de aguas de lluvias. Estas provienen de aquellos cuerpos de agua superficiales que ingresan directamente en el sistema de alcantarillado.

- Pluviales: agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta es drenada y otro escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.
- Características cualitativas del agua residual: las aguas residuales domésticas están compuestas por un elevado porcentaje en peso de agua, cerca de 99,9 % y apenas 0,1 % de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos. Esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y su disposición. El agua es, en parte, el medio de transporte de los sólidos. El agua residual está compuesta de componentes físicos, químicos y biológicos, esta es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua.
- Importantes contaminantes en aguas residuales
  - Sólidos suspendidos: pueden llevar al desarrollo de depósitos de barro y condiciones anaerobias, cuando los residuos no tratados son volcados en el ambiente acuático.
  - Materia orgánica biodegradable: compuesta, principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas, por lo general, se mide en términos de DBO y DQO. Si es descargada sin tratamiento al medio ambiente, su estabilización biológica puede llevar al consumo del oxígeno natural y al desarrollo de condiciones sépticas.
- Concentración de agua residual: cuanta más alta sea la cantidad de materia orgánica contenida en un agua residual, mayor será su concentración. El término materia orgánica se utiliza como indicativo de la cantidad de todas las sustancias orgánicas presentes en un agua residual.

### **1.5.2. Características**

Denimatrix, S.A es consciente que el buen estado biológico únicamente se puede alcanzar como respuesta a las condiciones adecuadas del marco abiótico donde se desarrolla, por lo tanto, los indicadores fisicoquímicos del medio son considerados condicionantes e interpretativos de los indicadores biológicos.

Los parámetros fisicoquímicos se estudian mediante la combinación de diversas ciencias, como la química, la física, termodinámica y electroquímica. Cambios en la temperatura, presión, volumen, calor y trabajo en los sistemas, sólido, líquido o gaseoso se encuentran también relacionados a estas interpretaciones de interacciones moleculares. De acuerdo con el reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, emitido por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales Guatemala, Acuerdo Gubernativo 236-2006, se deben realizar los siguientes análisis:

- Físicas: dan una información muy clara de determinadas características del agua residual, las más importantes son: aspecto, color, turbiedad, olor, sólidos totales y temperatura.
- Aspecto: el agua residual tiene un aspecto físico muy diferente al del agua pura, porque la residual contiene un porcentaje de agua pura del 99,9 % y un 0,1 % de impurezas del peso total del agua residual.

También se presentan los residuos sólidos que están contenidos dentro de los elementos físicos. Las aguas residuales contienen diferentes clases de materiales sólidos que van desde hilachas, hilos hasta materiales coloidales, en la caracterización del agua, los materiales más gruesos son removidos generalmente antes de analizar los elementos sólidos.

- Color: la coloración del agua puede clasificarse en verdadera o real cuando se debe solo a las sustancias que tiene en solución, y aparente cuando su color es debido a las sustancias que tiene en suspensión.

Los colores aparentes son casi idénticos en agua escasa con turbidez y el agua clara. Consiste en el cotejo del agua con una clase de patrones de soluciones coloreadas de cloroplatinato de cloruro de cobalto, ácido clorhídrico y potasio. Este método se basa en que la mezcla de tales sustancias de colores muy similares al color del agua natural es muy útil para medir el color del agua procedente de materias orgánicas tales como ramas, cortezas, raíces, humus y residuos vegetales.

No se recomienda, medir el color del agua industrial con alta concentración de colorantes. Si se desean realizar comparaciones entre muestras de color, deben ajustarse a valores de pH similares, porque el color cambia como función del pH. Se propone un valor de pH de 8,3, ya que este es un valor representativo de agua potable tratada.

- Olor: los olores característicos de las aguas residuales son causados por los gases formados en el proceso de descomposición anaerobia.

El olor puede ser denominado como una clase de sensaciones percibidas por el olfato al captar ciertas sustancias volátiles. El proceso generalmente empleado es el de ir diluyendo el agua e inspeccionar hasta que no presente ningún olor perceptible. En consecuencia, se da como un número que indica el límite de percepción del olor y corresponde a la dilución que da olor perceptible. Debido al examen subjetivo de las medidas, es recomendable que esta la realicen al menos dos sujetos distintos, cotejando la percepción del agua desodorizada con la del otro sujeto, también debe evitarse la presencia de otros olores en el entorno. Por

último, el examen del sabor se efectúa por degustación del agua a evaluar, iniciando por grandes diluciones, que se van reduciendo hasta la aparición del sabor. Este ensayo se efectúa únicamente en aguas potables.

Para estas pruebas se emplea agua inodora e insípida diluida por medio de filtración por un lecho de carbón activado como punto de cotejo, también estas pruebas deben realizarse a una temperatura no mayor a 40 °C.

## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1. Servicio público**

Los servicios públicos de la empresa consisten en el suministro de agua, electricidad y gas, los cuales son fundamentales y desempeñan un papel esencial en el desarrollo económico y social en la misma. El servicio público con el que cuenta la empresa se suministra con un criterio técnico gerencial y con cuidadosa consideración a las funciones del proceso administrativo, el cual consiste en la planificación, coordinación, dirección, control y evaluación, tanto en el sentido material y operativo.

Se dice que es un servicio público comercial, y se basa en atender necesidades de interés general o los destinados con fines lucrativos y no a satisfacer necesidades colectivas. Esto significa que el Estado decide suministrar prestaciones directa o indirectamente a la colectividad. El servicio público antes mencionado corre en toda la empresa y todas las personas tienen acceso al mismo sin restricción alguna.

Para Denimatrix S.A. el alcance de los servicios públicos es la magnitud con la que se prestan dichos servicios, calculando riegos tanto para la empresa como para el recurso humano y para la producción; de igual manera la empresa es previsorá al momento de brindar los servicios públicos.

Es preciso agregar, que, en tanto al funcionamiento, los servicios públicos tienen como principal objetivo la buena calidad a la hora de su prestación, lo cual abarca el disfrute de condiciones esenciales y básicas, que debe cumplir el

servicio de acuerdo según sea su naturaleza. En contraposición los usuarios y beneficiarios de los servicios públicos, estos deben darle el trato correcto a efecto de mantener en condiciones óptimas cada servicio brindado y mantenerlos así la mayoría de tiempo.

La administración del servicio público generalmente está organizada de manera directa por la administración de la empresa objeto de estudio; ejerciendo la actividad de suministrar adecuadamente dichos servicios.

### **2.1.1. Agua de pozo**

El agua es considerada la esencia de la vida, también el agua potable y el saneamiento son indispensables para la vida y la salud, y fundamentales para la dignidad de toda persona. Es decir, que el agua es un elemento indispensable para la vida de cada individuo. En la empresa objeto de estudio, el agua para el recurso humano se utiliza para beber y en ocasiones para producción de alimentos, e higiene personal, no obstante, puede ponerse en riesgo por la contaminación de químicos, agentes infecciosos o radiación.

La calidad del agua es imprescindible para el desarrollo y el bienestar de la empresa, en otras palabras, una empresa debe contar con los servicios de agua potable, promoviendo la salud a cada trabajador de la misma, además del suministro adecuado para abastecer el agua suficiente para el proceso comercial de la empresa.

Sobre todo, es imprescindible mencionar el término calidad del agua, porque es relativo, referido a la composición del agua en la medida en que ésta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas. Es un término neutral que no puede ser

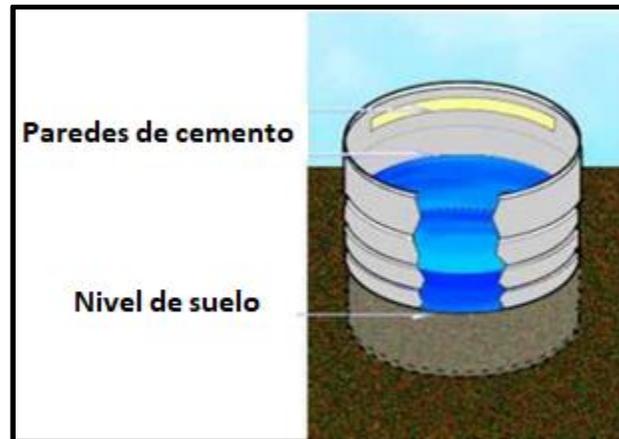
clasificado como bueno o malo, sin hacer referencia al uso para el cual el agua es destinada.

Con base en lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua, variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano, el agua potable, en este caso para el recurso humano de la empresa y actividades de producción. Para la industria textil, el agua es un insumo fundamental, sobre todo en el proceso de teñido de hilos y telas.

El agua es parte esencial de los procesos iniciales de lavado antes del tratamiento de materias primas, así como además en la decoloración a través de sustancias cloradas, procesos de teñido y acabado de prendas, que implica nuevos lavados, tratamientos. Además, el agua también se dispone para procesos como limpieza de instalaciones y equipos.

La empresa Denimatrix S.A., cuenta con 2 pozos de agua, en los cuales se realiza una prueba de calidad al agua todos los años para que esta no sea dañina al consumidor. Dichos pozos tienen forma cilíndrica y las paredes están aseguradas con cemento para evitar derrumbes. Cada pozo almacena niveles de agua de  $[(450m)]^3$ , es de tamaño regular con lo que hay contaminación, y hace que el agua del pozo sea apta para tareas como limpieza, porque al querer desinfectar totalmente el agua en el pozo tardaría mucho tiempo y no se realizarían las actividades a tiempo.

Figura 7. **Estructura de pozo de agua**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2019.

### **2.1.2. Energía eléctrica**

La empresa cuenta con energía eléctrica en todas las áreas de la misma, dicha energía es distribuida por la Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA). Por ella es que se puede contar con la producción continua de ropa en las líneas de producción. La industria consume casi tanta energía como el transporte, esto por causa de la energía eléctrica. Al mismo tiempo produce toda clase de sustancias contaminantes e impactos sobre el medio ambiente.

En el caso de la empresa, puede aumentar su eficiencia energética de manera radical sin arruinarse por el camino, esto gracias a la experiencia en el transcurso de los años con la implementación de energía. Se trata siempre de ahorrar energía, porque se preserva el medio ambiente y la industria quiere formar trabajadores conscientes de ello.

En la misma secuencia es preciso mencionar, que el motor, es una máquina que convierte la energía eléctrica en energía mecánica, usando las fuerzas ejercidas por campos magnéticos elaborados por la circulación de corriente por medio de conductores.

En otras palabras, los motores son máquinas eléctricas que transforman la energía eléctrica en energía mecánica. Son la contraparte de los generadores, los cuales realizan la conversión inversa y su manera constructiva es prácticamente la misma, ambos cuentan con una parte fija denominada estator y una parte móvil denominada rotor. Es preciso mencionar que el principio de funcionamiento de un rotor reside en dos campos magnéticos rotatorios, generados como la ley de Ampere refiere, por la circulación de corriente por medio, de una espira cerrada. Al no existir carga en el eje, si se desprecian las pérdidas mecánicas, los dos campos magnéticos que giran a la misma velocidad, lo hacen sin desfase, es decir, alineados. Por lo tanto, al aplicar una carga mecánica en el eje, surge un desfase creciente entre los campos magnéticos, y, por la ley de inducción de Faraday, existen fem inducidos en uno de los dos conjuntos de espiras.

Por lo que, fem produce corrientes en las espiras las cuales elevan el campo magnético proporcionado así el origen a un par que tiende a alinear los dos campos magnéticos. En lo que esta carga mecánica exista, se suplirá el par por medio de una corriente suministrada por una fem, lo cual se convierte en la conversión de energía eléctrica en energía mecánica.

El uso de los motores eléctricos es muy diverso, en la instalación industrial. Básicamente existen tres clases de motores: de corriente directa, de inducción y síncrono.

- Corriente directa: se emplean para múltiples usos en tensiones menores a 12 V y aplicaciones electrónicas.
- Inducción: son los que encuentran mayor aplicación, como ventiladores hasta ascensores y maquinaria industrial empleada para los procesos.
- Síncrono: se encuentran en aplicaciones limitadas en la empresa.

Una vez, descrita la función del motor que actúa como alimentador de energía, se procede a indicar que actualmente, en la empresa se utiliza un motor que alimenta un generador de electricidad. El calor del motor que sale supe las necesidades de agua caliente. De esta manera, la empresa reduce grandemente la medida de consumo eléctrico y el consumo de energía en general.

Figura 8. **Motor generador de electricidad**



Fuente: elaboración propia.

## **2.2. Calderas**

Actualmente la empresa cuenta con 2 calderas pirotubulares; una de tipo de gas licuado de petróleo GLP de 50 HP y otra API o Diesel de 600 HP. Cuentan con cimientos de concreto en la base de las mismas.

Estas calderas reúnen las ventajas de las calderas de gran caudal con la eficacia del sistema piro tubular de hogar interior. Se trata de un generador de vapor pirotubular que sigue el principio de inversión de llama y que gracias al efectivo intercambio de calor garantiza una rápida producción de vapor. Una de las mayores ventajas de dichas calderas son las siguientes:

- Indicado para instalaciones con poca disponibilidad de espacios libres
- Su diseño lo convierte en seguro contra explosiones por sobrecalentamiento.
- Mínimas pérdidas por radiación gracias a la reducida superficie de aireación.
- Mantenimiento y manejo simple.
- Económica y de larga vida útil.
- Reducidas emisiones.
- Sencilla puesta en marcha.
- Permite acoplar diversos dispositivos que aumentan la eficiencia.

La caldera de combustión pirotubular de tipo de gas licuado de petróleo GLP 50 hp, se utiliza para el suministro de vapor en la misma. A continuación, se muestran las características de la misma:

Tabla I. **Características caldera pirotubular tipo de gas licuado de petróleo GLP de 50 HP**

Tipo	RH
No. Serie	94627
Año de construcción	2001
Potencia	50 caballos de fuerza de caldera BHP
Presión de trabajo	10 Bar
Temperatura de trabajo	200 °C
Capacidad nominal	800 Kg/h
Alimentación de agua	Bomba centrífuga(m <sup>3</sup> /s)

Fuente: Loos International. *Características caldera pirotubular tipo de gas licuado de petróleo GLP de 50 HP*. <https://xdoc.mx/preview/ls649-firmenprofil-e-end-5c1e9a1f9e316>. Consulta: 10 de marzo de 2020.

Los quemadores son los equipos donde se realiza la combustión, contienen tres vértices del triángulo de combustión, es decir, que logran la mezcla íntima del combustible con el aire y también proporcionar la energía de activación. En la tabla II se muestran las características técnicas del quemador de la caldera en descripción.

Tabla II. **Características técnicas del quemador**

Tipo de quemador	L5Z
Año de fabricación	2001
Potencia	Min. 298 KW Máx. 1 190 KW
Presión de funcionamiento	2 Bar
Combustible	Diésel-2
Potencia eléctrica	2,16 KW

Fuente: Loos International. *Características técnicas del quemador*. <https://xdoc.mx/preview/ls649-firmenprofil-e-end-5c1e9a1f9e316>. Consulta: 10 de marzo de 2020.

- Gas licuado de petróleo GLP: tiene dos orígenes, el 60 % de la producción se obtiene durante la extracción de gas natural y petróleo del suelo. El 40 % restante se produce durante el refinado de crudo de petróleo, es una mezcla de hidrocarburos líquidos, es decir, hidrógeno y carbono, principalmente de butano (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>), y propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), en diversas proporciones o puro.

El gas licuado de petróleo GLP, es inodoro e incoloro, se le añade un agente odorizante para diferenciar con facilidad cualquier fuga, por pequeña que sea, se usa en más de mil maneras, en el sector terciario, la industria, el transporte, la agricultura, la generación de energía o para cocinar, como combustible de calefacción y en aplicaciones recreativas. Entre sus principales ventajas es que es portátil, puede transportarse, almacenarse y utilizarse en cualquier lugar. Además, el gas licuado de petróleo GLP, produce menores emisiones de efecto invernadero que la gasolina, el gasóleo y la electricidad.

Tabla III. **Propiedades del gas licuado de petróleo GLP**

Propiedad	60 % propano 40 % butano
Formula química	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
Gravedad específica	2,05 1,56
Poder calorífico	22 244 Kcal/m <sup>3</sup> 6 595 Kcal/lit 11 739 Kcal/kilogramo
Presión de suministro	Líquido a 20 °C con presión manométrica de 2,5 bar
Color / olor	Incoloro / Inodoro

Fuente: elaboración propia.

Caldera de combustión pirotubular de gas licuado de petróleo GLP 50 hp, es un equipo en donde los gases calientes de la combustión fluyen por el interior del hogar o fogón y de los tubos flux, y el agua rodea estos tubos; por diferencia de temperatura de ambos, se forma una transferencia de calor del fluido de más alta temperatura, que son los gases de combustión, hacia el fluido de más baja temperatura, que es agua, y de este modo el agua se calienta hasta un punto de ebullición convirtiéndose en vapor. En la figura 9 se muestra la caldera en descripción de la empresa.

Figura 9. **Caldera de combustión pirotubular de gas licuado de petróleo GLP de 50 hp**



Fuente: elaboración propia.

La caldera de combustión pirotubular de 600 hp de la empresa, es un recipiente hermético a presión donde el humo y gases calientes fluyen, a través de tubos y por conducción térmica caliente el agua del exterior se utiliza para el

suministro de vapor en la misma. A continuación, se muestran las características de la misma:

Tabla IV. **Características caldera pirotubular de 600 hp**

Caballos de potencia	600
Presión de diseño	150 PSI (vapor)
Producción bruta de vapor	20 085 MBH
Producción de vapor a 212 F	20 700 lb / h
La liberación de calor	129 187 BTU / pie cúbico
Superficie de calentamiento (ASME)	3 023 pies cuadrados
Superficie de calefacción del horno	224,52 pies cuadrados
Volumen del horno	194,34 pies cúbicos
Volumen vapor calentado	176,97 pies cúbicos
Capacidad de agua	Lleno: 5 459 gal. 45 492 lbs Nivel normal de agua: 4 146 Gal 34 481 lbs
Peso	49 600 lbs

Fuente: Loos International. *Características caldera pirotubular de 600 hp*

[https://www.google.com/search?rlz=1C1CHZL\\_esGT700GT701&sxsrf=&source=ADstic+caldera+pirotubular+de +600+hp&sa=X&ved=2ahUKErKEAE&biw=1366&bih=625](https://www.google.com/search?rlz=1C1CHZL_esGT700GT701&sxsrf=&source=ADstic+caldera+pirotubular+de +600+hp&sa=X&ved=2ahUKErKEAE&biw=1366&bih=625).

Consulta: 10 de marzo de 2020.

En el mismo orden de ideas, es imprescindible describir las condiciones típicas de operación de la caldera en descripción:

- Horas/día: 24 horas
- Días/semana: 7 días
- Instalada en un ambiente exterior con techo y una pared

- La temperatura ambiente varía desde 12 hasta 30 grados centígrados
- El consumo de diésel es de 59,7 Gal/día (lecturas de 30 días)
- La temperatura media de vapor a la salida es de 175 grados centígrados a 120 PSI.
- Concentración de gases a 5 % O<sub>2</sub> (ppm).
  - CO(O<sub>2</sub>): 0 ppm
  - SO<sub>2</sub>(O<sub>2</sub>): 1 ppm
  - NO(O<sub>2</sub>): 137 ppm

Tabla V. **Características técnicas del quemador**

Modelo	DE-300P
Combustible	diésel
Rango de llama	168 Gal/hora de 150 000 BTU/gal
Tipo de operación del quemador	modulación completa
Altitud	5 100 pies
Voltaje	460 voltios
Hertz	60
Fases de corriente eléctrica	3
Código	UL
Potencia del motor del ventilador	40 hp
Potencia del compresor	7,5 hp
Potencia de bomba para diésel	0,75 hp

Fuente: Loos International. *Características técnicas del quemador.*

[https://www.google.com/search?q=](https://www.google.com/search?q=Caracter%3%ADsticas+t%C3%A9cnicas+del+quemador&tbm=isch&ved)

Caracter%3%ADsticas+t%C3%A9cnicas+del+quemador&tbm=isch&ved. Consulta: 10 de marzo de 2020.

La caldera de combustión piro-tubular de 600 hp, está formada por un cuerpo cilíndrico de disposición horizontal, que incorpora interiormente un paquete multitubular de transmisión de calor y una cámara superior de

formación y acumulación de vapor, el hogar y los tubos están completamente rodeados de agua, por lo tanto, la llama se forma en el hogar pasando los humos por el interior de los tubos de los pasos siguientes, y por último estos son conducidos hacia la chimenea, en la siguiente imagen se muestra la caldera de combustión pirotubular de 600 hp de la empresa Denimatrix S.A.

Figura 10. **Caldera de combustión pirotubular de 600 hp**



Fuente: elaboración propia.

### **2.2.1. Situación actual de calderas**

El proceso de purga que emplea la empresa Denimatrix S.A consiste en eliminar agua de la caldera, para eliminar los materiales sólidos disueltos

suspendidos, en otras palabras, fangos. El exceso de este provoca problemas de arrastre. La cantidad de agua a purgar que produzca la caldera depende de:

- La cantidad de líquido que evapora la caldera
- Cantidad de minerales disueltos y sólidos en suspensión en el agua que alimenta la caldera.
- Cantidad y clase de productos químicos añadidos para tratar el agua que entra a la caldera.

Es preciso mencionar que, para un vapor limpio y seco, se debe considerar que el agua de alimentación de caldera contiene sólidos disueltos, procedentes de la propia agua y de los productos químicos para su tratamiento. Estos se producen durante la evaporación, la concentración de total de sólidos disueltos en la caldera aumenta. Si estos no son controlados, se produce espuma en el espacio vapor. Los mismos, causan arrastres y la contaminación del vapor transportado por el sistema. Estos productos se depositan en las superficies de calentamiento y en equipo auxiliar afectando la eficiencia y productividad de la planta.

Es imprescindible mencionar un factor de seguridad que está en juego, cuando los sólidos en suspensión pueden causar problemas porque se depositan en el fondo de la caldera, y si no son controlados eventualmente se acumulan hasta un nivel peligroso. Todas las calderas de vapor incorporan una salida en el punto más bajo para eliminar periódicamente los sólidos precipitados, conocida como la purga manual.

Tal y como se mencionó anteriormente, la empresa cuenta con 2 calderas de combustión. Una caldera de potencia máxima de 600 Hp. La segunda

caldera de combustión que es de GPL de 50 HP y ambas son trabajadas con purgas manuales. Se acciona una vez por turno a las calderas para reducir los sólidos disueltos en la misma hasta un nivel suficiente por debajo del límite máximo específico de la caldera. Después, se permite que aumenten los sólidos disueltos durante el siguiente turno hasta alcanzar de nuevo el nivel máximo.

Se hace una prueba de sólidos disueltos antes de realizar la purga con el fin de ajustar los tiempos para reflejar los cambios en las condiciones medias de carga de la caldera que pueden producirse día a día. Se mantiene libre de basura la unidad exterior condensadora. Si se mantiene la unidad exterior libre de hojas y basura, este requiere únicamente cuidados mínimos para operar adecuadamente.

El proceso actual consiste en revisar el área de combustión de la caldera y el sistema de ventilación antes de cada estación de calentamiento. Si se encuentra tierra, hollín u óxido, se determina que el sistema no esté operando apropiadamente o a su máxima eficiencia. Si el agua de alimentación a la caldera presenta un alto contenido de sólidos disueltos, se presentan purgas continuas produciéndose una reducción en la eficiencia de la caldera y un aumento en el consumo de combustible. En la figura 11 se muestra, la ubicación de la línea de purga de la caldera, ubicación de cuando se realiza el proceso de forma manual.

Figura 11. Línea de purga baja de la caldera

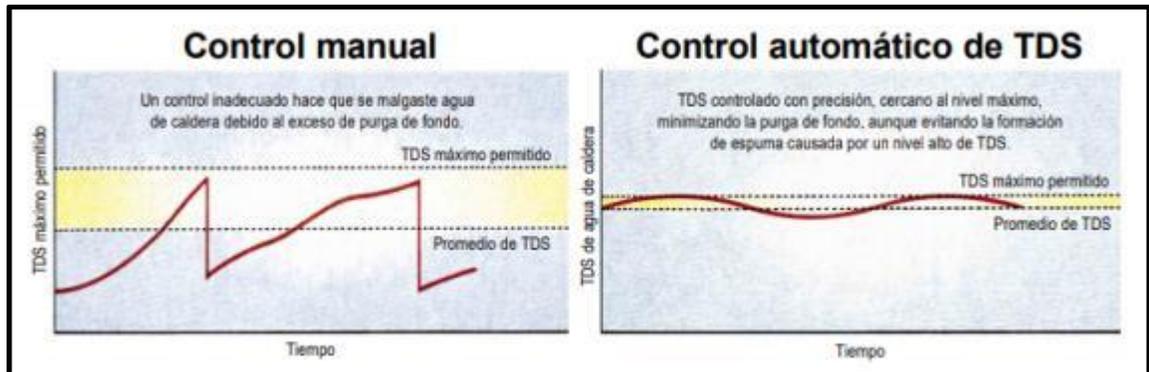


Fuente: elaboración propia.

Tal y como se mencionó anteriormente, es necesario purgar la caldera, de igual manera se purga la columna de agua varias veces al día, de manera que se realiza una vez por turno. La purga en la columna de agua se logra abriendo la válvula de la purga de la columna de agua aproximadamente por cuatro segundos, esto mantiene las conexiones de la columna de agua libre de lodos y sedimentos que pueden ocasionar fallas en dicho control, siempre se verifica que nunca se deje que desaparezca el agua del nivel visible.

Con base en lo antes expuesto, en la mayoría de los casos purgar de forma continua mediante un control automático es la alternativa más eficaz porque se minimizan las pérdidas energéticas provocadas por eliminar un exceso de agua. A continuación, se puede observar de forma gráfica la diferencia de contar con controladores automáticos y purgar de forma continua y la purga de forma intermitente y manual.

Figura 12. **Purga manual y control de purga automático**



Fuente: elaboración propia.

### 2.2.2. **Instalación de las calderas**

La instalación de las calderas comprende no únicamente la caldera propiamente, sino, también los componentes esenciales y accesorios tales como:

- Economizadores y chimeneas
- Sobre calentadores y recalentadores
- Quemadores y alimentadores de aire
- Condensadores
- Bombas y tanques de alimentación
- Domos

Las dos calderas pirotubulares se encuentran instaladas distintos lugares, cuentan con cimientos de concreto en la base de las mismas, comparten un tanque de bunker. El tanque de bunker cuenta con un serpentín de vapor, que

se mantiene a una temperatura adecuada para que la viscosidad del bunker sea óptima, para su bombeo hacia el sistema de combustión de la caldera.

Las calderas cuentan con precalentadores de bunker, estos precalentadores de bunker son intercambiadores de calor de concha y tubo, que utilizan vapor para llevar al bunker a una temperatura de 90 °C, esta temperatura es necesaria para realizar la combustión en el quemador. Estas calderas también cuentan con resistencias eléctricas para tal fin. Los precalentadores de bunker tienen instaladas trampas termodinámicas de ½ pulgada para drenar el condensado, que va directamente al tanque de agua de alimentación.

Para controlar el nivel máximo y mínimo del agua de la caldera, se utilizan controles electromecánicos. Estos controladores utilizan un flote como sensor de nivel; este flote acciona un mecanismo que controla la bomba de alimentación de agua de la caldera. Cuando el nivel de agua llega a su mínimo el control envía una señal de encender la bomba y cuando el nivel llega a su máximo una señal de apagado.

Las dos calderas comparten un tanque de agua de alimentación donde se mezcla agua de reposición con el condensado proveniente de los distintos equipos que utilizan vapor. La tubería de agua de alimentación es de 2 pulgadas y cuenta con una válvula de cierre tipo compuerta y dos válvulas de retención, estas válvulas son del mismo diámetro que la tubería.

La presión de la caldera está regulada por un controlador de presión, este enciende y apaga el quemador según la variación de la presión. Cuando la caldera llega a la presión deseada el quemador se apaga y cuando la presión

baja el quemador enciende. Para una mayor seguridad las calderas tienen instaladas válvulas de seguridad.

Existe un sistema de tratamiento del agua de reposición de la caldera, por medio de suavizadores de agua (NaCl), instalados en la sala de calderas. El propósito del suavizador es reducir la dureza del agua, por medio del intercambio iónico. Para realizar este intercambio iónico, se utiliza resina y una salmuera para regeneración de este material.

El vapor generado en las calderas se distribuye a las distintas áreas por medio de un distribuidor de vapor de 6 pulgadas de diámetro.

**Figura 13. Ubicación actual de las calderas pirotubulares**



Fuente: elaboración propia.

### **2.2.3. Tipos de calderas**

Generalmente, una caldera consiste concretamente en un recipiente que contiene agua que se convierte en vapor por la concentración de calor. Para llevar a la práctica esta función común, los diseñadores han concebido diversas,

variaciones y configuraciones. A continuación, se presenta la clasificación de las calderas:

- Por disposición de fluidos
  - De tubos de agua (acuotubulares)
  - De tubos de humo (pirotubulares)
- Por circulación de agua
  - Circulación forzada
  - Circulación natural
  - Circulación asistida
- Por mecanismo de un transmisor de calor
  - De radiación
  - De convección
  - De radiación y convección
- Por el combustible empleado
  - De combustible líquido
  - De combustible gaseoso
  - Nucleares
  - De carbón mineral
- Por la presión de trabajo
  - Subcrítico: de baja presión  $p < 20 \text{ Kg/cm}^2$  y de alta presión  $p > 64 \text{ Kg/cm}^2$ .
  - Supercrítico
- Por el tiro
  - Tiro natural
  - Tiro forzado
  - Tiro inducido

Las calderas pirotubulares con las que actualmente cuenta la empresa Denimatrix, S.A, en estas pasan los gases de combustión por medio de una serie de tubos, los que están sumergidos en el agua de la caldera y procede como medio de transferencia de calor.

Las dos calderas que se encuentran en la empresa son pirotubulares, como se mencionó, la característica principal es que el combustible es quemado en uno de los extremos del cilindro y los gases calientes productos de la combustión pasan a través de los tubos hasta el otro extremo; lo que quiere decir que son aquellas en las que los humos de la combustión circulan por el interior de los tubos y el agua por el exterior. Una caldera trabaja con 50 HP de potencia y la otra con 600 HP, las cuales se encuentran en perfectas condiciones y trabajan muy bien.

#### **2.2.4. Descripción del equipo**

Las calderas son diseñadas para transmitir el calor procedente de una fuente externa, generalmente, un combustible, a un fluido contenido dentro de la misma caldera. Si este fluido no es agua ni vapor de agua o mercurio, a la unidad se le clasifica como vaporizador o como un calentador de líquidos térmicos. De cualquier carácter que sea, este líquido debe de estar dentro del equipo con las debidas medidas de seguridad. El vapor o agua caliente deben ser alimentados en las condiciones deseadas, es decir, de acuerdo con la presión, temperatura, calidad, y en la cantidad que se requiera.

En referencia a la descripción del equipo las calderas pirotubulares cuentan con las siguientes características:

- Esta clase de generadores, por su forma no permiten presiones de trabajo cargadas, más de las dos o tres atmósferas; son de fabricación sencilla y disponen de superficie moderada de intercambio, por lo que no se emplean para elevadas producciones de vapor.
- El rendimiento global esperado a lo largo de la vida útil no supera el 65 % en la mejor de las situaciones.
- Son de compensaciones muy económicos en referente al costo y de instalación fácil para la empresa, por lo que se emplea actualmente para calefacción y producción de vapor.
- Las presiones de operación utilizadas en los procesos más comunes de la empresa son de 150 PSI a 250 PSI.

### **2.2.5. Seguridad en calderas**

Los trabajadores que usan y hacen el mantenimiento a calderas saben que éstas son potencialmente peligrosas. Las calderas son recipientes cerrados con quemadores de gas o electricidad que calientan agua u otros líquidos para generar vapor. El vapor está a presión y sobrecalentado, y se usa para generar electricidad, para calefacción o para otros propósitos industriales. Aunque las calderas normalmente están equipadas con una válvula de alivio de presión, si la caldera no puede resistir la presión, la energía que contiene el vapor se libera instantáneamente. Esta combinación de metal explotando y vapor sobrecalentado puede ser extremadamente peligrosa.

Solo trabajadores autorizados de la empresa y debidamente capacitados deben operar las calderas. Los trabajadores conocen bien el manual de operación y las instrucciones del fabricante de la caldera. Los operadores de calderas inspeccionan las calderas con frecuencia en búsqueda de fugas, combustión correcta, funcionamiento de los dispositivos de seguridad e

indicadores, así como otras funciones. Las calderas deben siempre conectarse lentamente, y nunca se le inyecta agua fría a un sistema caliente. Cambios súbitos de temperatura pueden torcer o quebrar la caldera. Debido a que dichas calderas queman gas natural, combustible diésel o petróleo, por lo cual es necesario tomar precauciones especiales.

Los operadores de calderas deben asegurar que el sistema de combustible, incluyendo las válvulas, tuberías y tanques, estén funcionando correctamente y sin fugas. Para prevenir explosiones en la caldera, es imperativo que los operadores purguen la caldera antes de encender el quemador. Los trabajadores deben verificar la relación de aire a combustible, la condición del tiro y la llama para asegurarse de que ésta no sea demasiado alta ni que produzca humo. Los sistemas de ventilación también se inspeccionan y se mantienen para asegurar que los gases producto de la combustión no se acumulen en la sala de calderas.

El área que rodea a la caldera debe mantenerse libre de polvo y desperdicios, y no se deben almacenar materiales combustibles cerca de ninguna caldera. El personal de operación de la empresa y mantenimiento de calderas sabe que estas son muy peligrosas; los procesos que realizan en las calderas, inician desde examinar las calderas con reiteración en búsqueda de fugas, que la combustión sea correcta, el funcionamiento de los dispositivos de seguridad e indicadores sea el adecuado, así como otras funciones tales como mantener el área libre de obstrucciones para garantizar una rápida reacción en caso de un accidente y utilizando un conveniente equipo de protección personal al estar en el área de calderas; para esto se debe seguir un normativo de la empresa aplicable en el área al momento de operar las calderas y efectuar mantenimiento a las mismas. En la siguiente tabla se muestran algunas normas de seguridad de calderas que se emplean en la empresa:

Tabla VI. **Normas de seguridad en el área de calderas**

1	Antes de manejar conexiones eléctricas, reparaciones y ajustes, desconectar el interruptor eléctrico y colocar la etiqueta de aviso.
2	Los alambres o conductores que se encuentren sueltos deben considerarse con corriente o vivos.
3	Los cables de alimentación eléctrica deben estar protegidos con un aislante y si es necesario entubados.
4	Los tableros eléctricos deben permanecer cerrados y libres de exposición con agua u otro agente que puedan dañarlos.
5	Evitar el contacto con aristas, ángulos vivos y superficies calientes.
6	Asegurarse que termómetros, manómetros y válvulas estén en buenas condiciones y en funcionamiento.
7	Al realizar un mantenimiento, se debe circular el área para evitar el ingreso de personas ajenas, y colocar los respectivos avisos.
8	Antes de iniciar un mantenimiento en la tubería de vapor, primero asegurarse de cerrar las válvulas respectivas y despresurizar la tubería.
9	Evitar fugas en los diferentes accesorios del equipo y formaciones de películas de agua y/o combustibles en el piso.
10	Mantener manos, brazos, y demás partes del cuerpo, así como las prendas de vestir, lejos de piezas calientes o en movimiento.

Fuente: elaboración propia.

En el mismo orden de ideas es preciso mencionar el equipo de protección que el personal utiliza:

- Se utilizan guantes de piel, para protección contra riesgo mecánico, eléctrico y térmico.
- Se utiliza cascos de seguridad, para proteger la cabeza contra impactos, fuego y productos químicos.
- Se usa protección auditiva, en presencia de altos niveles de ruido.
- Se usa protección de vías respiratorias; mascarilla 3M 8247 cuando realice un mantenimiento en una de las calderas.
- Al momento de realizar un mantenimiento preventivo se utilizan anteojos de seguridad o careta protectora.

Figura 14. **Equipo de protección personal**



Fuente: Sintra: *Seguridad industrial integral*. [www.sintraseguridad.com/senaliz.htm](http://www.sintraseguridad.com/senaliz.htm). Consulta: 10 de marzo de 2020.

### **2.2.6. Servicio y limpieza**

En la empresa se pone mucha atención en el orden y limpieza que es parte de la prevención de los riesgos, son muy importantes, y la falta de estos en el área de calderas de la empresa podría ser causa de un gran número de accidentes. La empresa considera que, con orden y limpieza, se previenen riesgos de los departamentos y se obtiene un ambiente más agradable para realizar las diversas actividades.

Para la limpieza en las calderas se hace referencia al reglamento que se encuentra en dicha actualización y una de sus características principales es que la revisión de calderas es obligatoria 1 vez al año. El adecuado mantenimiento que se hace a las calderas es necesario para que el quemador trabaje correctamente y así, evitar consumos excesivos de combustible. Las operaciones que se realizan son las siguientes:

- Comprobar los componentes de seguridad y control
- Limpiar y ajustar el quemador
- Realizar la limpieza del filtro
- Cambiar la boquilla y limpiar el cabezal
- Luego de efectuar un mantenimiento preventivo al área de calderas debe quedar libre de materiales sobrantes y herramientas empleadas.
- No se debe dejar que se acumulen sedimentos en el nivel y conexiones de las columnas de agua.
- El operador encargado es responsable de ejecutar el respectivo mantenimiento de limpieza en el área de las calderas.

El personal seleccionado para la limpieza apaga el equipo durante una hora para así dar tiempo a que las impurezas se coloquen de nuevo en el fondo del depósito, con esto se obtienen resultados óptimos. Al cumplir con el servicio de calderas se evitan molestas averías y se consigue ahorrar en voluminosos gastos derivados de la falta de mantenimiento o por el contrario de la poca calidad de los mismos.

#### **2.2.7. Control de sólidos disueltos en agua de calderas**

Cuando las calderas generan vapor, cualquier impureza que se encuentre en el agua de alimentación y que no se evapore se concentrará en el agua de la caldera. Estas impurezas son conocidas como sólidos disueltos totales TDS.

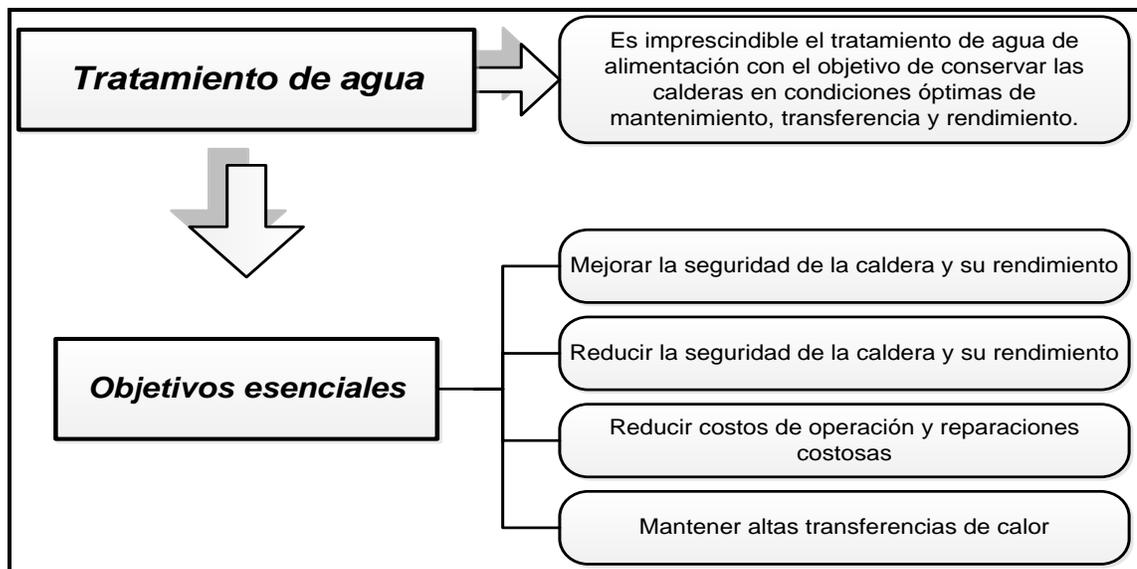
Una concentración elevada de total de sólidos disueltos TDS produce burbujas espesas en la superficie del agua en ebullición dentro de la caldera, debido a que éstas son más espesas que las normales, el nivel de agua de la caldera aumenta y provoca arrastre de las burbujas al sistema, lo cual genera

que el vapor sea húmedo. Este aumento del nivel de agua se debe a que el espacio del vapor en la caldera se va llenado de burbujas.

Un nivel elevado de total de sólidos disueltos TDS en el agua de la caldera, genera incrustaciones no solo dentro de la caldera, sino en las válvulas, intercambiadores de calor y trampas de vapor, debido a los arrastres de agua al sistema de vapor.

La concentración del total de sólidos disueltos TDS debe estar dentro de límites aceptables dados por el fabricante de las calderas, que eviten que estos lleguen afectar tanto los equipos como la calidad del vapor. El control de la concentración del total de sólidos disueltos TDS, se realiza por medio de la purga de agua de la caldera. La cantidad de agua a purgar se determina en base a la cantidad de total de sólidos disueltos TDS en el agua de alimentación de las calderas y la cantidad de vapor que las calderas producen.

Figura 15. **Importancia del tratamiento de agua en la caldera**



Fuente: elaboración propia.

### **2.2.8. Descripción del proceso de control de sólidos**

Antes de que el agua de alimentación pase a la caldera, debe tratarse químicamente para eliminar los elementos corrosivos que puedan estar presentes y que acabarían por corroer la caldera y afectar a la calidad del vapor necesario para un proceso.

Deben eliminarse de la caldera los productos químicos que se introducen a través del agua de alimentación. No hacerlo puede motivar que el sistema de la caldera sufra la formación de incrustaciones, corrosión, metal agrietado y quebradizo.

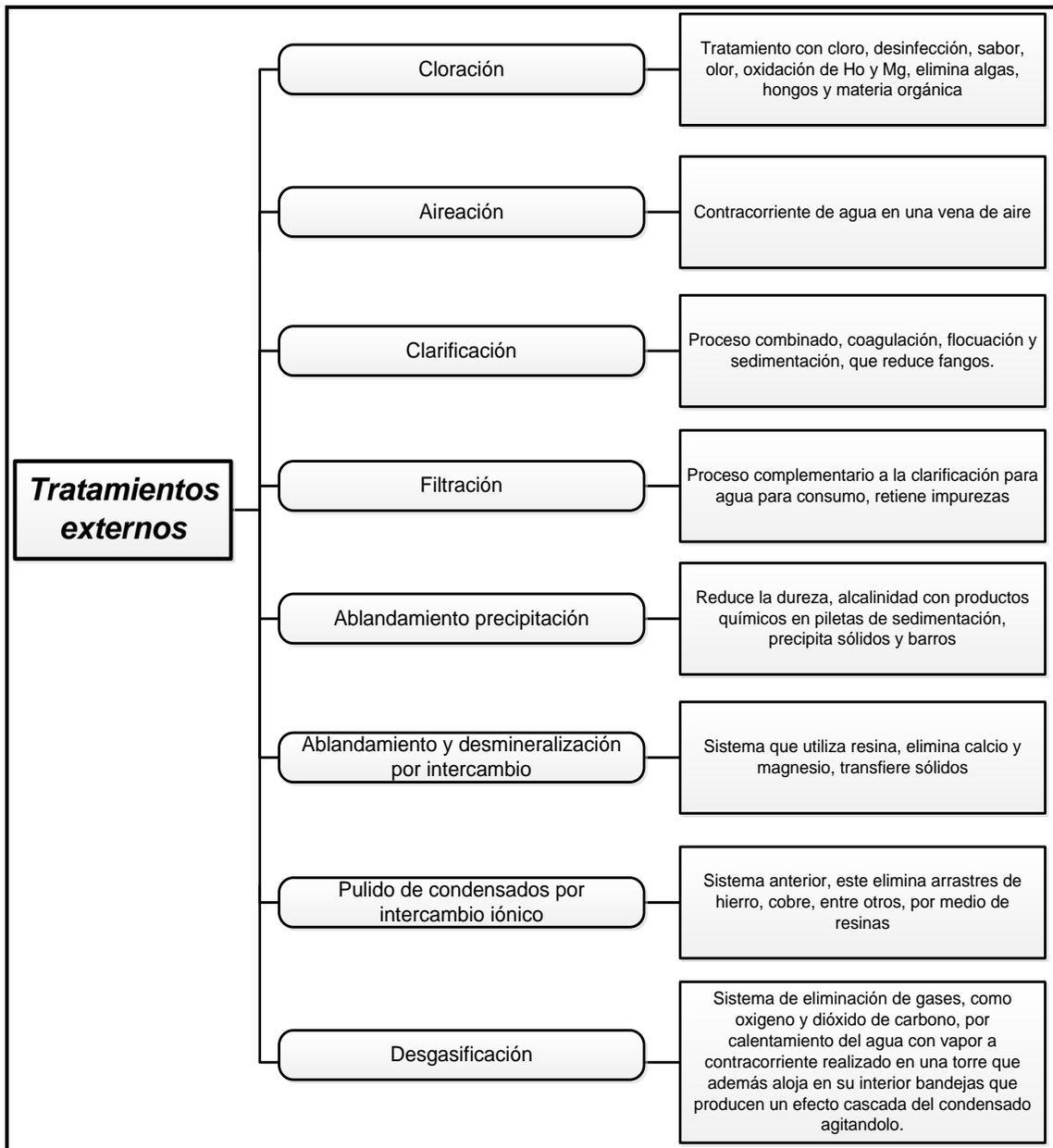
Es preciso mantener el equilibrio químico apropiado en el interior de la propia caldera, lo que se consigue mediante el control de purga. Este proceso consiste en activar el mecanismo de la válvula de purga situado en el colector de la caldera y extraer un pequeño porcentaje del agua de la caldera por debajo de la superficie del agua de la caldera.

Con el fin de mantener el equilibrio químico en el interior de la caldera, la cantidad de impurezas retiradas del colector mediante la purga debe ser igual a la cantidad de impurezas introducidas mediante el agua de alimentación. Cuando varían las cargas de vapor, también lo hace la tasa de agua de alimentación y la tasa de purga.

Por otro lado, el exceso de purga da lugar a un funcionamiento ineficiente de la caldera, y cada purga hace que se pierda el calor contenido en el agua extraída. El coste de combustible puede relacionarse directamente con esta pérdida de calor. También hay que tener en cuenta el coste del agua y el de los

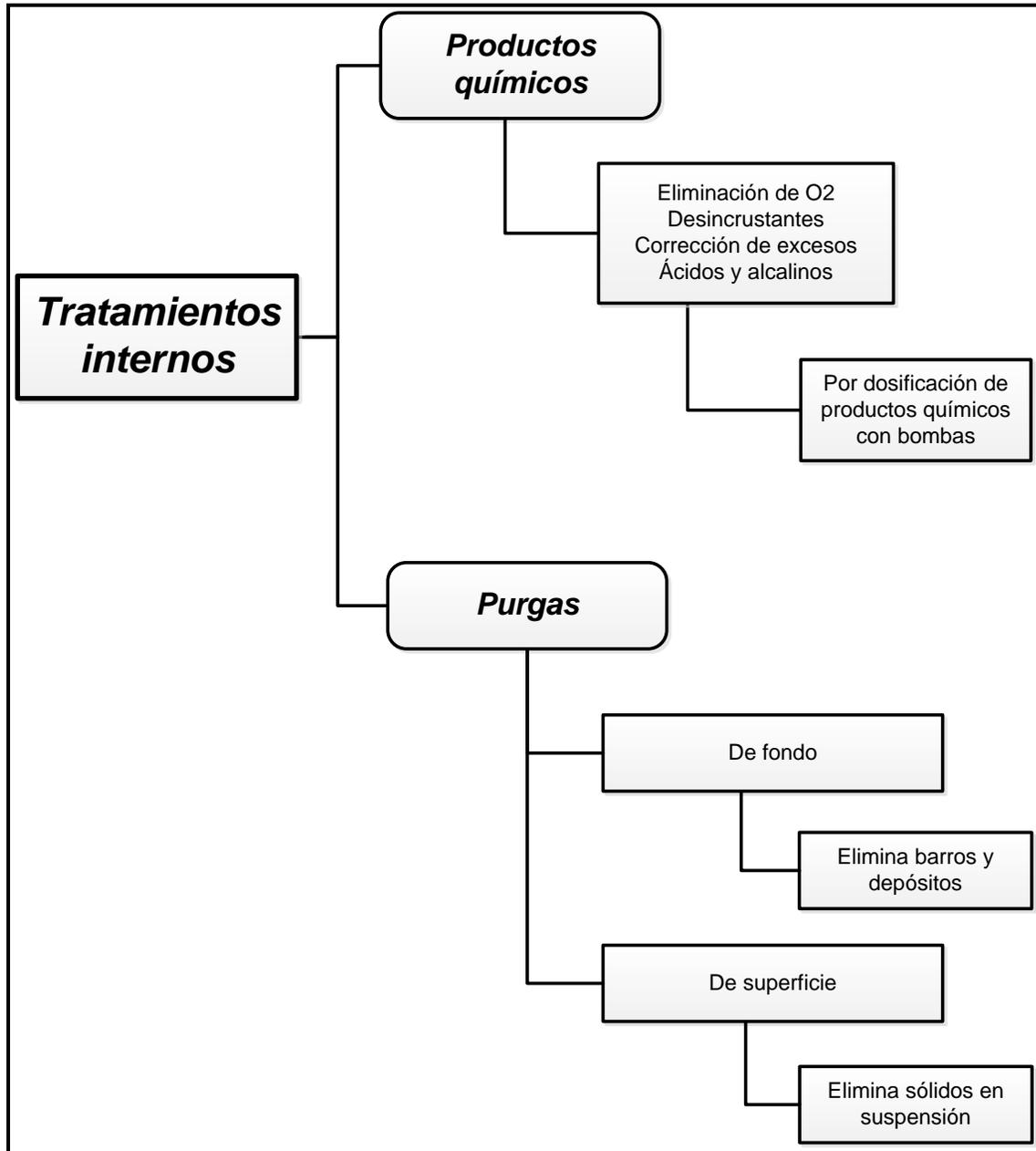
productos químicos. Debe alcanzarse un equilibrio entre la necesidad de retirar los sólidos disueltos de la caldera y el funcionamiento eficiente de la misma.

Figura 16. **Proceso de control de sólidos tratamientos externos**



Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Proceso de control de sólidos tratamientos internos



Fuente: elaboración propia.

### **2.3. Tipo de combustión en calderas**

Las dos calderas de combustión, que son de 50 HP y 600 HP trabajan con combustión de gas licuado de petróleo GLP. Este le brinda a la caldera un excelente confort térmico, tanto con losa radiante como con radiadores, Una vez encendidos el sistema se alimenta automáticamente. No consumen oxígeno del ambiente. Se puede decir que es el mejor rendimiento térmico en este tipo de tecnologías respecto a calderas y se le brinda un mantenimiento sencillo puesto que se trata de un combustible limpio.

#### **2.3.1. Condiciones de las tuberías de calderas**

Las tuberías en las calderas de la empresa actualmente se encuentran en buen estado, con la notación que en ciertas partes de las tuberías de vapor existen daños superficiales, debido a la corrosión y al desgaste que sufren las mismas al tratar de mantener el calor y la temperatura del vapor para evitar la condensación; esto ocurre si no se les da mantenimiento cuando les corresponde. Las tuberías de suministro de vapor de la empresa están en condiciones óptimas, especialmente en tramos largos de tubería, porque no se encuentra aislamiento térmico, así también en uniones, desviaciones, y en las salidas del vapor para llevar a cabo la alimentación.

#### **2.3.2. Tuberías**

En la empresa las tuberías son el medio de conducción y distribución del vapor, traslada el fluido a presiones elevadas que causan esfuerzos de trabajo en las paredes de los tubos. La apropiada utilización de las tuberías de las calderas da un buen funcionamiento de las mismas y tiene como propósito

reducir al mínimo las resistencias por fricción. Se encuentran unas tuberías de menor diámetro que transportan el vapor hasta los equipos de calderas.

Están establecidas con base a los códigos y normas, de sistemas de tuberías, estas son las normas conjuntas del American Estándar Institute y la American Society of Mechanical Engineers ANSI/ASME B31.1, B31.3, entre otros. Cada uno de los códigos mencionados recoge la experiencia de investigadores, diversos ingenieros de proyectos e ingenieros de campo en áreas de aplicación específica y empresas especializadas:

- B31.1 (1989) *Power Piping*
- B31.3 (1990) *Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping*
- B31.4 (1989) *Liquid Transportation System for Hydrocarbons, Petroleum Gas, Anhydrous Ammonia and Alcohols*
- B31.5 (1987) *Refrigeration Piping*
- B31.8 (1989) *Gas Transmission and Distribution Piping System*
- B31.9 (1988) *Building Services Piping*
- B31.11 (1986) *Slurry Transportation Piping System*

Referente al diseño, todas las normas son muy similares, existiendo algunas discrepancias de las condiciones de diseño, a factores admisibles y al cálculo de esfuerzos.

#### **2.4. Operación de calderas**

La caldera de 50 HP opera con combustible de gas licuado de petróleo GLP y la caldera de 600 HP opera con combustible de gas licuado de petróleo GLP o Diesel. El combustible diésel en la caldera de combustión tiene un consumo habitualmente más bajo que un motor de gasolina de potencia

equivalente, un precio del combustible inferior, por lo tanto, más competitivo, y por ese mismo motivo, unas emisiones de CO<sub>2</sub> también más bajas.

Es preciso mencionar los beneficios y desventajas al utilizar diésel como combustible en las calderas:

- Beneficios de utilizar diésel
  - No requiere grandes cantidades de almacenaje en calderas de 60 cc.
  - No demanda grandes medidas de seguridad para su almacenamiento y uso.
- Desventajas de usar diésel
  - Mayor mantenimiento al quemador.
  - Mayores contaminantes a la atmosfera de acuerdo a la Núm. 085 semarnat (exceso de aire, número de mancha, co, co<sub>2</sub>).

El gas licuado de petróleo GLP es un combustible y el precio es el mismo. También, emite menos contaminantes que los motores diésel con las ventajas que ello conlleva. A continuación, se indican algunas ventajas y desventajas del gas licuado de petróleo GLP.

- Ventajas de utilizar gas licuado de petróleo GLP
  - Menor mantenimiento del quemador.
  - Menos contaminación.
  - Es económico.
- Desventajas de usar gas licuado de petróleo GLP
  - Costo inicial de inversión relativamente elevado.
  - Mayor seguridad para distribución y almacenaje.
  - Rápido mantenimiento a líneas de gas.

#### **2.4.1. Descarga de aguas residuales**

La descarga para los 2 tipos de calderas es manual, y es la más común en las descargas de las mismas. Se hace una purga por turno en la empresa. Se verifica que no haya fugas en las mismas y si se encuentra una pequeña fuga se propone que no dañe el revestimiento.

Asimismo, se hace una limpieza de tubos con el fin que el desempeño sea óptimo. Se utiliza agua suavizada para evitar incrustaciones en las calderas, que son producidas por impurezas sedimentadas o cocidas sobre la superficie de calefacción; esto se desea evitar a toda costa. Asimismo, se utiliza una válvula manual, que es cerrada automáticamente y puede bloquearse con un pestillo si desea vaciar la caldera por completo.

#### **2.4.2. Sistema de control de sólidos disueltos totales**

Las calderas de combustión en la empresa son controladas con purgas manuales como se mencionó anteriormente. Contienen centros de concentración, que se encargan de verificar que requerimientos de purgas son necesarios, evaluando el agua que está dentro de la caldera y el agua de alimentación.

Este sistema mide la conductividad del agua de la caldera, y la compara con un parámetro; el parámetro está dado por la máxima concentración del total de sólidos disueltos TDS que recomienda el fabricante de las calderas. Un control inadecuado de purgas manuales, hace que se malgaste agua de la caldera debido al exceso de purga de fondo.

### **2.4.3. Equipo para el control de sólidos disueltos**

Solo trabajadores autorizados y debidamente capacitados operan las calderas. Con equipo de protección especializado. Cada año en la empresa se hace una charla y capacitación al personal encargado de darle mantenimiento a las calderas de combustión, con el fin de que puedan mantener correctamente dichos sistemas y que las personas no sufran accidentes y daños. Asimismo, hay un supervisor que verifica cada turno al personal encargado del manejo de sólidos en dichas calderas de combustión.

### **2.4.4. Procedimiento para el control de sólidos disueltos**

Cuando las calderas generan vapor, cualquier impureza que se encuentre en el agua de alimentación y que no se evapore se concentrará en el agua de la caldera. Estas impurezas son conocidas como sólidos disueltos totales TDS. La concentración del total de sólidos disueltos TDS debe estar dentro de límites aceptables dados por el fabricante de las calderas, que eviten que estos lleguen afectar tanto los equipos como la calidad del vapor. El control de la concentración del total de sólidos disueltos TDS, se realiza por medio de la purga de agua de la caldera. La cantidad de agua a purgar se determina en base a la cantidad del total de sólidos disueltos TDS en el agua de alimentación.

El total de sólidos disueltos TDS, se controla por medio de la purga de superficie o de columna como también se le conoce. Este control consiste en purgar un determinado caudal de agua de la caldera, de manera ininterrumpida, por medio de una válvula de bola o de aguja. Esta válvula se abre en cierto porcentaje para permitir que fluya el caudal deseado. La cantidad de agua a purgar se determina por la siguiente fórmula:

$$A = \frac{CB}{D - C}$$

Dónde:

A = caudal de agua a purgar

C = ppm de SDT en el agua de alimentación

B = vapor producido kg/h

D = nivel máximo de concentración del total de sólidos disueltos TDS en el agua de la caldera ppm

### **3. PROPUESTA DEL SISTEMA DE DESCARGA DE PURGAS EN CALDERAS DE COMBUSTIÓN**

#### **3.1. Árbol de problemas**

“Es una herramienta de análisis, que consiste en analizar e identificar lo que se considere como problemas principales de la situación a abordar. Se parte de una primera lluvia de ideas que permite establecer el problema central que afecta a la comunidad, aplicando criterios de prioridad y selectividad.”<sup>4</sup>

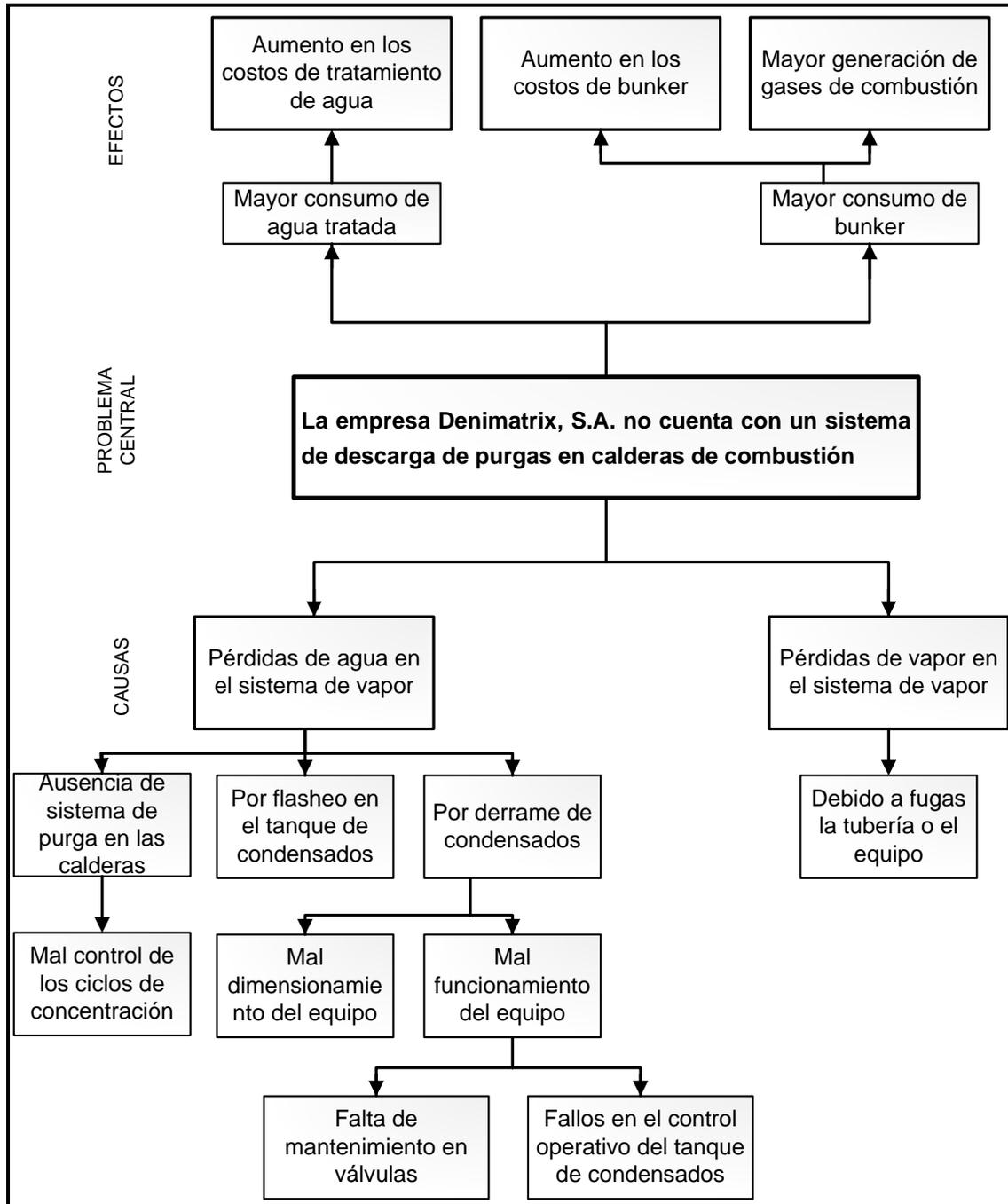
El árbol de problemas se utiliza como una técnica participativa que ayuda a desarrollar ideas creativas para identificar el problema y organizar la información recolectada, generando un modelo de relaciones causales que lo explican. Esta técnica facilita la identificación y organización de las causas y consecuencias de un problema. Por lo mismo es complementaria, y no sustituye a la información de base.

En la representación gráfica de la figura 18, el tronco del árbol es el problema central, las raíces son las causas y la copa los efectos. Lógicamente cada problema es consecuencia de los que aparecen debajo de él y, a su vez, es causante de los que están encima, reflejando la interrelación entre causas y efectos. En la figura 18 se presenta el árbol de problemas, este refleja que no cuenta con un sistema de descarga de purgas en las calderas.

---

<sup>4</sup> ORTEGÓN, Edgar. et. al., *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. p. 35.

Figura 18. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

### 3.1.1. Árbol de objetivos

Es una herramienta de análisis, que consiste en convertir los estados negativos del árbol de problemas en soluciones, expresadas en forma de estados positivos. De hecho, todos esos estados positivos son objetivos y se presentan en un diagrama de objetivos en el que se observa la jerarquía de los medios y de los fines. Este diagrama permite tener una visión global y clara de la situación positiva que se desea.<sup>5</sup>

El árbol de objetivos es un procedimiento metodológico que permite:

- Describir la situación futura que prevalecerá una vez resueltos los problemas;
- Identificar y clasificar los objetivos por orden de importancia; y
- Visualizar en un diagrama las relaciones medios-fines.

De esta manera, los estados negativos que muestra el “árbol de problemas” se convierten en estados positivos que hipotéticamente se alcanzarán a la conclusión del proyecto. Es la imagen, por cierto, simplificada, de la situación con proyecto, en tanto que el árbol de problemas representa, en forma también simplificada, la situación sin proyecto.<sup>6</sup>

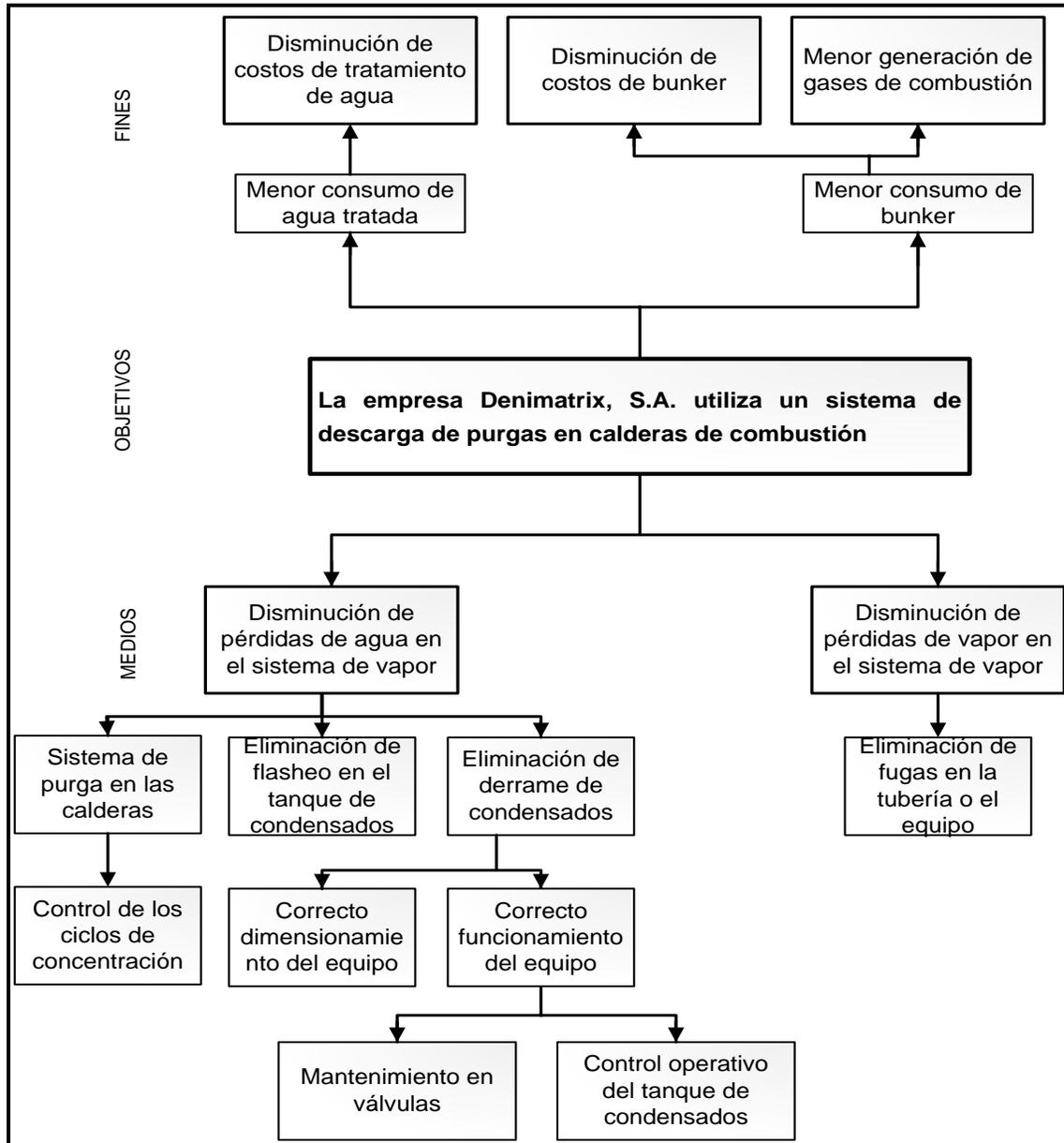
Para la propuesta del sistema de descarga de purgas en calderas de combustión es imprescindible desarrollar la técnica del árbol de problemas, seguidamente se muestra el árbol de objetivos que es la versión positiva del árbol de problemas, que permite determinar las áreas de intervención que plantea el proyecto. Para la elaboración se parte del árbol de problemas y el diagnóstico, y es necesario revisar cada problema negativo y convertirlo en un objetivo positivo, realista y deseable, como se muestra a continuación:

---

<sup>5</sup> ILPES. *Guía para la presentación de proyectos*. p. 150.

<sup>6</sup> BACA URBINA, Gabriel. *Evaluación de proyectos*. p. 383.

Figura 19. **Árbol de objetivos**



Fuente: elaboración propia.

### **3.2. Leyes y políticas del medio ambiente**

Existen, en la legislación guatemalteca suficientes leyes de derecho ambiental. Entre estas se encuentran la Constitución Política de la República de Guatemala, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, la Ley de Áreas Protegidas y la Ley Forestal, entre otras.

- Constitución Política de la República de Guatemala: es el estatuto fundamental que prima sobre cualquier otra ley, cabe hacer mención que los términos ambientales se encuentran plasmados en los siguientes artículos:
  - Artículo 64, declara de interés nacional la conservación y mejoramiento del patrimonio natural.
  - Artículo 97, aborda medio ambiente y equilibrio ecológico estableciendo que el Estado, las municipalidades y los habitantes tienen la obligación de contribuir a guardar dicho equilibrio, mientras el Estado dictara las normas necesarias para dicho fin.
  - Artículo 118, señala Es obligación del Estado orientar la economía nacional para lograr la utilización de los recursos naturales y el potencial humano, para incrementar la riqueza y tratar de lograr el pleno empleo y la equitativa distribución del ingreso nacional.
  - Artículo 125, relativo a la explotación de recursos naturales no renovables.
  - Artículo 126, trata sobre la conservación de los bosques.
  - Artículo 127, sobre régimen de aguas.
  - Artículo 128, relativo al aprovechamiento de aguas, lagos y ríos.

- Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente: con el objeto de hacer efectivo el derecho al medio ambiente y darle la protección necesaria, el Congreso de la República emite el Decreto 68-86, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, reformada mediante Decreto 90- 2000, el cual incorporó al Organismo Ejecutivo por medio del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, como institución encargada de cumplir con las disposiciones en materia de derecho ambiental. Estableciendo como objeto de la ley el velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para mejorar la calidad de vida.

Atendiendo a las normas relativas al derecho a un medio ambiente sano, dentro de esta ley, en su artículo 1, la ley ratifica lo establecido en el artículo 97 de la Constitución Política de la República, responsabilizando al Estado, las municipalidades y los habitantes prevenir la contaminación del medio ambiente y mantener el equilibrio ecológico. Entendiendo así, que la preservación del medio ambiente logra un desarrollo integral, social y sostenible dentro del Estado. Asimismo, integra el derecho al medio ambiente con el desarrollo nacional haciendo énfasis que debe velar por la protección, conservación y mejoramiento del medio ambiente. En el artículo 8 del mismo cuerpo legal establece que para todo proyecto o cualquier actividad que puede producir deterioro a los recursos naturales o al ambiente, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación de impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión Nacional de la Protección del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

- Ley de Áreas Protegidas, Decreto 4-89: la Ley de Áreas Protegidas, Decreto 4-89, se fundamenta en el artículo 64 de la Constitución Política de la República de Guatemala, en donde se declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la Nación y que mediante una ley específica se garantizará la creación y protección de parques nación. En el Título V, de este cuerpo legal, se regula las infracciones y sanciones en materia de derecho ambiental forestal, en el artículo 81 se regula las faltas que puede cometer una persona en materia de vida silvestre y áreas protegidas. "...a. Será sancionado con multa de cien a mil quetzales, quien se negare a devolver una licencia otorgada por el CONAP, ya prescrita, sin justificar su retención. b. Será sancionado con multa de quinientos a tres mil quetzales quien se oponga a las inspecciones solicitadas o las que se realizaren de oficio por parte de empleados o funcionarios del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), debidamente autorizados.

En el mismo cuerpo legal, en los artículos 81 bis, 82 y 82 bis, se regula delitos ambientales en donde la protección de la flora y fauna es lo más importante estableciendo sanciones de multa y prisión para los agresores. Entre ellos se encuentra: atentado contra el patrimonio natural y cultural de la nación, dirigido a toda persona que corte, recolecte ejemplares vivos o muertos, partes o derivados de especies de flora y fauna silvestre, sin la debida autorización será sancionado con prisión de cinco a diez años y multa de diez mil a veinte mil quetzales.

- Política Nacional de Cambio Climático (PNCC): surge con el fin de contribuir al cumplimiento de los ODM, entre los alcances de la política se incluyen la reducción de la vulnerabilidad a los eventos climatológicos extremos, el reforzamiento de la capacidad de adaptación y el

aprovechamiento de las oportunidades para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Los principales objetivos de la Política se centran en que el Estado de Guatemala, a través del Gobierno Central, las municipalidades, la sociedad civil organizada y la ciudadanía en general, adopte prácticas de prevención de riesgo, reducción de la vulnerabilidad y mejora de la adaptación al cambio climático, y contribuya a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en su territorio, coadyuve a la mejora de la calidad de vida de sus habitantes y fortalezca su capacidad de incidencia en las negociaciones internacionales de cambio climático.

- Política Nacional de Agua Potable y Saneamiento: en marzo 2013 el Ministerio de Salud Pública presentó la Política Nacional de Agua potable y Saneamiento, vinculando el derecho humano al agua potable con la superación de la pobreza, así como el impacto que tiene en el aprendizaje; asimismo lo identifica como elemento fundamental para la salud y la seguridad alimentaria y nutricional. Dicha política establece varias líneas para mejorar la prestación del servicio, el monitoreo de la calidad del agua potable, fortalecer la institucionalidad nacional y municipal, definiendo la creación de un sistema de información nacional de agua potable y saneamiento. Plantea también el empoderamiento de los usuarios para establecer corresponsabilidades en la garantía de dicho servicio.<sup>7</sup>

Esta ha sido elaborada con base en los preceptos legales contenidos en la Constitución Política de la República de Guatemala, Código Municipal, Código de Salud, Ley General de Descentralización, Ley de los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural y en aquellas que regulan materia de agua potable y saneamiento y que es competencia del Organismo Ejecutivo.

---

<sup>7</sup> VELÁSQUEZ, Claudia. *Análisis de los avances en el cumplimiento del ODS 6, por parte del Estado de Guatemala*. p. 50.

- Código de Salud: el Código de Salud guatemalteco 1997, Decreto Número 90-97, establece las responsabilidades del sector salud; en el Artículo 38, muestra que una de las acciones de prevención para mantener la salud es garantizar agua potable para la población y la disposición adecuada de excretas.

Asimismo, toda la sección II del mismo se refiere a las formas de garantizar acceso y cobertura universal de agua potable, estableciendo la relación entre el MSPAS con el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y otras instancias para promover una política prioritaria y de necesidad pública, que garantice el acceso y cobertura universal de la población a los servicios de agua potable con énfasis en la gestión de las propias comunidades para garantizar el manejo sostenible del recurso.

- Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos: el reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, bajo Acuerdo Gubernativo número 236-2006, es una normativa para la regulación de la calidad de los vertidos de aguas residuales a cuerpos de agua, alcantarillado público y el reúso, para las aguas ordinarias y especiales, así como para la disposición de lodos. Este reglamento promueve la conservación y mejoramiento del recurso hídrico y establece que la aplicación del mismo compete al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, autorizándolo como la entidad con la autorización respectiva de realizar muestreos aleatorios en los vertidos y en los cuerpos receptores, con el fin de vigilar el cumplimiento del Reglamento. De igual manera es preciso mencionar que el objeto del Reglamento es: “Establecer los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reúso de

aguas residuales, así como para la disposición de lodos”<sup>8</sup>

En concordancia con la industria textilera, a la que pertenece la empresa objeto de estudio, es preciso mencionar que es imprescindible, seguir una adecuada Guía de Buenas Prácticas Ambientales como parte del Sector Textil de Guatemala, estableciendo adecuados Planes de Manejo Ambiental, de manera estandarizada y ordenada. Todo esto para constituir una herramienta de consulta y orientación conceptual y metodológica, para mejorar la gestión y desempeño ambiental del sector textil al cual se pertenece.

- Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, Acuerdo Gubernativo 60-2015, y sus reformas AG 33-08 y 89-08, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, el cual se crea con una clasificación de instrumentos de evaluación ambiental que se dividen en: instrumentos ambientales predictivos, correctivos y complementarios.
- Norma COGUANOR Código de Prácticas y Especificaciones para el Agua para Uso Industrial en Calderas de Vapor y en Sistemas de Enfriamiento, Acuerdo Gubernativo 107-95, Ministerio de Economía, que corresponde a la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR), estudiar, elaborar, adoptar y proponer al Organismo Ejecutivo, por conducto del Ministerio de Economía, con el fin de la aprobación de Normas que se consideren de utilidad para el país y contribuyan al desarrollo industrial, estableciendo principios de equidad en las relaciones entre productores y consumidores.

---

<sup>8</sup> Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Acuerdo Gubernativo 236-2006: Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos. Artículo 1. p.1.*

- Reglamento de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, Acuerdo Gubernativo No. 66-2005. Emitido porque a pesar de los esfuerzos efectuados por las autoridades competentes en la materia de aguas residuales a cuerpos receptores, que regula el mencionado reglamento.

### **3.3. Desarrollo sostenible**

Para la empresa Denimatrix, S.A, es sumamente importante alinear todas las operaciones a favor del desarrollo sostenible. Al hacerlo, asegura la rentabilidad y sostenibilidad de la misma. Es preciso mencionar que el desarrollo sostenible de manera muy clara es como:

La modificación de la biosfera y la aplicación de los recursos humanos, financieros, vivos e inanimados en aras de la satisfacción de las necesidades humanas y para mejorar la calidad de vida del hombre. Para que un desarrollo pueda ser sostenido, deber tener en cuenta, además de los factores económicos, los de índole social y ecológica; deberá tener en cuenta la base de recursos vivos e inanimados, así como las ventajas e inconvenientes a corto y a largo plazo de otros tipos de acción.<sup>9</sup>

Por lo antes expuesto, este proyecto de investigación se realiza con el fin de demostrar el desarrollo sostenible a través del sistema de captación de agua.

#### **3.3.1. Sistema de captación de agua**

Para la descripción del sistema de captación de agua es preciso mencionar algunas definiciones del mismo, “la captación de agua es un sistema ancestral que ha sido practicado en diferentes épocas y culturas. Este sistema es un medio fácil y sensato de reutilizar el agua. En aquellos lugares del mundo

---

<sup>9</sup> GUDYNAS, Eduardo. *Ecología, economía y ética del desarrollo sostenible*. p. 1.

con alta o media precipitación y en donde no se cuenta con la suficiente cantidad y calidad de agua para consumo humano, se puede recurrir al agua de lluvia como fuente de abastecimiento.”<sup>10</sup>

El agua puede ser interceptada, colectada y almacenada en depósitos especiales para su uso posterior. Esto haría posible el hacer más llevadero el tiempo de secas y en un futuro sobrevivir las secas, ya que por el mal uso del agua y por factores tales como la deforestación masiva en el planeta, el agua ira escaseando progresivamente lo cual significa que, en un futuro no muy lejano, el sistema de captación de agua sería un mecanismo de sobrevivencia.<sup>11</sup>

Con base en lo anterior, la captación consiste en recolectar y almacenar agua proveniente de diversas fuentes para su uso benéfico. El agua captada de una cuenca y conducida a estanques reservorios puede aumentar significativamente el suministro de esta, este caso, el agua residual de las calderas.

El sistema de captación de agua de las calderas es una técnica alternativa, sostenible y de bajo costo. Que permite el uso eficiente y eficaz del agua, reduciendo el impacto ambiental y logrando un mayor alcance en la oferta de abastecimiento de agua.

En la empresa actualmente, el sistema de captación es por medio de un pozo mecánico, con un diámetro de 17 pulgadas de diámetro y un entubado en 10 pulgadas de diámetro con una profundidad de 600 pies. Está equipado con un equipo sumergible posicionado a 524 pies, además tiene una tubería de equipamiento HG tipo pesada de 3 pulgadas de diámetro. Existe un bombeo programado mediante guarda niveles en una cisterna de almacenamiento y distribución, que bombea agua a la red de distribución de la empresa.

---

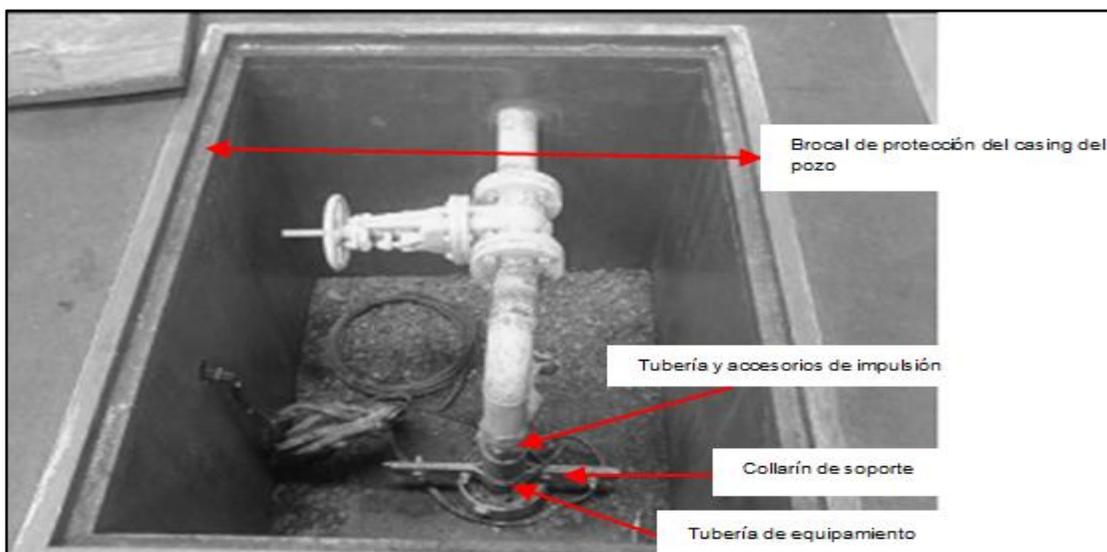
<sup>10</sup> GUTIÉRREZ, Joaquín. *Reúso de agua y nutrientes*. p. 6.

<sup>11</sup> HERRERA Luis. *Estudio de alternativas, para el uso sustentable del agua de lluvia*. p. 25.

En el mismo orden de ideas, es preciso mencionar, el mantenimiento preventivo del pozo, a través de una limpieza mecánica y química. Los distintos procesos de limpieza del pozo en la empresa son los siguientes:

- Limpieza química: en este proceso se lleva una máquina de limpieza, es decir, una grúa, esta se ubica en un lugar libre de tropiezos, es nivelada, seguidamente se eleva la torre y se procede a retirar la tubería de equipamiento con todo y el equipo sumergible, el cable eléctrico y los accesorios.
- Limpieza mecánica: este proceso se realiza con cubeta y cepillo, después se coloca un desincrustante dentro de la tubería de protección, precisamente en el acuífero.
- Limpieza de las coladeras: en este proceso se deja reposar por unas horas y se vuelve a cepillar las mismas, seguidamente se vuelve a instalar el equipo sumergible con tubería, cable y accesorios.

Figura 20. **Sistema de captación de agua de Denimatrix, S.A.**



Fuente: elaboración propia.

Cabe agregar que el sistema de filtrado para erradicar sólidos y dosificación de cloro para desinfectar el agua, en este proceso se llena la cisterna y luego a través de otro equipo de bombeo, que centrífuga, se distribuye a la red de la empresa Denimatrix S.A.

### **3.4. Tuberías**

El medio de conducción y distribución del vapor es la tubería, esta transporta el fluido a presiones altas que causan esfuerzos de trabajo sobre las paredes de los tubos. La adecuada disposición de la tubería da un buen aspecto a la instalación y tiene como fin reducir al mínimo las resistencias por fricción.

En el mismo orden de ideas se procederá, a mencionar los pasos del proceso de limpieza de las tuberías de las calderas pirotubular de la empresa, la limpieza juega un rol sumamente importante en el proceso de certificación de calderas, porque sin una limpieza adecuada, la caldera, lo más probable es que tanto el bióxido de carbono como el oxígeno son gases que al calentarse el agua en la caldera, pueden pasar al sistema de vapor.

Uno de los mayores beneficios de la limpieza de tuberías, es que fomentará el control del estado de la caldera y su funcionamiento. Teniendo siempre como objetivo principal proteger la vida de los operarios, evitar daños a los equipos y mantener la disponibilidad en el suministro de vapor.

Todas las líneas de tubería entre el motor y que es unidades auxiliares, tanques, unidades de recuperación de calor, entre otros, son limpiadas de manera adecuada una vez al mes. La limpieza correcta es requisito previo para el funcionamiento sin problemas de la central.

La limpieza de las tuberías es realizada por el departamento de mantenimiento, a continuación, se describen los pasos de la limpieza diaria de estas:

- Toda la red de distribución de vapor es revisada a diario para determinar si hay pérdidas en uniones, codos, válvulas, entre otros. Se registran las fallas, y proceden a efectuar cualquier reparación necesaria.
- Se revisan las juntas de expansión ajustando los topes de sujeción y la prensaestopas en los casos necesarios.
- Se revisa el aislante térmico por desprendimiento, erosión, entre otros.
- Inspeccionan las válvulas de control para determinar si operan en condiciones satisfactorias.
- Inspeccionan el funcionamiento correcto de las trampas de vapor.

Asimismo, en la empresa Denimatrix, S.A. se realiza limpieza de las tuberías mensualmente a cargo del departamento de mantenimiento que consiste en lo siguiente:

- Se inspecciona el estado de los anclajes y soportes del sistema.
- Se determina si existe vibración en las tuberías, considerando que aun el menor temblor puede convertirse en algo serio si no se remedia de inmediato. Se registra cualquier problema de vibración tan pronto como es posible para tomar las medidas correctivas correspondientes.
- Los ganchos o soportes doblados o desprendidos causan drenajes inapropiados y deformación de las juntas y pueden finalmente causar escapes. Cualquier defecto se reportan y corrigen los desalineamientos cuando existen, asegurando que cada gancho está montado adecuadamente para soportar la tubería.
- Se limpia la superficie exterior de las tuberías de tal manera que los

escapes y los desperfectos del forro aislante puedan ser fácilmente vistos y reparados. Se pintan de acuerdo al código de colores disponible cuando es necesario.

- Se repara cualquier rotura o grieta que tenga el forro aislante.
- Se comprueban todos los equipos que trabajan con vapor para su buen funcionamiento.
- Se inspeccionan los tanques de condensado y sus accesorios.
- Se revisa el funcionamiento de las válvulas reductoras de presión, además se presta atención a ruidos extraños durante la operación, verificando la presión correcta del lado de baja presión.
- Se inspeccionan las tuberías de entrada y salida a las válvulas y asegurarse que no ocasionan deformación en el cuerpo de la válvula.
- Se limpian los filtros de toda la instalación.

La limpieza de tuberías en la empresa Denimatrix, S.A, está a cargo del departamento de mantenimiento, este proceso es realizado a diario y distintos procesos una vez al mes, porque el nivel interior de la caldera se mantenga libre de grasa, sedimento y materiales extraños. Los depósitos de estos reducen la duración del recipiente de presión e interfieren con la operación eficiente y funcionamiento de los dispositivos de control y de seguridad, además pueden hacer necesario reparaciones y paralizaciones, las cuales son innecesarias y costosas.

En la tabla VII se presenta la hoja de inspección de limpieza de tubería diaria, y conlleva la inspección de distribución de vapor, además de la revisión de las juntas de expansión, revisión del aislante térmico, inspección de las válvulas, se revisa el correcto funcionamiento de trampas y termina el presente proceso con la limpieza de las agujas de regulación de presión.

Tabla VII. **Hoja de inspección de limpieza de tubería diaria**

<b>EMPRESA DENIMATRIX S.A.</b> <b>FICHA DE CONTROL DE LIMPIEZA DE TUBERÍAS</b> <b>LIMPIEZA DIARIA</b>			
<b>Departamento:</b> _____ <b>Fecha:</b> _____ <b>Hora:</b> _____ <b>Evaluador:</b> _____			
Operaciones	Completo	Incompleto	Observaciones
Inspección de distribución de vapor			
Revisión de las juntas de expansión			
Revisión del aislante térmico			
Inspección de las válvulas			
Inspección del funcionamiento correcto de trampas			
Limpieza de las agujas de regulación de presión			
_____ <b>Firma</b>			

Fuente: elaboración propia.

En la tabla VIII se muestra la hoja de inspección de limpieza de tubería al mes, esta evalúa la inspección del estado de anclajes y soportes del sistema verificación de la vibración de las tuberías, la correcta revisión de ganchos, soportes o desprendidos, la limpieza de la superficie exterior de las tuberías, la

adecuada inspección de todos los equipos de vapor, la revisión de tanques condensados, el funcionamiento, inspección del funcionamiento de válvulas reductoras de presión, inspección de entradas y salidas de tuberías y la limpieza de filtros de toda la instalación.

Tabla VIII. **Hoja de inspección de limpieza de tubería mensual**

EMPRESA DENIMATRIX S.A.			
FICHA DE CONTROL DE LIMPIEZA DE TUBERÍAS			
LIMPIEZA MENSUAL			
Departamento: _____			
Fecha: _____			
Hora: _____			
Evaluador: _____			
Operaciones	Completo	Incompleto	Observaciones
Inspección del estado de anclajes y soportes del sistema			
Verificación de la vibración de las tuberías			
Inspección de ganchos y soportes o desprendidos			
Limpieza de la superficie exterior de las tuberías			
Inspección de todos los equipos de vapor			
Inspección de tanques condensados y funcionamiento			
Inspección del funcionamiento de válvulas reductoras de presión			
Inspección de entradas y salidas de tuberías			
Limpieza de filtros de toda la instalación			
_____ <b>Firma</b>			

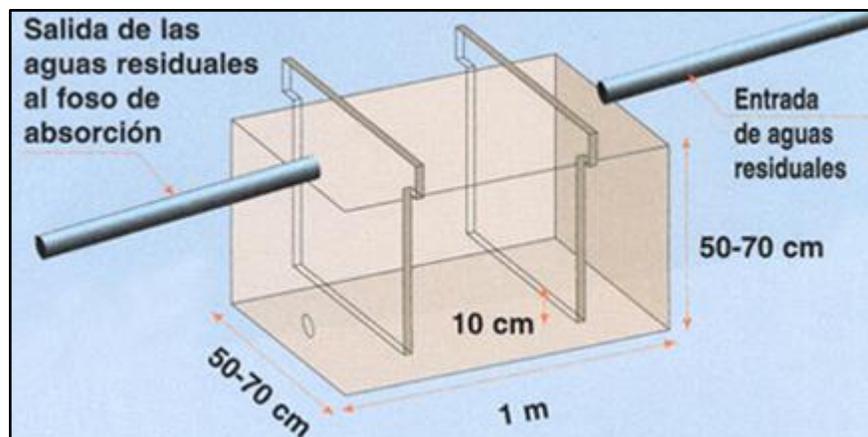
Fuente: elaboración propia.

### 3.5. Puntos de descarga de agua residual en calderas

En el presente apartado, se describen los puntos de descarga de agua residual en calderas, y se procede a mencionar los cálculos de la cantidad de agua a purgar, además de presentar los ciclos de concentración de sólidos disueltos totales y la cantidad de agua a purgar en la empresa Denimatrix, S.A.

El punto de descarga de agua residual de las calderas en la empresa este proceso es realizado en un pozo revestido con grava por el que penetra el agua superficial y se filtra en el suelo circundante y purga la cantidad de 287,90 kg/h a diario. El pozo de absorción de la empresa es un sistema vertical de infiltración al subsuelo de las aguas provenientes de las calderas, a través de sus paredes y piso permeable. Dicho sistema proporcional al agua de un tratamiento físico y biológico a través de la infiltración en un medio poroso.

Figura 21. Pozo de absorción



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2019.

### **3.5.1. Cálculo de la cantidad de agua a purgar**

Uno de los factores principales para la operación óptima de la caldera, es el suministro adecuado del agua. Por la necesidad de mantener un nivel constante dentro de la caldera, y para que no ocurra una falla de alguna de sus partes, todo sistema efectivo de alimentación debe contar con recepción de condensados y equipo de bombeo.

La cantidad de agua que alimenta a una caldera es la del vapor que se produce; y la reserva debe ser proporcional a la capacidad de la caldera. Se recomienda que la cantidad de agua por almacenar sea la mínima para sostener la evaporación en la caldera por lo menos durante 20 minutos.

El agua de alimentación de calderas debe estar a la temperatura más alta manejable, para evitar problemas de dilatación, contracciones y choques térmicos dentro de las mismas. Por tal razón se utiliza el mismo tanque para almacenar la reserva mínima y recibir el retorno de condensados. El sistema de recepción de condensado empieza por la recolección a partir de las trampas de vapor; después la conducción por la red de tuberías de retorno y termina con el tanque de condensado. En conclusión, por la cantidad de purgas efectuadas en la operación al día de las calderas, el agua que se desfoga es de 287,90 kg/h.

### **3.5.2. Ciclos de concentración de sólidos disueltos totales**

Los sólidos disueltos totales, se producen cuando las calderas generan vapor, es la impureza que se encuentra en el agua de alimentación y que no se evapora, esta se concentra en el agua de la caldera. Es importante mencionar que una concentración elevada de sólidos disueltos totales produce burbujas condensas en la superficie del agua en ebullición en la caldera, a causa de que

estas son más espesas que las demás, por lo que el nivel de agua de la caldera aumenta, provocando arrastre de las burbujas al sistema, generando que el vapor sea húmedo. El aumento del nivel de agua es porque el espacio del vapor en la caldera se satura de burbujas.

El nivel elevado de sólidos disueltos totales en el agua de la caldera, forma incrustaciones no únicamente en la caldera, también en las válvulas, intercambiadores de calor, marmitas y trampas de vapor, a causa de los arrastres de agua al sistema de vapor.

Con base en lo anterior, es preciso mencionar, que la concentración de los sólidos disueltos totales deberá siempre estar dentro de límites regulados por el proveedor y fabricante de las calderas, evitando que estos lleguen a afectar los equipos, de igual manera la calidad del vapor. El control de la concentración de los sólidos disueltos totales se efectúa a través de la purga de agua de la caldera. Por lo que la cantidad de agua a purgar se establece en base a la cantidad de sólidos disueltos totales en el agua de alimentación de las calderas y la cantidad de vapor que las calderas estén produciendo. Los sólidos disueltos totales pueden manifestarse en distintas unidades, entre estas las más comunes son ppm y  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

El control de sólidos disueltos totales en el agua de las calderas se efectúa para impedir incrustaciones en la tubería y paredes de la caldera, también, el buen control de los sólidos disueltos totales favorece para tener calidad de vapor y niveles fijos en el agua de las calderas, a través de estos se evitan arrastres de agua al sistema de distribución.

El proceso de ciclos de concentración de sólidos disueltos totales en una caldera, pueden ser calculados por dos vías:

- Dividiendo los cloruros, determinados del agua de calderas entre los cloruros del agua de alimentación, como se muestra a continuación:

Agua de alimentación de la caldera

Cloruros = 30mg/l valor de la caldera

Cloruros= 90 mg/l ciclo de concentración=  $90/30 = 3$  esto indica que el agua dentro la caldera se ha concentrado 3 veces sus valores iniciales.

- Dividiendo los sólidos totales disueltos STD, determinados en el agua de la caldera, entre los STD, del agua de la alimentación de la siguiente manera:

STD en la caldera: 3 000 ppm

STD en el agua de alimentación: 500 ppm

Cálculo de los ciclos de concentración (cc):  $STD \text{ caldera}/STD \text{ agua de alimentación}$ .

CC=  $3\ 000 \text{ ppm}/500 \text{ ppm}$

CC= 6 significa que la caldera tiene 6 ciclos de concentración, se ha concentrado 6 veces.

- Equipo para el control de sólidos disueltos totales en calderas

Es relevante, mencionar que el control de la concentración de sólidos disueltos totales en el agua de las calderas se efectúa a través de la purga de superficie.

En el proceso de funcionamiento de una caldera, la evaporación de vapor deja atrás una notable concentración de minerales en el agua, los cuales son generadores de incrustaciones o corrosión. Ante todo, la corrosión genera averías en los tubos de la caldera, tiempos muertos y reparaciones con altos

costes. Al mismo tiempo, la formación de incrustaciones en superficies de transferencia de calor reduce la eficacia térmica, provocando corrosión bajo el depósito. A causa de esto, es posible que sea imprescindible paralizar el sistema para efectuar limpieza y el respectivo mantenimiento de los tubos de la caldera.

Cada una de estas situaciones suelen ser costosas de corregir y difíciles de gestionar. La conductividad puede usarse para controlar la purga principal con distintos grados de sofisticación:

- El control más sencillo se efectúa manualmente ajustando la válvula de estrangulación manual en función de la lectura de conductividad. Este proceso se realiza sin válvula de control.
- El control de encendido-apagado automático usa un punto de referencia y un relé en el transmisor de conductividad para abrir y cerrar una válvula de control de solenoide. La válvula de estrangulación puede usarse para limitar el caudal cuando la válvula de solenoide este abierta.
- El control automático proporcional usa un punto de referencia y control PID (proporcional, integral, derivado) en el transmisor de conductividad para modificar una válvula de control proporcional. En estas situaciones, no es imprescindible la válvula de estrangulación. Como alternativa, el control PID podría efectuarse el ciclo de una válvula de solenoide con temporización proporcional.

Sobre todo, es imprescindible mencionar el equipo de conductividad de Mettler-Toledo Thornton para control de purga de caldera, describiendo las siguientes características:

- Transmisor de conductividad M300, disponible con uno o dos canales de sensor.
- 58 031 264 Sensor de conductividad de agua de la caldera.
- 58 084 016 Carcasa de flujo de sensor de conductividad.
- 58 080 20X Cable VP.

Figura 22. **Transmisor de conductividad M300**



Fuente: elaboración propia, empleando captura de pantalla.

De la misma forma se muestran las características del transmisor multiparámetro 770MAX:

- Transmisor multiparámetro 770MAX con 4 canales.
- 58 031 038 sensor de conductividad de agua de la caldera.
- 58 084 016 carcasa de flujo del sensor de conductividad.
- 1XXXX-79 cable de conexión.

Finalmente es preciso mencionar, que cualquiera de las anteriores opciones de medición, además pueden proporcionar mediciones continuas de pH y oxígeno disuelto de una muestra enfriada aumentando los sensores respectivos de MettlerToledo Thornton.

Figura 23. **Transmisor multiparámetro 770MAX**



Fuente: elaboración propia, empleando captura de pantalla.

### **3.5.3. Cantidad de agua a purgar**

En los puntos de descarga de agua residual en calderas, para calcular la cantidad de agua a purgar, es necesario conocer, la máxima concentración de sólidos disueltos totales en partes por millón del agua de la caldera, la cantidad de sólidos disueltos totales en partes por millón del agua de alimentación, también la cantidad de vapor generada por la caldera. La concentración de sólidos disueltos totales se obtiene a través de un análisis de concentración, este se centra en la conductividad del agua. Con el control automático de purga se logra tener la concentración de sólidos disueltos totales a su límite máximo, lo cual forma una disminución de la cantidad de agua a purgar.

Para controlar la concentración de sólidos totales disueltos TDS en el agua de la caldera, tiene un máximo nivel de total de sólidos disueltos TDS de 1 700 ppm, es decir, la empresa tiene una concentración del total de sólidos disueltos TDS en el agua de alimentación de 80 ppm, porque tiene una producción de vapor de 5 830 kg/h, y la producción de la empresa es:

$$A = \frac{80 \text{ PPM (C)} \times 5830 \text{ KG/H (B)}}{1700 \text{ PPM (D)} - 80 \text{ PPM (C)}}$$

$$A = 287,90 \text{ KG/H}$$

Por lo tanto, la cantidad de agua que necesita purgar el sistema de la empresa objeto de estudio es 287,90 kg/h.

En consecuencia, puede observarse la pérdida de energía que da esta cantidad de agua, por lo que, es necesario purgar para evitar mayores gastos por incrustaciones y todo lo demás, es decir, es preferible purgar, que correr el riesgo de tener que disminuir la capacidad de generación de vapor, que eso es lo que se requiere para las operaciones de la empresa.

La cantidad de 287,90 kg/h da una cantidad de energía disipada de 742 kJ/kg, que es el calor del agua a una presión determinada de 8,5 bar, este es durante el tiempo de operación de la caldera. Para calcular la cantidad de energía que se pierde al purgar el agua de la caldera, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{P + hf}{3600}$$

Dónde:

Q = pérdida de energía en KW

P = cantidad de purga en Kg/h

hf= entalpía de líquido a la presión de la caldera, es decir, energía disipada por la purga, que es la que se calculó anteriormente en base a la cantidad de agua de purga que se descarga.

3 600 = conversión de horas a segundos

Por lo tanto, la pérdida de energía da un resultado de:

$$\frac{287,90 \text{ KG/H} \times 742 \text{ KJ/Kg}}{3\ 600 \text{ SEG/H}} = 59,34 \text{ KW}$$

Con base en lo anterior, se concluye que, por la purga de la caldera en operación, se pierden 59,34 kw de energía.

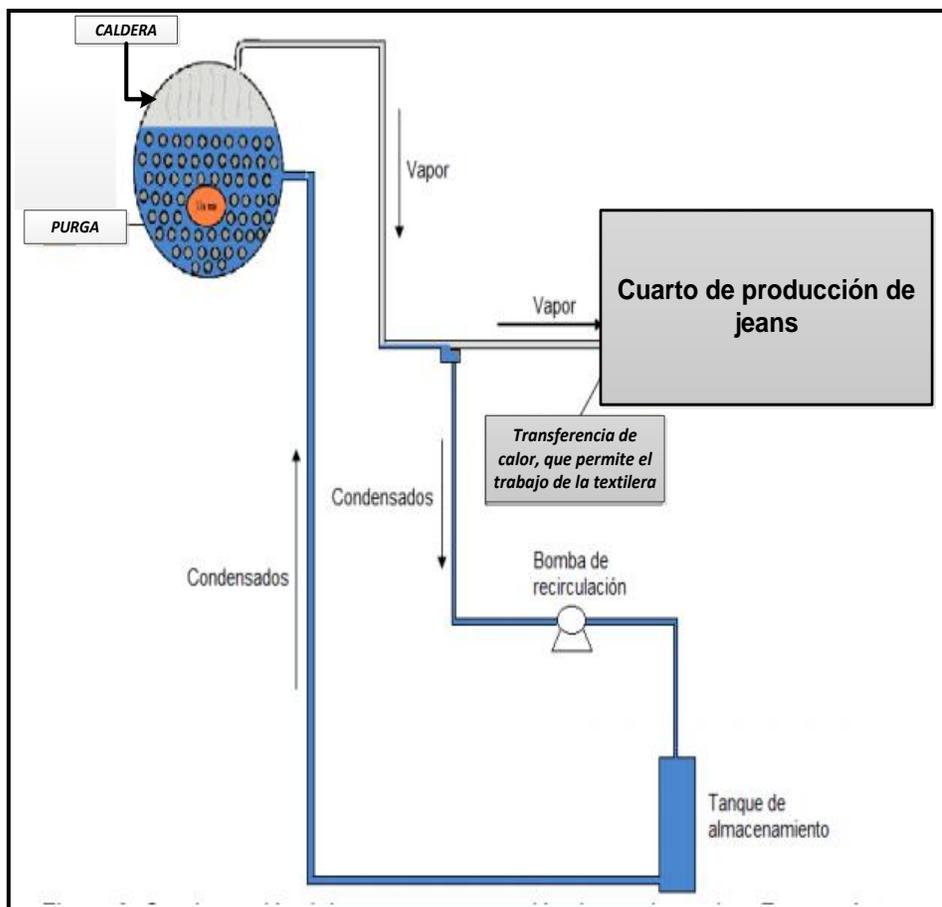
### **3.6. Diseño conceptual**

En el presente apartado se muestra el diseño conceptual del proceso de condensación del vapor, este ocurre cuando el vapor sale de la caldera y empieza a ceder su energía calórica a cualquier superficie que se encuentre por debajo de su temperatura, por lo mismo, una parte de este se condensa, volviéndose agua a la misma temperatura. El condensado pierde la energía, cayendo agua caliente a la parte baja donde se transporta, y este debe ser drenado del circuito de vapor.

Las calderas en la empresa trabajan con calor, y transmite fluidos, regularmente agua, que se vaporiza y automáticamente se transporta a un equipo consumidor, en el que fluye esa energía. En la figura 24 se muestra el proceso, de cómo el vapor de la caldera llega a través de las tuberías al cuarto de producción de jeans, generando la transferencia de calor, que permite el trabajo de la empresa objeto de estudio, de igual forma se puede visualizar la

ubicación de la purga manual actual, es decir, que no se observa un sistema de control automático de sólidos disueltos totales.

Figura 24. **Diseño conceptual**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2019.

### 3.7. Limpieza de equipo

Con respecto a la limpieza del equipo, esto se da a través de las válvulas de purga o de descarga, estas están colocadas en los puntos bajos de las

líneas, para eliminar el agua cuando se hace la desinfección de la red de distribución y para permitir la evacuación del agua siempre que sea necesario.

Esto ocurre generalmente, cuando se está llenando la línea para asegurar la salida del aire, cuando se va a vaciar la línea para ser reparada o por otras razones de naturaleza operacional, tales como limpieza de la línea mediante purgado de sedimentos. Los sedimentos acumulados en los puntos bajos de la línea de conducción con topografía accidentada, provocan la reducción del área de flujo del agua, siendo necesario instalar válvulas de purga que permitan periódicamente la limpieza de tramos de tuberías. En el siguiente apartado se presentan las válvulas de purga.

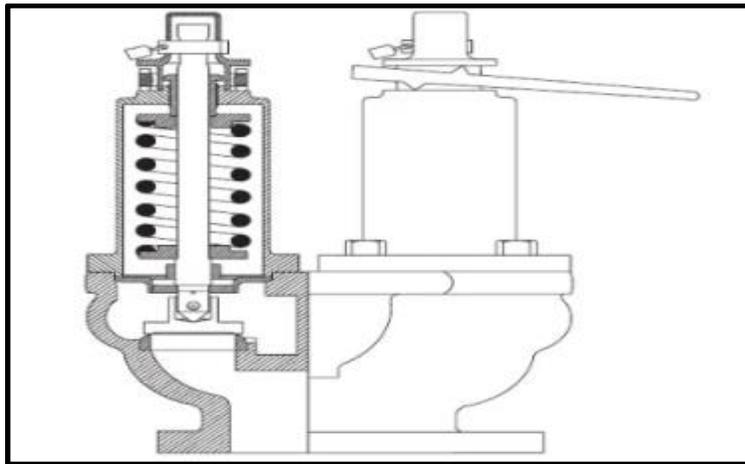
### **3.7.1. Válvulas de purga**

Previo a desarrollar y presentar el tipo de válvulas para el sistema de descarga de purgas, es imprescindible mencionar las normativas de válvulas de seguridad (UK), que establece que las calderas con una capacidad de evaporación superior a 3 700 kg/h tendrán instaladas como mínimo una válvula de seguridad o una válvula de seguridad doble, es decir, dos válvulas con una válvula de conmutación, según el rendimiento de la caldera. También las tuberías de descarga de la válvula de seguridad no deben tener obstrucciones y deben drenar de manera libre para garantizar que el condensado no se acumule.

- **Válvula de seguridad:** es uno de los accesorios más imprescindibles de la caldera, su función es proteger el cuerpo de la caldera de sobrepresión e impedir que explote. La normativa BS 6759 (ISO4126), trata de las válvulas de seguridad en calderas de vapor, y BS2790 también refiere las especificaciones del diseño y fabricación de calderas pirotubulares.

Existen distintos tipos de válvulas de seguridad instaladas en la planta objeto de estudio, todas cumplen con la seguridad de dar salida a un caudal de vapor equivalente a la potencia térmica de la caldera. Es preciso mencionar, que el rango de capacidad de descarga total de la válvula de seguridad debe estar en un rango de 110 % de la presión de diseño de la caldera. Por lo que, el orificio que conecta la válvula de seguridad a la caldera debe ser como mínimo de 20 mm. Es importante que exista un margen adecuado entre la presión normal de trabajo de la caldera y la válvula de seguridad.

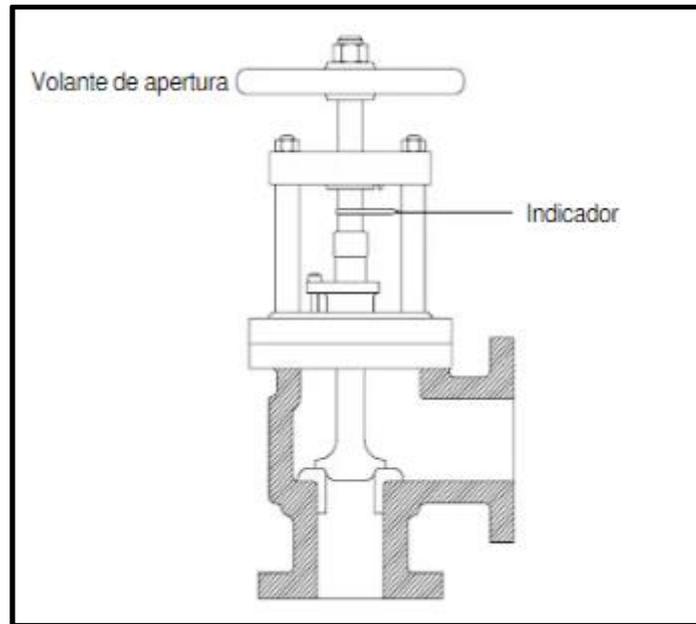
Figura 25. **Válvula de seguridad**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2019.

- Válvula de interrupción: la caldera tiene instalada una válvula de interrupción, esta también se le llama válvula de salida de vapor, aísla la caldera de vapor y su presión del proceso de la planta de producción. Por lo regular es una válvula de globo en ángulo del modelo de husillo, tal y como se muestra en la figura 26.

Figura 26. **Válvula de interrupción**

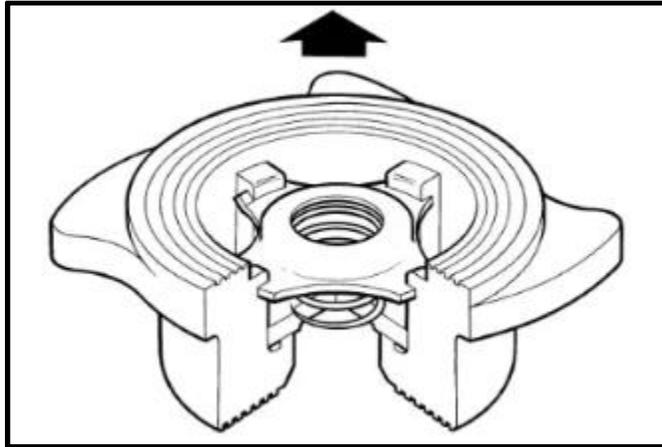


Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2019.

La válvula de interrupción está diseñada para brindar más o menos vapor, debe abrirse o cerrarse por completo. Siempre debe abrirse despacio para evitar aumentos repentinos de presión aguas abajo y los golpes de ariete.

- Válvula de retención: la válvula de retención, esta se instala en la tubería del agua de alimentación de la caldera, en medio de la bomba de alimentación y la caldera. Es preciso mencionar que, una válvula de aislamiento para la alimentación a la caldera se instala en el cuerpo de la caldera.

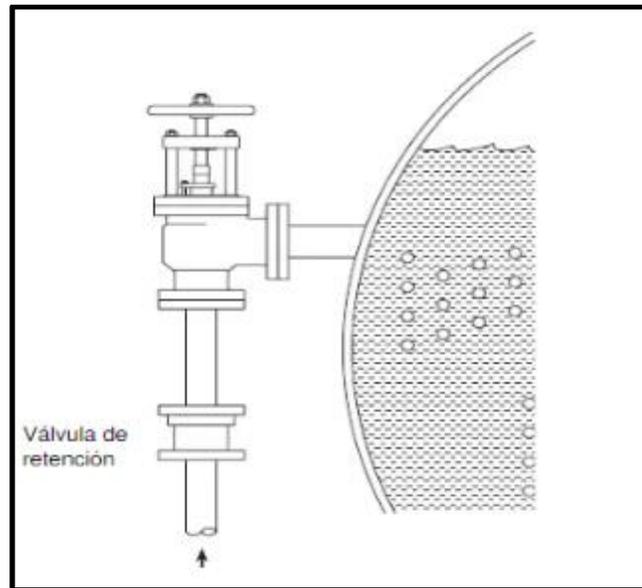
Figura 27. **Válvula de retención**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2019.

Entre las descripciones generales de una válvula de retención, esta contiene un resorte que mantiene la válvula cerrada cuando no hay presión en la caldera, aun si el tanque de alimentación tenga un nivel elevado, también evita que la caldera se inunde por la presión estática del agua de alimentación. En condiciones normales de vapor, esta válvula funciona de forma convencional, deteniendo el flujo del retorno de la caldera que entra en la línea de alimentación cuando la bomba de alimentación es detenida y cuando la bomba de alimentación se pone en marcha, su presión vence al resorte para alimentar dicha caldera.

**Figura 28.** Posición de la válvula de retención



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2019.

En consecuencia, debido al constante proceso de evaporación que se produce en la caldera, las impurezas contenidas en el agua, aún tratada, se concentran aumentando así el nivel total de sólidos disueltos TDS. Si el nivel de total de sólidos disueltos TDS excede el máximo permitido por la regulación local o el valor fijado por el fabricante de la caldera, se producirá formación de espuma y consecuente arrastre, llevando así la contaminación al sistema de distribución de vapor, tal y como se mencionó anteriormente.

Cabe agregar que estos sólidos se van depositando en los tubos y fondo de la caldera, además, su acumulación produce un efecto de aislante térmico, disminuyendo así la transferencia de vapor, lo que hace que se requiera mayor combustible para alcanzar la misma temperatura del agua.

Por lo que, si este efecto no se controla, el aumento de temperatura de los tubos puede ser tal que se alcance la temperatura de diseño de estos, produciendo entonces su rotura con las consecuencias graves que esto puede traer a la seguridad de la caldera.

En el fondo de la caldera, la acumulación de sedimentos, comúnmente llamados barros, puede alcanzar la cámara húmeda e incluso el fogón, pudiendo producir roturas en esa zona. Para prevenir todos estos problemas, es necesario e importante realizar las purgas de la caldera con la frecuencia y en la cantidad adecuada. De aquí la importancia de las válvulas de purga de caldera.

- Válvula de purga continua o purga de superficie: es la que remueve una cierta porción del agua de caldera en forma continua o periódica, con el objetivo de mantener la concentración del total de sólidos disueltos TDS dentro de los límites admisibles. Al mismo tiempo, agua tratada debe ser adicionada a la alimentación de la caldera para compensar esta remoción

Figura 29. **Válvula de purga continua o purga de superficie**



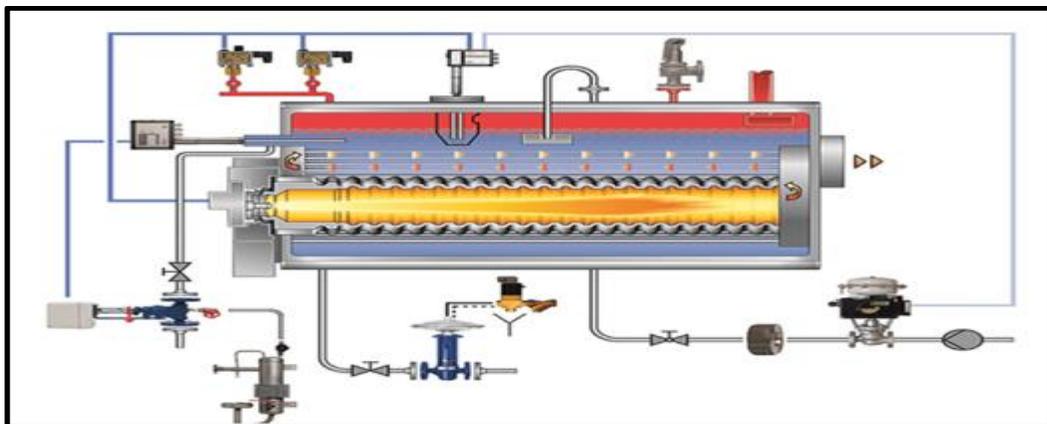
Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2019.

Por lo general, para la selección de la válvula, debe considerarse tanto el diseño como los materiales, porque la misma estará sometida a la presión y temperatura del agua de la caldera y además debe soportar la caída de presión que se producirá cuando se descarga el agua, porque se encuentra a la temperatura del equilibrio, cualquier caída de presión producirá el fenómeno de *flashing*, que desgasta prematuramente los internos de la válvula.

La cantidad de agua a descargar por la válvula se determina en función de la conductividad del total de sólidos disueltos TDS, medida del agua de la caldera, la capacidad de la misma y el nivel máximo de conductividad admisible. El proceso de purga puede realizarse en forma manual o automatizarse utilizando un sistema que se compone de:

- Válvula de purga con actuador
- Sensor de conductividad de agua
- Controlador que recibe la señal del sensor y opera (abre o cierra) la válvula en función del valor medido y seteado.

Figura 30. **Ubicación de válvulas**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2019.

Es preciso considerar, la conductividad en función de la temperatura, y se debe realizar la compensación del valor medido. La automatización de la purga de superficie asegura que la cantidad de agua descargada por la válvula será solo la necesaria, aumentando así la eficiencia del sistema.

Por otro lado, como ya se mencionó anteriormente, los depósitos de sólidos que forman escamas en las superficies de calentamiento y se asientan en el fondo de la caldera son resultado de la dureza residual o un excesivo contenido de fosfatos en el agua de caldera. La formación de escamas o incrustaciones crean una capa aislante del calor, lo que significa que las superficies de transferencia de calor están expuestas a la presión de diseño, pero a temperaturas más elevadas, que pueden terminar provocando deformaciones y hasta inclusive una explosión.

Figura 31. **Válvulas**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2019.

Para evitar lo antes referido, se debe realizar una purga periódica de sólidos o barros acumulados en el fondo utilizando la válvula de purga intermitente. La función de tal válvula es únicamente eliminar los lodos acumulados, para esto debe abrir rápidamente y durante periodos muy cortos de tiempo, es decir, segundos. Pretendiendo lograr, un efecto tipo succión de estos lodos en un corto tiempo, para esto es importante el diseño de los internos de la válvula.

La apertura de la válvula durante periodos más largos llevaría a pérdidas de agua, que se verán reflejadas en disminución de la eficiencia de la caldera. Al igual que en la purga continua, la purga intermitente puede realizarse en forma manual o automatizarse para lograr una mejor eficiencia. Para la automatización el sistema más simple se requiere de:

- Válvula de purga con actuador neumático y solenoide
- Controlador con *timer* que permita setear el intervalo y la duración de la apertura de la válvula.

De manera conclusa, puede mencionarse que tener un sistema de purgas automático puede reducir significativamente las pérdidas de agua de la caldera, y por lo tanto, las pérdidas de los productos químicos para el tratamiento de agua de combustible y reducir costos de mantenimiento.

### **3.8. Instalación del sistema de purga**

En el presente apartado, se desarrolla el diseño del controlador de sólidos disueltos, el equipo auxiliar, para la instalación del sistema de purga. No obstante, antes de continuar es preciso mencionar, la importancia de instalar un controlador de purga, esto es para disminuir los niveles de sólidos disueltos totales y suspendidos en una caldera, el agua periódicamente es descargada o purgada y existen altos contenidos de sólidos disueltos, que pueden inducir a la formación de espuma y arrastre de agua de la caldera en el vapor.

Esto genera golpes de ariete, que dañan las tuberías y trampas de vapor. Tal y como se mencionó antes, la purga de superficie elimina sólidos disueltos que se acumulan cerca de la superficie del líquido de la caldera, y es un proceso continuo.

Es decir, que los sólidos suspendidos y disueltos, de igual manera pueden formar lodo. Lodos que deben ser eliminados porque reducen la capacidad de transferencia de calor de la caldera, dando por resultado baja eficiencia de conversión de combustible a vapor, también daños a contenedores presurizados.

Es importante señalar que, en el proceso actual de purga de superficie de la empresa, existe una cantidad específica de agua de la caldera, que posee concentraciones elevadas de sólidos disueltos, que se descarga en el alcantarillado. En este proceso manual se desperdicia agua y productos químicos, el proceso de purga malgasta energía de calor, esto sucede porque el líquido de purga tiene la misma temperatura que el vapor producido, regularmente a 366 °F para 150 libras por pulgada cuadrada (PSI) vapor

saturado, lo que significa que el sistema de recuperación de calor de purga, si está disponible, no está al cien por ciento de efectividad.

### **3.8.1. Diseño del controlador de sólidos disueltos**

Previo a presentar el diseño del controlador de sólidos disueltos, se mencionan las ventajas del sistema de control automático. Con el control manual de purga de superficie, el sistema actual de la empresa, no hay ninguna forma de determinar la concentración de sólidos disueltos en el agua de la caldera, tampoco de la tasa de purga óptima. El personal técnico a cargo no sabe con exactitud cuándo purgar ni por cuánto tiempo, lo realizan de manera empírica, tal y como se mencionó en el capítulo anterior, además, usando una tasa fija de purga no se consideran los cambios del agua de alimentación, tampoco las condiciones del agua de alimentación, o las variaciones en la demanda de vapor o condensado de retorno.

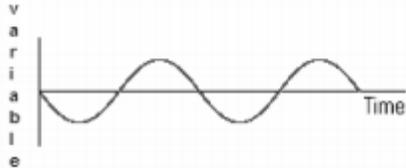
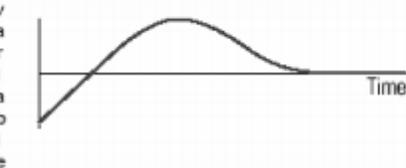
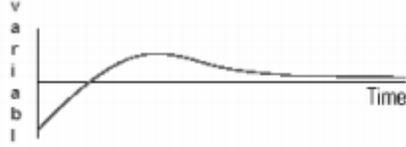
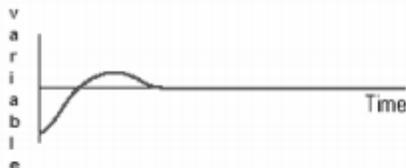
Un sistema de control de purga automática perfecciona las tasas de purga de superficie, regulando el volumen de agua descargada de la caldera en función de la concentración de sólidos disueltos presentes. Además, el sistema de control automático de purga de superficie conserva la química del agua en los límites aceptables, en tanto que se minimiza la purga y la reducción de las pérdidas de energía. Los ahorros de costo provienen de la reducción significativa en el consumo, tratamiento, disposición y calentamiento de agua.

El funcionamiento, del sistema de control de purga automática, es a través de sondas de alta o baja presión se usan para medir la conductividad. Las sondas de conductividad retroalimentan a un controlador de purga que compara la conductividad medida con un valor de consigna y luego transmite una señal de salida que llega a una válvula de purga.

En los controladores de sólidos disueltos totales, existen tres acciones básicas de control modulante:

- Proporcional: este es la acción básica del sistema de control modulante, el control del proceso cambia proporcionalmente al cambio de las condiciones de este. Necesita estar constantemente ajustando el punto de referencia conforme el medio cambie.
- Integral: es la acción que permite a un control modulante proporcional ajustar automáticamente el punto de referencia conforme el medio cambie.
- Derivativa: mide y reporta el porcentaje de cambio del proceso y ajusta el parámetro del controlador para minimizar el cambio brusco de control. En la figura 32 se muestran los distintos controles.

Figura 32. Distintos modos de control y sus respuestas

Modo de control	Respuesta típica del sistema	Ventajas/desventajas
Todo/nada		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ No costoso</li> <li>■ Simple</li> <li>■ El control puede encontrarse fuera de los requerimientos.</li> </ul>
Proporcional		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Simple y estable</li> <li>■ Poca supervisión</li> <li>■ Facil de ajustar</li> <li>■ El control puede encontrarse fuera de los requerimientos</li> </ul>
Proporcional + Integral <b>P + I</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ No necesita ajustarse</li> <li>■ Puede ser inestable</li> <li>■ En arranques puede encontrarse fuera de los requerimientos</li> </ul>
Proporcional + derivativo <b>P + D</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Estable</li> <li>■ No necesita ajustarse</li> <li>■ Responde rapidamente a los cambios</li> </ul>
Proporcional, Integral + derivativo <b>P+I+D</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Mejor opción para un istema de control</li> <li>■ Necesita personal calificado para su operación y mantenimiento</li> <li>■ Costo elevado en comparación con otros controles</li> </ul>

Fuente: Spirax Sarco. *Design of fluid systems: steam utilization*. p. 55.

Por lo que, la conductividad es una medida de la corriente eléctrica llevada por iones positivos y negativos cuando se aplica un voltaje a través de electrodos en una muestra de agua. Conductividad aumenta cuando aumentan las concentraciones de iones disueltos. Y la corriente medida es directamente proporcional a la conductividad específica del fluido. Sólidos disueltos totales, sílice, concentraciones de cloruro, o alcalinidad, contribuyen a las medidas de conductividad. Estas especies químicas son indicadores fiables de sales y otros contaminantes en el agua de la caldera.

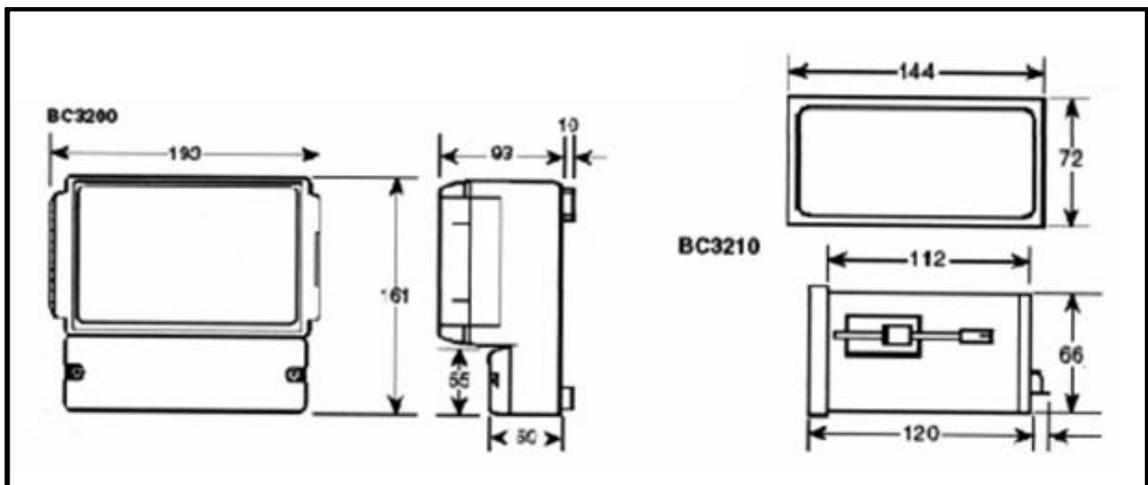
En referencia al diseño del controlador de sólidos disueltos, la mayoría de estos son digitales, trabajan a base de tecnología de microprocesador, las funciones y características más comunes de este son:

- Lazo simple de control: opera una válvula y un actuador de un solo sensor.
- Lazo múltiple de control: puede operar más de una válvula y actuador de varios sensores.
- Salida/Entrada simple: puede aceptar solo una señal del sensor y envía una sola señal al actuador.
- Salida/Entrada múltiple: acepta múltiples entradas y envía múltiples señales.
- Tiempo real: puede incluir un reloj y accionarse a determinado tiempo programado.
- Lapso de tiempo: puede cambiar la señal a un predeterminado lapso de tiempo antes de que el sistema haya sido apagado o encendido.

Es de suma importancia que el control sea continuo para que la cantidad de agua purgada no repercuta en la estabilidad de temperatura y presión de la caldera. Se instalará el controlador de conductividad BC3200 que es un controlador continuo, y opera bajo el modo de control proporcional, integral y

derivativo que se requiere. El controlador de conductividad BC3200 es un equipo de doble tensión para el control de la conductividad de líquidos, como se mencionó anteriormente. Contiene un panel frontal tiene un led de cuatro dígitos y dos botones para seleccionar, ver y cambiar los parámetros de configuración. Durante la operación normal, el *display* muestra el valor medido en ese momento de los sólidos totales disueltos TDS.

Figura 33. **Dimensiones en milímetros del controlador de conductividad BC3200**



Fuente: Aguamarket. *Dimensiones en milímetros del controlador de conductividad BC3200.*  
<https://www.aguamarket.com/sql/productos/catalogos/controlador%20para%20purga%20de%20caldera%20BC-3200.pdf>. Consulta: 10 de marzo de 2020.

Los materiales del controlador de conductividad BC3200, la caja es de Poliestireno y Noryl con fibra de vidrio (Bc3210), el panel frontal está fabricado de policarbonato (BC3200) y poliéster (BC3210).

### 3.8.2. Equipo auxiliar

El equipo auxiliar de la implementación de un controlador de conductividad BC3200, corresponde a un conductímetro, porque es imprescindible medir la conductividad en el agua de las calderas de la empresa, con el objetivo de poder calibrar el sistema de control del total de sólidos disueltos TDS y la concentración dentro de las mismas. Por lo que, es imprescindible contar con un instrumento de medición portátil, que pueda usarse, como instrumento de medición de la conductividad.

El conductímetro convierte automáticamente el valor de conductividad eléctrica en ppm, dando una lectura directa de la concentración de sólidos disueltos, conductímetro que funcionan a base de la conductividad inductiva, se utilizará el conductímetro modelo LUTRON YK-43CD.

Figura 34. **Conductímetro modelo LUTRON YK-43CD**



Fuente: Tecnomab Soluciones Generales. *Conductímetro modelo LUTRON YK-43CD.*

<https://www.valiometro.pe/medidor-de-conductividad-portatil-yk-43cd>. Consulta: 10 de marzo de 2020.

En el mismo orden de ideas, se muestran las características de conductímetro modelo LUTRON YK-43CD:

- El electrodo separado permite una fácil operación
- En el medidor de conductividad mide en multirangos rangos: 1,999 mS y 19,99 mS.
- El rango de medición de temperatura es de 0 a 60 °C.
- Presenta un circuito incorporado de compensación de temperatura automático ajustable entre 0 y 5,0 % por °C Circuito.
- Microprocesador con función inteligente.
- Graba las mediciones máximas y mínimas con función de llamado posterior.
- Funciona con retención de datos.
- La función de autoapagado resguarda la vida de la batería.
- Carcasa resistente compacta de alta duración diseñada para ser llevada fácilmente.
- Interface serial RS32 para entrada en PC.
- Función de cambio de unidad de temperatura C° y F°.

En la tabla IX se muestran las especificaciones técnicas del conductímetro:

Tabla IX. **Especificaciones técnicas**

Circuito	Circuito microprocesador LSI
Pantalla	51 mm x 32 mm, LCD función dual, tamaño de Dígito 15 mm (0,6")
Efectividad	+/- (3 % F.S. + 1d) en escala total

Continuación de la tabla IX.

Mediciones y rangos	Dos rangos: 1,999 mS y 19,99 mS.
Llamado de memoria	Guarda las lecturas máxima y mínima
Retención de datos	Presionando un botón en el panel frontal
Grabado en memorias	Graba las mediciones máxima y mínima
Aviso de sobrecarga	Un símbolo "-----" aparecerá en pantalla
Temperatura de operación	0° a 50°
Humedad de operación	Máximo 80 % R.H.
Fuente de pPoder	006P, MN1604 (PP3) Baterías DC 9 V o equivalente alcalinas, o de alta duración
Dimensiones	200 (L) x 68(W) x 30(H) mm, ( 7,9" L x 2,7" W x 1,2" pulg)
Peso	270g./0,60 lb.

Fuente: elaboración propia.

### 3.9. Mantenimiento

En este apartado se hará una breve referencia de la importancia del mantenimiento preventivo y correctivo, ya que en el capítulo siguiente se presentarán las rutinas de dichos mantenimientos para el sistema a implementar en la empresa. En referencia al mantenimiento, este es a base de la ingeniería de mantenimiento, que refiere a los servicios en un nivel de excelencia profesional y uso eficaz de los recursos, garantizando un alto grado de confiabilidad. La implementación del sistema de gestión de mantenimiento será utilizado como un medio valioso de ayuda para evitar, controlar, prevenir y pronosticar paradas del equipo.

### **3.9.1. Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo disminuye hasta en un 30 % los costos de mantenimiento y está centrado en el conocimiento del equipo, se desgastan con el tiempo, y con dicho conocimiento se puede determinar la vida útil del sistema.

A este tipo de mantenimiento también se le denomina mantenimiento planificado, porque tiene lugar previo a que ocurra alguna avería o falla, se realiza bajo condiciones inspeccionadas sin la existencia de error en el sistema. Se efectúa a razón de la experiencia del personal a cargo, los cuales por lo general son los encargados de identificar el momento exacto para llevar a cabo mencionado procedimiento; a través de los manuales técnicos también se puede estipular el momento adecuado para el mantenimiento preventivo. Cabe agregar algunas características del mantenimiento preventivo a continuación:

- Se efectúa al momento en que no se estén operando los equipos
- Esta clase de mantenimiento cuenta con una fecha programada, también con un tiempo de inicio y de terminación preestablecido.
- Se realiza a cabo un programa previamente efectuado donde se describe el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios.
- Está enfocado a un área en particular y a ciertos equipos específicos. Se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los equipos.
- Se cuenta con un historial de mantenimiento y por ende de funcionabilidad de los equipos.
- Esta clase de mantenimiento tiene un problema esencial que está basado en el tiempo, con el cual, un equipo puede fallar antes del mantenimiento y se tendría una falla catastrófica, o se puede cambiar una pieza cuando ya se cumplió el tiempo, estando aún alguna pieza en buenas condiciones.

### 3.9.2. Mantenimiento correctivo

En este tipo de mantenimiento los equipos operan de manera continua, sin interrupción alguna. No obstante, cuando las fallas ocurren, pueden ser severas y causar daños a otras partes del equipo, en otras palabras, se llega a lo que se conoce como una falla desastrosa. Esta clase de mantenimiento por su naturaleza no puede planearse en tiempo, presenta costos por reparación o adquisición de repuestos no presupuestados, porque puede implicarse el cambio de alguna pieza de los equipos cuando es imprescindible. En la siguiente tabla se detallan los costos de los mantenimientos preventivo y correctivo.

Tabla X. **Comparación de los tipos de mantenimiento en función de costos**

Costos	Correctivo	Preventivo
Implementación	Bajos	Medios
Improductividad	Altos	Medios
Tiempo de parada	Altos e indefinidos	Predefinidos

Fuente: elaboración propia.

### **3.10. Calibración del sistema de control automático de sólidos disueltos totales**

Cada equipo de medición debe ser calibrado periódicamente con el objetivo de comprobar su exactitud, estos periodos dependen del uso que se tenga del mismo sistema, en casos de que el equipo este fuera de rango el mismo debe ser calibrado bajo procedimiento estándar.

Es imprescindible mencionar que, por seguridad, todas las operaciones de calibración y operación del sistema automático de purga de las calderas, estas actividades deben ser realizadas por personal capacitado en dichas tareas específicas, y cualificado. Se debe tomar en cuenta que todos los equipos, componentes del sistema automático de purga de las calderas están bajo presión, por lo mismo a temperaturas peligrosas para el personal de la empresa. Por lo que cualquier parte de tubería, controlador, válvula y cualquier otra pieza, debe ser tomarse en cuenta que están a temperaturas superiores a los 100 °C.

Una vez presentadas los puntos de seguridad anteriores, es preciso mencionar que la calibración del sistema automático de purga de las calderas se realiza de forma análoga, transformando la altura del líquido al valor correspondiente de la presión a simular. En secuencia de los siguientes pasos imprescindibles:

- Primero se realiza un análisis de concentración del total de sólidos disueltos TDS con el conductivímetro del agua de la caldera y del agua de alimentación.
- Segundo se registra la lectura de concentración del total de sólidos disueltos TDS, en los registros de bitácora para el respectivo historial.

### **3.10.1. Mantenimiento del sistema de control de sólidos disueltos**

En referencia al mantenimiento el sistema de control automático de sólidos disueltos totales no tiene partes internas que soliciten mantenimiento, únicamente es necesaria una limpieza periódica.

Además de la limpieza, es imprescindible que si el controlador muestra condiciones de fallo en 12 horas, este debe ser retirado, para limpiarlo. Ya que es probable que se acumulen incrustaciones en la varilla, si esto sucede deben eliminarse ya que esto provocará más conductividad con el sistema automático de limpieza.

Tomando en cuenta que el sistema de control automático de sólidos no es un sustituto de tratamiento de agua adecuado. Podría ser que, en condiciones muy rígidas, deba limpiarse más seguido que lo común. Por lo mismo a continuación se nombrarán algunas actividades específicas de la limpieza del mismo:

- Para limpiar la sonda manualmente, la sonda no tiene partes internas que requieran mantenimiento, por lo que cualquier intento de desmontar la sonda podría causar daños irrefutables en la sonda. Entonces para limpiarla, retirar la sonda y limpiar con un trapo húmedo.
- Para las incrustaciones difíciles de eliminar, utilizar papel de lija fino (600 grit máximo), para la varilla. Es importante, no utilizar abrasivos en la sonda. Si hubiese un exceso de corrosión en la varilla, es conveniente sustituir la sonda.
- Para los recambios se deben reportar a gerencia para comunicarse con el proveedor.

### 3.10.2. Evaluación económica

La evaluación económica se realiza a través del método de análisis beneficio costo que se centra en la razón de los beneficios a la razón de los costos del presente proyecto. Por lo que, el primer punto es la evaluación, determinar qué beneficios se obtendrán, además de los costos.

En relación, al cálculo de la razón B/C del presente proyecto es imprescindible tomar en cuenta el costo del sistema y cada uno de sus componentes, así como los ahorros causados en referencia al combustible generado con la implementación, del mismo.

El sistema de control automático de sólidos tiene un costo aproximado de Q 110 750,00 que incluye la instalación y costos de mantenimiento. Al momento de implementar el sistema de control automático de sólidos, se reflejará un ahorro del Q. 400 371,62 de la factura anual de energía. Los beneficios positivos del sistema es el ahorro de energía eléctrica reflejado en el costo anual, cabe resaltar que en la implementación de este proyecto no hay beneficios negativos y los costos es el valor del proyecto, comprobado a través de la siguiente fórmula, dado que la razón B/C es mayor a 1 el proyecto es viable.

$$B/C= Q 400 371,62/Q110 750,00$$

Los beneficios de implementar el sistema son todos aquellos que la empresa obtendrá en relación a no implementarlo, el ahorro en el consumo de energía eléctrica Q. 400 371,62 menores costos de mantenimiento por el simple hecho de evitar incrustaciones en las tuberías, mayor eficiencia en producción de vapor, lo cual generará mayor producción de prendas, entre otros.

Tabla XI. **Presentación de costos de inversión**

Descripción	Precio
Ahorro de energía eléctrica.	Q. 400 371,62
Costos de mantenimiento.	Q. 15 750,00
Costo de sistema de control automático de sólidos.	Q. 95 000,00
Total	Q. 511 121,62

Fuente: elaboración propia.

El costo es lo que cuesta implementar el sistema, el valor de todos los equipos, insumos, mano de obra, entre otros.

$$B/C = Q\ 400\ 371,62 / Q\ 110\ 750,00 = 3,61$$

El b/c = indica que los beneficios superan los costos, por lo que el proyecto debe tomarse en cuenta, debido a que es mayor que uno.

Se logrará eficiencia energética en la empresa objeto de estudio, evitando la formación de incrustaciones, minimizando la corrosión, operando de forma segura la caldera, además de los sistemas de vapor y condensado, permitiendo el ahorro de energía térmica, es decir, que este ahorro transforma, el buen tratamiento químico y una buena purga del agua de la caldera, implementado en una inversión, generando la disminución de los costos y asegurando la sustentabilidad de la actividad. En el mismo orden de ideas, es preciso

mencionar que la aplicación del sistema debe estar acompañada por un programa de mantenimiento y ahorro de energía, parámetros a mantener y una gestión de calidad, que se desarrollan en los siguientes capítulos.

Una vez, realizada la evaluación financiera, se justifica la viabilidad del proyecto porque al implementar el sistema de control automático de sólidos, reflejará un ahorro de energía en la factura anual, la inversión es atractiva porque se recuperará en forma acelerada, y se obtendrá un valor positivo de Q. 400 371,62 por lo tanto, el proyecto es viable y sustentable económicamente.



## **4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

### **4.1. Plan de acción**

Una vez presentada la propuesta del sistema de descarga de purgas en calderas de combustión para la empresa Denimatrix S.A. luego de haber presentado a través de árbol de problemas y objetivos, la necesidad de implementar un sistema de control automático de sólidos disueltos totales se procedió a desarrollar cada faceta que conlleva la implementación.

Como parte del plan de acción se presentan los siguientes objetivos:

- Evaluación de la productividad del sistema de control de sólidos disueltos y el impacto ambiental.
- Informar al personal técnico del proceso de control del sistema de control de sólidos disueltos.

El presente plan de acción del desarrollo de la propuesta utilizará la siguiente metodología:

- Se realizarán revisiones periódicas de la productividad del sistema de control de sólidos disueltos y así cumplir con los objetivos de la presente propuesta.
- Además, se efectuarán entrevistas al personal técnico en relación al conocimiento del proceso de control del sistema de control de sólidos disueltos.

Del mismo modo el plan de acción cumple con una programación de actividades, que se realizan con el fin primordial de alcanzar los objetivos planteados para la propuesta del sistema de descarga de purgas en calderas de combustión en la empresa. A continuación, se especifican las actividades de la programación:

- Capacitación: una de las actividades principales es capacitar al personal, y debe ser como mínimo cada seis meses, según el conocimiento del proceso de control del sistema de control de sólidos disueltos y el correcto seguimiento de mantenimiento preventivo del mismo, entre estos la importancia de seguimiento de instrucciones, esto ayudará a la motivación del personal y elevar su compromiso con la empresa.
- Optimización de las actividades: en este proceso se pretende lograr efectividad en el proceso de limpieza de tuberías, a fin de optimizar el tiempo y disminuir tiempo muerto.
- Ayuda al medio ambiente: la implementación de la propuesta garantiza la gestión ambiental del medio ambiente a través del manejo integral de residuos, esto implementará la atención eficaz y concisa en temas ambientales.

En el mismo orden de ideas cada plan de acción conlleva una evaluación, para certificar la correcta ejecución del mismo, y es necesario realizar evaluaciones, para ello se dispondrá de una etapa para la verificación y validación tanto del personal técnico como del personal administrativo; con el fin de que la realimentación sea en ambas direcciones y con ello evitar sesgos en la información.

Tabla XII. **Hoja de evaluación del plan de acción**

<b>EMPRESA DENIMATRIX S.A.</b> <b>HOJA DE EVALUACIÓN DE PLAN DE ACCIÓN</b>						
<b>Evaluador:</b> _____ <b>Técnico a evaluar:</b> _____ <b>Fecha:</b> _____						
INDICADORES	No sabe/ No aplica	Necesita Mejorar	Regular	Bien	Muy Bien	Excelente
Cumple con el proceso de planificación						
Conocimiento aprendido de la capacitación del proceso de control del sistema de control de sólidos disueltos y el correcto seguimiento de mantenimiento preventivo						
Cuenta con una guía de procesos de limpieza de tuberías						
Eficacia en lograr el manejo integral de residuos, para no afectar el medio ambiente						
<b>Observaciones:</b> _____ _____						
<b>Firma de evaluador:</b> _____						

Fuente: elaboración propia.

La última etapa del plan de acción del desarrollo de la propuesta de la instalación de un sistema de purga en la empresa es el análisis de resultados, y se procederá a observar la mejora en los procesos y en la calidad del sistema de control de sólidos disueltos.

El proceso de análisis de resultados será a través de las hojas de evaluación, con el objetivo esencial de garantizar que se cumpla con el plan de acción, identificando el conocimiento aprendido de la capacitación del proceso de control del sistema de control de sólidos disueltos y el correcto seguimiento de mantenimiento preventivo, la elaboración de una guía de procesos de limpieza de tuberías, con el objetivo esencial de optimizar tiempo, además de analizar la eficacia en lograr el manejo integral de residuos, para no afectar el medio ambiente, con la producción de la empresa.

#### **4.2. Cronograma de actividades**

Previo a presentar el cronograma de actividades de la propuesta cabe mencionar que, un cronograma es una representación gráfica, que detalla de manera ordenada un conjunto de funciones o tareas, que se llevarán a cabo en un tiempo proyectado, también bajo condiciones que garantizarán la optimización del tiempo.

En concordancia con el desarrollo de la propuesta del presente trabajo, en el siguiente apartado se presenta el cronograma que contempla las actividades, de tal manera que se cumpla con el tiempo establecido para el desarrollo del proyecto de la propuesta del sistema de descarga de purgas en calderas de combustión.

#### **4.2.1. Desarrollo del plan**

En el presente apartado se muestra el cronograma de actividades de la propuesta de un sistema de descarga de purgas en calderas de combustión, en la empresa Denimatrix S.A, este se realizó en un periodo de julio y agosto. A continuación, se enlistan las actividades, del mismo:

Es una actividad que se realiza por medio del agua succionada del pozo mecánico perforado en las instalaciones, y tiene una profundidad de 700 pies, el equipo sumergible está posicionado a 524 pies, por el desarrollo efectuado al mismo. El equipo mencionado está instalado con tubería HG de 3", tipo pesado, este succiona el agua del pozo y lo envía al tanque de almacenamiento y distribución de la planta, para luego ser rebombado a la red de distribución de agua potable, por medio, de un equipo centrífugo hidroneumático, y es enviado el fluido a la tubería que se utiliza para realizar los procesos de limpieza. Dicha operación fue realizada durante los meses de julio y agosto del 2019.

Se continúa con la actividad de limpieza de las tuberías de calderas, esta actividad es realizada con una serie de procesos que se efectúan a diario y una serie de actividades que se realizan cada mes, anteriormente desglosadas, mencionado proceso se realizó en agosto.

Continuamente se realiza la actividad de la limpieza del equipo, esta se realiza a través de las válvulas de purga o también nombradas de descarga, las cuales se ubican en los puntos bajos de las líneas, con el fin esencial de eliminar el agua cuando se hace la desinfección de la red de distribución y de esta manera permitir la evacuación del agua de residuos. La cuál fue operada en el mes de septiembre.

Seguidamente se procedió con la instalación del sistema de control de sólidos disueltos, para esto también se tuvo que incluir el equipo auxiliar, que es el conductivímetro, necesario para medir la conductividad en el agua de la caldera, y calibrar el sistema de control de sólidos disueltos totales y la concentración dentro de la caldera, para la incorporación final del sistema de purga, realizada en el mes de octubre.

Otras de las actividades programadas, son el mantenimiento, preventivo y correctivo, el cual es imprescindible, para el uso eficaz de los recursos, y así garantizar un alto grado de confiabilidad. El mantenimiento es utilizado como herramienta valiosa para evitar, controlar, prevenir y pronosticar paradas del equipo. Esta actividad fue realizada en el mes de noviembre.

Por último, está la actividad de calibración del sistema de control de sólidos disueltos, esto se ejecuta siguiendo un diagrama que especifica los pasos a seguir, y que es realizado por personal cualificado y previamente capacitado, para el correcto control de equipos ya que estos generalmente están a temperaturas superiores a los 100 °C. EL mencionado proceso fue realizado en el mes de diciembre.

Tabla XIII. **Cronograma de actividades**

Actividades		Año 2019		
		Julio/ Agosto	Septiembre/ Octubre	Noviembre/ Diciembre
1	Desarrollo sostenible	X		
2	Limpieza de las tuberías de calderas	X		

Continuación de la tabla XIII.

3	Limpieza de calderas		X	
4	Instalación del sistema de control de sólidos disueltos		X	
5	Mantenimiento Preventivo 0 Correctivo			X
6	Calibración del sistema de control de sólidos disueltos			X

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.2. Desarrollo de la ley de aguas residuales

En la actualidad existen problemáticas de contaminación que afectan al ambiente, y lo que este engloba, es decir, que afectan a los seres vivos, a los recursos naturales, tanto los renovables como no renovables, entre otros. Ante esta situación existe una serie de normas y leyes que regulan lo anterior, sin embargo, en el mismo hilo de los residuos de las calderas se menciona el Acuerdo Gubernativo 236-2006 reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales etapa 4, y de la disposición de lodos y el Acuerdo Ministerial 105-2008 manual general del reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y disposición de lodos, que son los que actualmente están vigentes en cuestión de aguas residuales.

- Acuerdo Gubernativo 236-2006 Etapa 4 Reglamento de las Descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos

Preceptúa el reglamento citado, en el considerando uno: "Que por imperativo constitucional el Estado, las municipalidades y todos los habitantes del territorio nacional, están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico, que prevenga el impacto adverso al ambiente y mantenga el equilibrio ecológico".<sup>12</sup>

Esta mejor enfocado a fortalecer la protección de las descargas de aguas servidas y residuales, a cuencas de ríos y focos de agua naturales, su objeto es establecer de mejor manera, los criterios que deben cumplirse para la descarga y uso de aguas residuales, así como, para la disposición de lodos, lo que busca es la protección de cuerpos receptores de agua, recuperar los que están en proceso de eutrofización y promover el desarrollo hídrico, con visión de gestión integrada.

El Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, según Acuerdo Gubernativo Número 236-2006 etapa 4, es una normativa para la regulación de la calidad de los vertidos de aguas residuales a cuerpos de agua, alcantarillado público y el reúso, para las aguas ordinarias y especiales, así como para la disposición de lodos. Este reglamento promueve la conservación y mejoramiento del recurso hídrico y establece que la aplicación del mismo compete al MARN, nombrándolo como la entidad con la autorización respectiva para realizar muestreos aleatorios en los vertidos y en los cuerpos receptores, con el fin de vigilar el cumplimiento del reglamento.

---

<sup>12</sup> Presidencia de la República de Guatemala. *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006 etapa 4.* p. 1.

Precisamente la etapa 4, es la que obliga a tener los mecanismos para poder tomar las muestras respectivas en una caja de muestras al final de los procesos de depuración, para poderla analizar y dictaminar que está cumpliendo con los parámetros establecidos.

El reglamento de descargas de aguas residuales requiere veinte parámetros de calidad del agua para determinar las características del efluente. Estos incluyen un rango de parámetros físicos, químicos y microbiológicos para proveer información sobre la cual basarse para la evaluación de la calidad del agua. El máximo límite permisible se determina para cada parámetro, pero varía dependiendo del lugar de la descarga de las aguas. Se consideran tres casos: a cuerpos receptores incluyendo esteros, hacia cuerpos receptores para aguas residuales de tipo municipal y al sistema de alcantarillado público.

En referencia a los residuos de las calderas se cita que en el capítulo V, parámetros para aguas residuales y valores de descarga a cuerpos receptores, en su artículo 16. Parámetros de aguas residuales establece:

Los parámetros de medición para determinar las características de las aguas residuales son los siguientes:

- a. Temperatura
- b. Potencial de hidrógeno
- c. Grasas y aceites
- d. Materia flotante
- e. Sólidos suspendidos totales
- f. Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius
- g. Demanda química de oxígeno
- h. Nitrógeno total
- i. Fósforo total
- j. Arsénico
- k. Cadmio
- l. Cianuro total
- m. Cobre
- n. Cromo hexavalente
- o. Mercurio
- p. Níquel
- q. Plomo
- r. Zinc
- s. Color y

t. Coliformes fecales.<sup>13</sup>

Tabla XIV. **Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales**

Parámetros	Dimensionales	Valores Iniciales	Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	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
Nitrógeno total	Miligramos por litro	1400	100	50	25	20
Fósforo 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	Número más probable en cien mililitros	< 1x10 <sup>6</sup>	< 1x10 <sup>6</sup>	< 1x10 <sup>5</sup>	< 1x10 <sup>4</sup>	< 1x10 <sup>4</sup>
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
Níquel	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

Fuente: Presidencia de la República de Guatemala. *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos. Artículo 20. p. 7.*

- Metales pesados: es importante mencionar que los metales pesados son aquellos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua. Tienen aplicación directa en numerosos procesos de producción de bienes y servicios. Los metales pesados, son de composición atómica contiene alto grado de densidad, la cual se mide en proporción al agua; dada esta característica su uso es solo industrial, el más empleado de todos es el plomo.

<sup>13</sup> Acuerdo Gubernativo 236-2006 Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos. Artículo 16. p. 7.

Tabla XV. **Metales pesados**

Elemento	<u>Densidad (g/ml)</u>
Mercurio	13,6
Talio	11,85
Plomo	11,4
Cadmio	8,65
Arsénico	5,72
Aluminio	2,70
Berilio	1,85

Fuente: elaboración propia.

- Acuerdo Ministerial 105-2008 Manual General del Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y disposición de lodos.

El Ministro de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), tomando en cuenta, que le corresponde las funciones normativas, en relación al ambiente y recursos naturales, además de establecer las normas ambientales en materia de recursos no renovables y manifestar la política para la gestión del recurso hídrico en lo que compete la contaminación, calidad y para renovación de dicho recurso.

Por lo mismo, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, queda facultado en el Artículo 73 del Acuerdo Gubernativo 236-2006 antes mencionado, que contiene el Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, por lo tanto, la presente, elabora y aprueba el Manual General, que sirve para interpretar los aspectos técnicos y legales que se encuentran regulados en la misma norma.

En relación, al tratamiento de aguas residuales, de la propuesta del presente trabajo, cabe citar el Artículo 1. Establece:

Aprobar el Manual General del Acuerdo Gubernativo 236-2006 Etapa 4, Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, el cual debe ser utilizado por 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 reúso; las personas que reúsen parcial o totalmente aguas residuales; y las personas responsables del manejo, tratamiento y disposición final de lodos.<sup>14</sup>

De igual manera es preciso mencionar algunos requisitos que se deben cumplir con los requisitos establecidos en el Artículo 6 del Reglamento inciso d Horarios de descarga de aguas residuales. Para cumplir con la información de este aspecto y facilitar el seguimiento y control, se debe indicar en cuál de las categorías del artículo 49 del Reglamento se desarrollan las actividades del ente generador o la persona que descarga al alcantarillado público. Adicionalmente, se debe especificar si la descarga de aguas residuales es continua durante todo el ciclo productivo o intermitente.

En caso de descarga intermitente, se deben indicar los ciclos, y estos deben guardar correspondencia con la actividad del ente generador o la persona que descarga al alcantarillado. Debe mencionarse la hora u horas, en que el ente generador o persona que descarga al alcantarillado público vierte sus aguas residuales, destacando los horarios que registran la mayor intensidad de descarga de aguas residuales.

---

<sup>14</sup> Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos*. p. 1.

De igual manera en el inciso e) se establece:

Descripción del tratamiento de aguas residuales. En el Estudio Técnico deberá indicarse si se cuenta o no con sistema de tratamiento de aguas residuales. En caso afirmativo, se describirá el sistema de tratamiento en sus diferentes niveles: primario (físico químico), secundario (biológico) o terciario (avanzado). Para cada nivel, se describirán los procesos unitarios inmersos, así como la capacidad (caudal a tratar), y cualquier otra información pertinente tal como la eficiencia del sistema (por ejemplo: remoción de carga, concentración de metales, entre otros) basándose para el efecto, en lo que establece la memoria del diseño y cálculo del sistema que indique las condiciones en las que están tratando las aguas residuales. Además, se describirá en materia de lodos lo siguiente:

- El proceso para el tratamiento, si es necesario,
- La disposición final de lodos, que no cause daño a la salud humana y al ambiente,
- El nombre los datos de la empresa que presta el servicio de extracción, manejo o disposición final de lodos en caso de que el ente generador no maneje ni disponga los mismos.<sup>15</sup>

#### **4.3. Entidades responsables**

La unidad compacta del controlador de conductividad BC3200, se instaló por el personal técnico de la empresa, específicamente del área de calderas, dicho controlador de sólidos disueltos, viene con un instructivo claro, además como referencia un número de teléfono donde atienden las 24 horas para consultadas del mismo.

Es preciso mencionar que, los controladores BC 3200 son equipos de doble tensión para el control de la conductividad de líquidos, y se usan con válvulas de purga de caldera o válvulas de purga para controlar los niveles del total de sólidos disueltos TDS. Además, el controlador BC3200 es para montaje en pared. Además, el total de sólidos disueltos TDS se expresa en partes por millón (ppm), o como medida de conductividad en micro Siemens por

---

<sup>15</sup> Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos.* p. 10.

centímetro, ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). En el siguiente apartado se presenta el proceso de utilización del equipo de forma correcta.

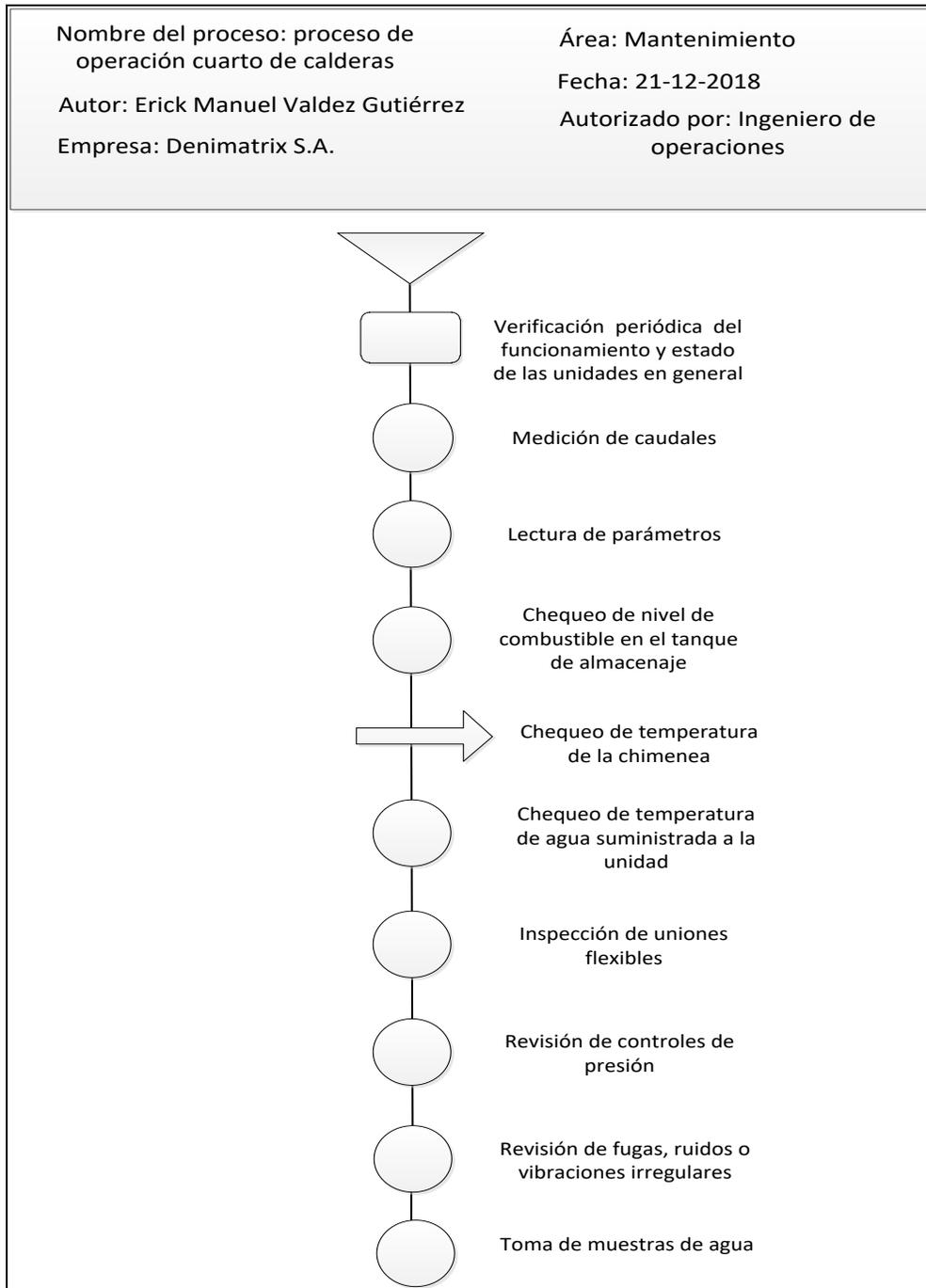
#### **4.3.1. Utilización de equipo correctamente**

Previo a la implementación de la propuesta del sistema de descarga de purgas en calderas de combustión, es imprescindible la capacitación referente al nuevo controlador de disueltos sólidos. Una vez realizada la capacitación a los integrantes del departamento de calderas se procederá con lo siguiente.

Un encargado de operación y mantenimiento, según sea su jornada, tendrá a su cargo la planta de tratamiento. El mismo en su turno será el responsable de realizar las tareas de control el total de sólidos disueltos TDS. Deberá tener conocimientos sobre mantenimiento y operación, para esto requerirán de cursos de capacitación ya mencionados. Las responsabilidades que le serán asignadas son:

- Verificación periódica del funcionamiento y estado de las unidades en general.
- Medición de caudales.
- Lectura de parámetros.
- Chequeo de nivel de combustible en el tanque de almacenaje.
- Chequeo de temperatura de la chimenea.
- Chequeo de temperatura de agua suministrada a la unidad.
- Inspección de uniones flexibles.
- Revisión de controles de presión.
- Revisión de fugas, ruidos o vibraciones irregulares.
- Toma de muestras de agua.

Figura 35. **Actividades de operación y mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.



#### **4.4. Diseño del sistema**

En el presente apartado se procede hacer la presentación del diseño del sistema, para mejor comprensión se partirá de lo general a lo particular, es decir, se iniciará con las dimensiones del equipo, se muestra un diagrama de las medidas generales de la caldera pirotubular de la empresa, seguidamente se muestra el proceso de encendido de las mismas, se continua con el funcionamiento del sistema de control de solidos disueltos totales y se finaliza el presente con el proceso de controlador de disueltos totales.

##### **4.4.1. Dimensiones reales del equipo**

Por lo general en las empresas textileras, cuentan con una sala de calderas, estas son el corazón de todo el sistema de vapor, y si la sala de calderas presenta problemas, todo el sistema de vapor de la empresa lo presentará. El vapor generado de las calderas es utilizado con varios propósitos, como los son, transferencia de calor, se utiliza vapor para planchas, agua para procesos de tintes o tratamientos de los tejidos, agua para lavadoras, entre otros.

Las calderas: son dispositivos que producen agua sobrecalentada y generan vapor saturado a cierta presión por medio del poder calorífico de un combustible. Esta se caracteriza debido a que los gases calientes que se producen en la combustión pasan adentro de los tubos instalados adentro de la caldera, mientras que el agua se encuentra en contacto con la superficie exterior de los tubos.

En las calderas pirotubulares de la empresa el gas de combustión circula dentro de los tubos con presiones de operación de 0 a 300 psi y el agua circula por fuera, están fabricadas en capacidades que van desde 1 caballos de fuerza de caldera BHP hasta 900 caballos de fuerza de caldera BHP, con presión común de operaciones de 150 psi y 250 psi.

La instalación de las calderas de la planta, garantizan las condiciones de uso y funcionamiento adecuado en referencia a la seguridad. Las calderas están dentro de un cuarto a una distancia mínima de 1 metro de cualquier pared de forma tal que no se presentan restricciones para el trabajo de mantenimiento, operaciones de los sistemas de limpieza y deshollinado, purgas y uso de equipos auxiliares, cuando se requieren.

Además, la altura de los techos no es superior a 3 m, sobre el nivel del suelo y sobrepasa mínimo en 1m, la cota del punto más alto entre las válvulas o accesorios más altos y al menos a 2 m sobre las plataformas de las calderas.

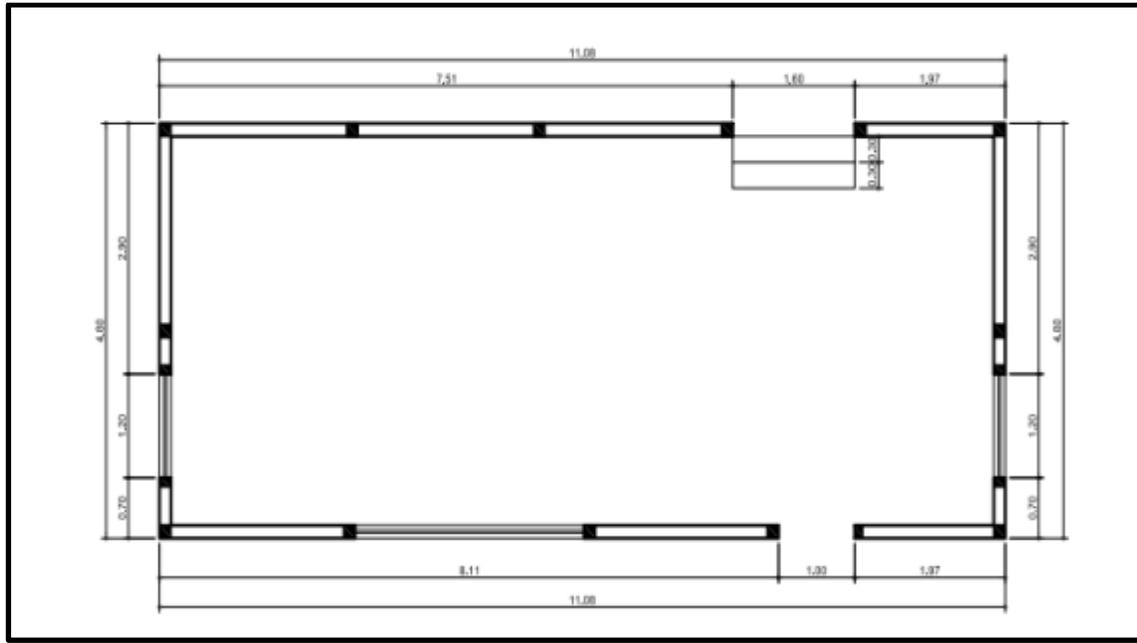
Los cuartos de las calderas están totalmente libres de polvo, gases y vapores inflamables y tienen una ventilación permanente, con suministro continuo de aire para su renovación como para combustión. Además, es preciso mencionar que el personal utiliza los equipos y elementos de protección personal adecuados para reducir los riesgos reales o potenciales existentes en estos cuartos. En la figura 36 se muestran las medidas del cuarto de calderas:

Figura 36. Dimensiones reales del equipo



Fuente: Denimatrix S.A. *Calderas pirotubulares p. 25.*

Figura 37. **Medidas de cuarto de calderas**



Fuente: Denimatrix S.A. *Calderas piro tubulares*. p. 26.

#### 4.4.2. **Procedimientos de operación**

En el mismo orden de ideas, se describen los procedimientos de operación de generadores de vapor, la caldera inicia su operación apoyada en los sistemas eléctrico, hidráulico y de combustión; los cuales permiten su funcionamiento para la generación de vapor, a través de la transformación de energía.

En la primera fase se realizará la combustión interna dentro de los tubos de fuego que transfieren calor al sistema; por el calentamiento del agua se obtiene el vapor como producto final, y las pérdidas del sistema se traducen en condensados y emisiones.

Parte del procedimiento de operación es el monitoreo del equipo, que se efectúa a través de los sistemas de control, que dan cuenta de las condiciones internas del proceso que se lleva a cabo en el cuerpo de presión.

En la planta textilera Denimatrix S.A. ubicada en 37 avenida 3-13, colonia El Rodeo, zona 7, Guatemala, Guatemala, para la generación de vapor la empresa cuenta con dos calderas de combustión, la cuales son de 50 HP y 600 HP funcionan con combustión de gas licuado de petróleo GLP, brindándole a la caldera confort térmico de alta calidad, de losa radiante y de radiadores, es preciso mencionar que una vez encendidos el sistema se alimenta automáticamente y no consumen oxígeno del ambiente.

El trabajo de las calderas en la empresa objeto de estudio es rotativo todo va dependiendo del mantenimiento de cada caldera, los encargados de las calderas tratan de compartir el trabajo en 50 % a cada caldera. En la figura 38 se muestra el proceso actual, de funcionamiento de las calderas realizado por el personal del área misma:



Mencionado proceso inicia con la inspección de fuentes de alimentación, seguidamente con la revisión de los parámetros del equipo, luego se procede a encender el equipo, y corresponde la revisión de instrumentos, es decir, el correcto funcionamiento de válvulas, correctas condiciones de las tuberías, verificación de la bomba de alimentación de combustión, el correcto funcionamiento de los manómetros y la conductividad.

Una vez, verificado lo anterior, se continua el proceso con la revisión de los parámetros adecuados, si no lo están se procede a ajustarlos y ya esté en funcionamiento el generador de vapor.

Es preciso mencionar que además de conocer el sistema operativo de los quemadores, la secuencia de encendido y apagado de la caldera, con operación manual o automática. Se comprueba el adecuado funcionamiento de los dispositivos de monitoreo y de la caldera como los son: el control de nivel, las columnas de agua en los tambores de vapor, controles de presión, conexiones a los manómetros de presión. Se drenan las conexiones para verificar que no estén taponadas de lodos o sedimentos para su correcto funcionamiento.

#### **4.4.3. Funcionamiento del sistema**

El funcionamiento del sistema automático de control de sólidos disueltos totales comprende las diferentes operaciones realizadas por sus elementos; estas operaciones se enumeran y representan en la figura 39:

- El sensor S1: paso 1: mide la conductividad del agua de la caldera y envía la señal de 4 a 20 mA con la información de la conductividad del agua de la caldera al controlador.
- El controlador C1: analiza la señal de conductividad del agua de la caldera, compara el valor enviado con el parámetro establecido.  
Paso 2: si la lectura de conductividad es mayor al parámetro establecido.  
Paso 3: el controlador envía una señal de apertura al actuador de la válvula de control.  
El actuador: paso 4: acciona el mecanismo para abrir la válvula de control.
- La válvula de control  
Paso 5: abre  
Paso 6: si la lectura es menor.
- El controlador: paso 7: envía una señal de conformidad con las condiciones actuales.
- El actuador: paso 8: No acciona el mecanismo para abrir la válvula de control.
- La válvula de control: Paso 9: permanece cerrada.



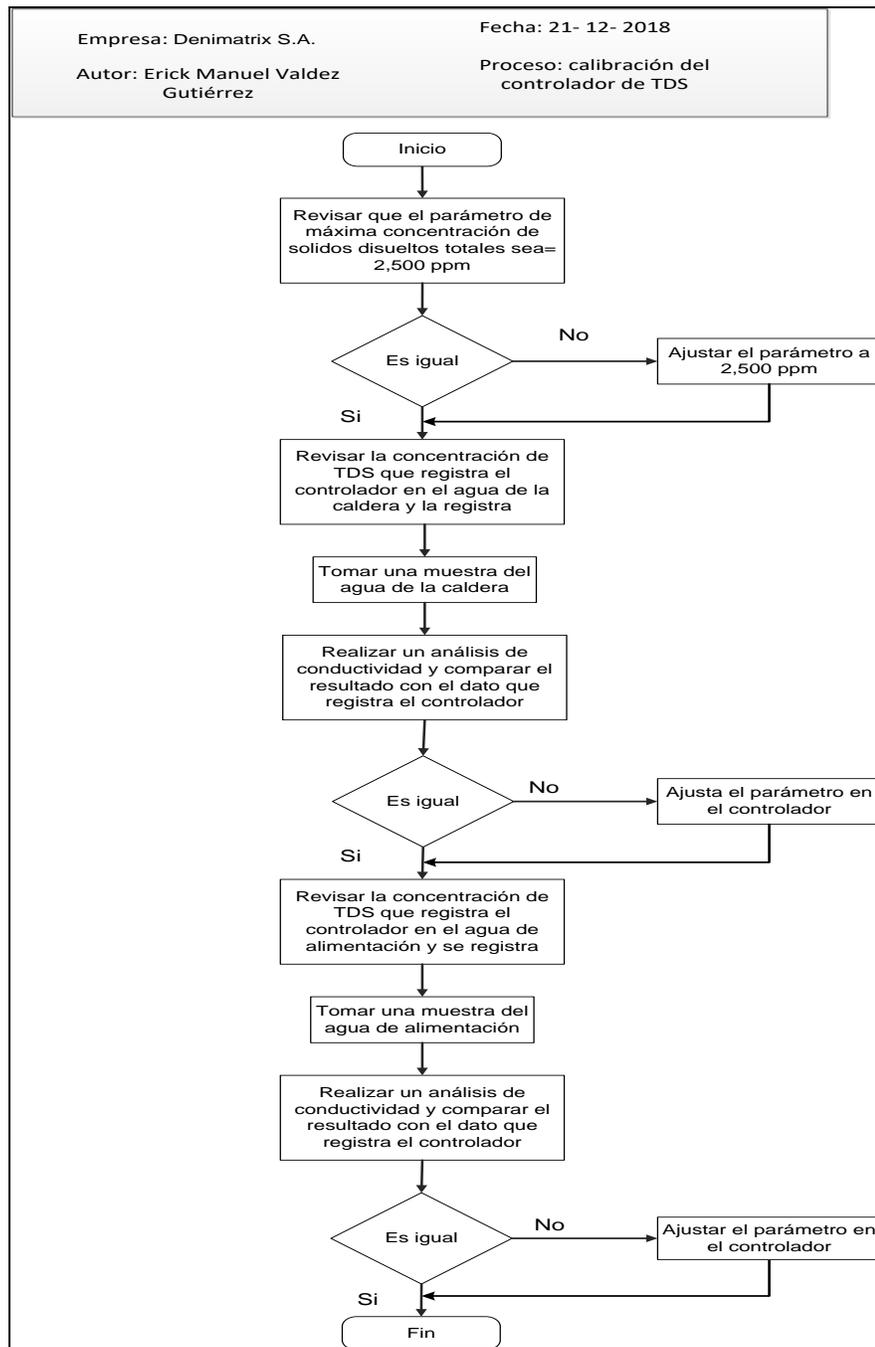
#### **4.4.4. Controlador de sólidos disueltos totales**

Para el correcto funcionamiento del controlador de sólidos disueltos totales, debe estar calibrado, tomando en cuenta el procedimiento y el manual de calibración. El procedimiento de calibración del controlador de sólidos disueltos totales se muestra en la figura 40, a continuación, se detallan los pasos:

- Paso 1: se revisa que el parámetro de máxima concentración de sólidos disueltos totales en el controlador sea igual 2 500 ppm.
- Paso 2: si el parámetro es mayor o menor a 2 500 ppm.
- Paso 3: se ajusta el parámetro a 2 500 ppm.
- Paso 4: se revisa la concentración del total de sólidos disueltos TDS que registra el controlador y la registra.
- Paso 5: se toma una muestra del agua de la caldera.
- Paso 6: se realiza un análisis de conductividad al agua de la caldera y compara el resultado con el dato que registra el controlador.
- Paso 7: si el dato del análisis y el que registra el controlador son iguales, el controlador esta calibrado.
- Paso 8: no realiza ningún ajuste en el controlador respecto a este parámetro.
- Paso 9: si el dato del análisis y el que registra el controlador son diferentes.
- Paso 10: se ajusta el dato obtenido en el análisis de conductividad del agua de la caldera en el controlador.

- Paso 11: se revisa la concentración del total de sólidos disueltos TDS del agua de alimentación que registra el controlador.
- Paso 12: se toma una muestra del agua de alimentación.
- Paso 13: se realiza un análisis de conductividad al agua de alimentación y compara el resultado con el dato que registra el controlador.
- Paso 14: si el dato del análisis y el que registra el controlador son iguales.
- Paso 15: no se debe realizar ningún ajuste en el controlador respecto a este parámetro.
- Paso 16: si el dato del análisis y el que registra el controlador son diferentes.
- Paso 17: se ajusta el dato obtenido en el análisis de conductividad del agua de alimentación en el controlador.

Figura 40. **Proceso de calibración de controlador de sólidos disueltos totales**



Fuente: elaboración propia.

#### **4.5. Cumplimiento de leyes y normas**

La empresa de textiles Denimatrix S.A., comprometida con el cuidado del medio ambiente y en el cumplimiento de leyes y normas, utiliza una gran variedad de productos químicos, productos auxiliares, colorantes que son fundamentales para la tintura de sus productos.

Sin embargo, la evaluación de la demanda química de oxígeno de los productos utilizados en la tintura puede considerarse como un análisis previo para poder determinar la calidad de agua que efectúa las descargas de los baños de tintura en diferentes tonalidades y materiales que se utilizan, posteriormente influirá en la eficacia de la planta de tratamiento de aguas residuales. En el siguiente apartado se muestra la preservación del medio ambiente de parte de la empresa, los requisitos mínimos y límites máximos permisibles de contaminación, para la descarga de aguas residuales.

##### **4.5.1. Preservación del medio ambiente**

En el capítulo tres se mencionaron algunas de las leyes que regulan la preservación del medio ambiente en referencia a la descarga de aguas residuales, en referencia al presente subtítulo es preciso mencionar de nuevo el Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 Etapa 4, con el objetivo de demostrar el cumplimiento.

Previo a mostrar los requisitos de tratamiento, se puede agregar que este reglamento se deriva de los incisos C) y D), del artículo quince 15 de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente LPMMA y a su vez se deriva en el Manual contenido en el Acuerdo Ministerial. AM 105-2008 antes referido, ya

que en el artículo 1 del AM 105-2008 se aprueba el AG 236-2006 Etapa 4 indicando lo siguiente:

Aprobar el Manual General del Acuerdo Gubernativo 236-2006 Etapa 4, Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, el cual debe ser utilizado por 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 reúso; las personas que reúsen parcial o totalmente aguas residuales; y las personas responsables del manejo tratamiento y disposición final de lodos.<sup>16</sup>

Este reglamento rige su aplicación a todas aquellas personas que generen aguas residuales, ya sea a cuerpos receptores o al alcantarillado público, las que produzcan aguas residuales para reúso y para aquellas personas responsables del manejo, tratamiento y disposición final de lodos. Al mismo tiempo este reglamento le da la competencia del cumplimiento y aplicación al:

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, municipalidades, demás instituciones de gobierno, incluidas las descentralizadas y autónomas, deberán hacer del conocimiento de dicho Ministerio los hechos contrarios a estas disposiciones, para los efectos de la aplicación de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.<sup>17</sup>

Cabe citar literalmente el artículo 2 del mismo que establece:

Aplicación. El presente Reglamento debe aplicarse a:

- a) Los entes generadores de aguas residuales;
- b) Las personas que descarguen sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público;
- c) Las personas que produzcan aguas residuales para reúso;
- d) Las personas que reúsen parcial o totalmente aguas residuales; y
- e) Las personas responsables del manejo, tratamiento y disposición final de lodos.<sup>18</sup>

---

<sup>16</sup> Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos*. p.1.

<sup>17</sup> *Ibíd.*

<sup>18</sup> *Ibíd.*

- Requisitos mínimos y límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas residuales

Con base en lo anterior, se considera pertinente la comparación de los resultados obtenidos en el monitoreo, con respecto a los valores indicados en el reglamento, para el parámetro de calidad asociado con la demanda bioquímica de oxígeno DBO5, en virtud que el artículo 27 del Acuerdo Gubernativo 236-2006, establece los valores del parámetro de calidad asociado con la demanda bioquímica de oxígeno, para las personas que descarguen aguas residuales en el alcantarillado público.

El modelo de reducción progresiva indicado en el Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y la Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006 se describe a continuación.

Tabla XVII. **Parámetro de calidad asociado de demanda bioquímica de oxígeno**

Parámetro	Dimensional	Valor inicial de cumplimiento	Fecha máxima de cumplimiento			
			02/05/11	02/05/15	02/05/20	02/05/24
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos O <sup>2</sup> /litro	3 500	1 500	750	450	200

Fuente: elaboración propia.

Conforme a los resultados que se dieron a conocer el parámetro de DBO5 de 6075,0 miligramos O<sub>2</sub>/litro tiene una carga de DBO5 correspondiente al resultado de multiplicar el caudal por la demanda bioquímica de oxígeno, este corresponde a 278,1864 kilogramos de DBO5/ día. Conforme al reglamento citado corresponde a una carga menor de 3 000 kilogramos de DBO5, para cumplir con la etapa del reglamento uno, en cuanto a la carga de DBO5 se refiere, se requiere la reducción de un mínimo del 10 % de la carga de DBO5 reportada. Es decir, reducir la carga de DBO5 en un valor estimado y mínimo de 28 kilogramos DBO5/día, meta que deberá alcanzarse en un plazo no mayor a cuatro años.

#### **4.6. Seguridad en el área de calderas**

La seguridad industrial en Guatemala se ha ido desarrollando desde hace algunos años, pero ha sido en los últimos tiempos en donde ha alcanzado mayores niveles de desarrollo en cuanto a programas establecidos en la industria textilera. En el desarrollo de este tema, todos son conscientes de la importancia que en estos días es la seguridad industrial.

##### **4.6.1. Mantenimiento y calibración**

La empresa en referencia a la seguridad en el área de calderas pretende evitar la ocurrencia de accidentes y enfermedades, que debe ser una actividad permanente. La prevención y control se aplica en las diversas fases de la operación de mantenimiento y calibración.

Por lo que, se opta primordialmente en capacitar constantemente a todo el personal que está en operación o quiera ingresar al cuarto de calderas, ya que es imprescindible crear una actitud positiva hacia las actividades de prevención,

QUE es la base para el éxito de la misma. El fin primordial de las constantes capacitaciones es crear la conciencia, que adentro de cada trabajador haya una mentalidad de seguridad y salud ocupacional.

Es imprescindible asegurarles a los trabajadores de la empresa que el actuar en forma segura no puede ser algo esporádico, debe ser un comportamiento continuo y esto se logra cuando existe una suficiente motivación y convencimiento por parte de todos, con el trabajo en la empresa y en específico con la sala de caldera.

En la empresa el cuarto de calderas permanece con acceso restringido, con señalización visible en la que se indica la prohibición del ingreso a personal no autorizado, pudiendo hacerlo únicamente el personal operativo encargado y cuando se efectúan labores de mantenimiento e inspección por parte del personal de este departamento, estando todos contextualizados con la prevención y control del mencionado cuarto de calderas.

La ubicación de la caldera está cerca de los puntos de uso del vapor para evitar el tendido de redes de distribución muy larga y el aislamiento respectivo para estas. Por lo que se cuenta con espacios y facilidades para la libre y segura circulación del personal que ingresa a la sala de caldera incluso en caso de emergencia. Se dispone de suficiente espacio para realizar sin dificultades las tareas de limpieza, mantenimiento y reparaciones.

Las puertas se abren hacia afuera o a los lados, conducen hacia sitios seguros y libres de obstáculos, tienen como medidas mínimas 0,8 metros de ancho por 2 metros de altura. El equipo de la sala de calderas está ubicado a una distancia menor a 15 metros de la puerta de salida, con el objetivo de que las evacuaciones emergentes sean rápidas. Además, las calderas están

ubicadas a una distancia de 0,7 metros de las paredes de la sala. Los pisos tienen superficies antideslizantes. Esto evita la ocurrencia de accidentes. El personal que labora en la empresa es capacitado con constancia, en la labor fundamental en la sala de calderas.

Como prevención en las etapas de operación normal y de mantenimiento de la caldera, se cuenta con un sistema de autorización o permisos de trabajo, para las tareas de alto riesgo como las que se realizan en el interior de la caldera, por ejemplo, el programa especial de autorización. ESTE está, implementado con el fin de que se dé cumplimiento a todas y cada una de las normas preventivas preestablecidas. Dicha autorización lleva las firmas del Gerente General de la empresa y el del jefe del departamento.

Tabla XVIII. **Normas de seguridad en el mantenimiento y calibración**

1.	Si se requiere la entrada de trabajadores al cuarto de calderas para el proceso, se siguen las precauciones para ingreso a espacios confinados. Se vigila en especial la ventilación, los ductos de alimentación y una adecuada señalización Equipo en reparación para evitar el encendido mientras hay empleados aún dentro.
2.	El personal que ejecuta las tareas es seleccionado convenientemente. Se le proporcionará una información completa sobre los riesgos y sobre la manera de prevenirlos.
3.	Se mantiene una renovación de aire (ventilación exhaustiva) para asegurar la disposición de suficiente cantidad de oxígeno (mayor del 18 % en volumen); que se opera por fuera del margen explosivo y que la concentración de agentes de contaminación del aire está por debajo de los valores límites admisibles.
4.	Hay señalización mediante avisos o carteles No operar, Personal trabajando, Peligro área restringida, entre otros.

Continuación de la tabla XVIII.

5.	Se hace una comprobación repetitiva de las condiciones atmosféricas dentro de la sala: concentración de oxígeno, concentración de agentes tóxicos e inflamabilidad. Esto con un medidor de gases en la atmosfera de trabajo.
6.	Uso de equipo eléctrico (herramientas, iluminación) de bajo voltaje y a prueba de explosión (motores, lámparas 6-12 voltios).

Fuente: elaboración propia.

En el mismo orden de ideas es preciso mencionar ciertos requerimientos con los que cuenta la empresa en relación a la seguridad industrial, considerando la magnitud de los riesgos que implica el mantenimiento interno de la caldera, este se realizará por personal experto de la empresa, al cual se le exige el cumplimiento del programa.

Después de la limpieza o reparación, se realiza una limpieza general y ventilación adecuada para eliminar productos potencialmente perjudiciales, nocivos, inflamables o explosivos. Para retirar dichos componentes, tal y como lo establece el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN, en referencia a desechos tóxicos, llega una agente con certificación de la empresa Eco-Reprocesos, que es una empresa dedicada al manejo técnico de desechos sólidos, líquidos, industriales y comerciales para la empresa privada.

En la manipulación de los combustibles, se evita todo escape por pequeño que parezca. Se mantienen alejadas todas las fuentes de ignición. El personal está capacitado en el uso adecuado y oportuno de los elementos para extinción de incendios.

También en la empresa, periódicamente se organizan simulacros para entrenamiento del personal sobre la forma de actuar ante un incendio, mencionados simulacros son realizados con el cuerpo de Bomberos de Guatemala, es decir, que la empresa objeto de estudio, tiene un convenio, para dicha actividad. Además, se realiza supervisión del personal, con el propósito de garantizar el cumplimiento de las diversas normas de seguridad, se mantiene una vigilancia cercana de todo el personal por parte del técnico encargado, personas de seguridad ocupacional o el jefe del balneario.

Concluyendo con la seguridad industrial, la empresa actualmente cuenta con la correcta señalización ética de la sala de caldera y sus equipos, las salas de caldera están señalizadas desde la parte exterior hasta la parte interior, así como todos los equipos que en esta existen, a continuación, se presenta la señalización actual de la empresa objeto de estudio:

Tabla XIX. Señalización de seguridad

<p>Ingreso solo a personal autorizado.</p>													
<p>Rutas de evacuación.</p>													
<p>Puntos de encuentro.</p>													
<p>Salidas de emergencia.</p>													
<p>Números de emergencia.</p>													
<p>Uso de equipo de protección personal (EPP).</p>													
<p>Sentidos de flujo de fluidos.</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="933 1312 1047 1344"></td> <td data-bbox="1063 1302 1177 1344"><b>PARE PROHIBICIÓN</b></td> <td data-bbox="1193 1302 1388 1354">Señales de Pare Prohibido Señales de Prohibición</td> </tr> <tr> <td data-bbox="933 1354 1047 1386"></td> <td data-bbox="1063 1344 1177 1386"><b>ACCION DE MANDO</b></td> <td data-bbox="1193 1344 1388 1375">Uso de EPP Ubicación de sitios o elementos</td> </tr> <tr> <td data-bbox="933 1396 1047 1428"></td> <td data-bbox="1063 1386 1177 1428"><b>PRECAUCION RIEGO PELIGRO</b></td> <td data-bbox="1193 1386 1388 1438">Indicaciones de peligro (electricidad,...) Guardas de maquinaria Demarcación de áreas de trabajo</td> </tr> <tr> <td data-bbox="933 1438 1047 1480"></td> <td data-bbox="1063 1428 1177 1480"><b>CONDICION DE SEGURIDAD</b></td> <td data-bbox="1193 1428 1388 1491">Salidas de emergencia, escaleras, etc., Control de marcha de máquinas y equipos</td> </tr> </table>		<b>PARE PROHIBICIÓN</b>	Señales de Pare Prohibido Señales de Prohibición		<b>ACCION DE MANDO</b>	Uso de EPP Ubicación de sitios o elementos		<b>PRECAUCION RIEGO PELIGRO</b>	Indicaciones de peligro (electricidad,...) Guardas de maquinaria Demarcación de áreas de trabajo		<b>CONDICION DE SEGURIDAD</b>	Salidas de emergencia, escaleras, etc., Control de marcha de máquinas y equipos
	<b>PARE PROHIBICIÓN</b>	Señales de Pare Prohibido Señales de Prohibición											
	<b>ACCION DE MANDO</b>	Uso de EPP Ubicación de sitios o elementos											
	<b>PRECAUCION RIEGO PELIGRO</b>	Indicaciones de peligro (electricidad,...) Guardas de maquinaria Demarcación de áreas de trabajo											
	<b>CONDICION DE SEGURIDAD</b>	Salidas de emergencia, escaleras, etc., Control de marcha de máquinas y equipos											
<p>Capacidad de tanques de agua y combustible.</p>													

Continuación de la tabla XIX.

<p>Peligro de atrapamiento.</p>										
<p>Peligro de quemaduras.</p>										
<p>Riesgo eléctrico.</p>										
<p>Voltajes de los equipos e instalaciones.</p>										
<p>Capacidad de los extintores.</p>										
<p>Paradas de emergencia.</p>										
<p>Datos de seguridad e información de los distintos tipos de sustancias químicas que se manejan.</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="808 1360 943 1434"> <p><b>BOMBA EXPLOTANDO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explosivos</li> <li>• Añoso reactivo</li> <li>• Productos oxidantes</li> </ul> </td> <td data-bbox="943 1360 1105 1434"> <p><b>LLAMA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inflammables</li> <li>• Piróforicos</li> <li>• Auto-calentamiento</li> <li>• Gases inflamables</li> <li>• Auto-oxidación</li> <li>• Peróxidos orgánicos</li> </ul> </td> <td data-bbox="1105 1360 1255 1434"> <p><b>LLAMA SOBRE CÍRCULO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxidantes / Comburentes</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="808 1434 943 1507"> <p><b>BOTELLA DE GAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gases presurizados</li> </ul> </td> <td data-bbox="943 1434 1105 1507"> <p><b>CORROSIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrosivo cutáneo / Quemaduras</li> <li>• Lesiones oculares graves</li> <li>• Corrosivo para los metales</li> </ul> </td> <td data-bbox="1105 1434 1255 1507"> <p><b>MECHERO ENCENDIDO (NO CALIENTE)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tóxico acuoso</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="808 1507 943 1593"> <p><b>PELIGRO A LA SALUD</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carcinógeno</li> <li>• Mutágeno</li> <li>• Tóxico reproductivo</li> <li>• Contaminante respiratorio</li> <li>• Tóxico de acción tóxica*</li> <li>• Tóxico por aspiración</li> </ul> </td> <td data-bbox="943 1507 1105 1593"> <p><b>CALAVERA Y HUESOS CRUZADOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tóxico agudo (Mortal o severo)</li> </ul> </td> <td data-bbox="1105 1507 1255 1593"> <p><b>SÍMBOLO DE EXCLAMACIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Irritante (piel y ojos)</li> <li>• Irritantísimo cutáneo</li> <li>• Tóxico acuoso (poco)</li> <li>• Efecto tóxico específico</li> <li>• Irritante del medio ambiente</li> <li>• Peligroso a la salud de acuoso (Oxígeno)</li> </ul> </td> </tr> </table>	<p><b>BOMBA EXPLOTANDO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explosivos</li> <li>• Añoso reactivo</li> <li>• Productos oxidantes</li> </ul>	<p><b>LLAMA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inflammables</li> <li>• Piróforicos</li> <li>• Auto-calentamiento</li> <li>• Gases inflamables</li> <li>• Auto-oxidación</li> <li>• Peróxidos orgánicos</li> </ul>	<p><b>LLAMA SOBRE CÍRCULO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxidantes / Comburentes</li> </ul>	<p><b>BOTELLA DE GAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gases presurizados</li> </ul>	<p><b>CORROSIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrosivo cutáneo / Quemaduras</li> <li>• Lesiones oculares graves</li> <li>• Corrosivo para los metales</li> </ul>	<p><b>MECHERO ENCENDIDO (NO CALIENTE)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tóxico acuoso</li> </ul>	<p><b>PELIGRO A LA SALUD</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carcinógeno</li> <li>• Mutágeno</li> <li>• Tóxico reproductivo</li> <li>• Contaminante respiratorio</li> <li>• Tóxico de acción tóxica*</li> <li>• Tóxico por aspiración</li> </ul>	<p><b>CALAVERA Y HUESOS CRUZADOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tóxico agudo (Mortal o severo)</li> </ul>	<p><b>SÍMBOLO DE EXCLAMACIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Irritante (piel y ojos)</li> <li>• Irritantísimo cutáneo</li> <li>• Tóxico acuoso (poco)</li> <li>• Efecto tóxico específico</li> <li>• Irritante del medio ambiente</li> <li>• Peligroso a la salud de acuoso (Oxígeno)</li> </ul>
<p><b>BOMBA EXPLOTANDO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explosivos</li> <li>• Añoso reactivo</li> <li>• Productos oxidantes</li> </ul>	<p><b>LLAMA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inflammables</li> <li>• Piróforicos</li> <li>• Auto-calentamiento</li> <li>• Gases inflamables</li> <li>• Auto-oxidación</li> <li>• Peróxidos orgánicos</li> </ul>	<p><b>LLAMA SOBRE CÍRCULO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxidantes / Comburentes</li> </ul>								
<p><b>BOTELLA DE GAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gases presurizados</li> </ul>	<p><b>CORROSIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrosivo cutáneo / Quemaduras</li> <li>• Lesiones oculares graves</li> <li>• Corrosivo para los metales</li> </ul>	<p><b>MECHERO ENCENDIDO (NO CALIENTE)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tóxico acuoso</li> </ul>								
<p><b>PELIGRO A LA SALUD</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carcinógeno</li> <li>• Mutágeno</li> <li>• Tóxico reproductivo</li> <li>• Contaminante respiratorio</li> <li>• Tóxico de acción tóxica*</li> <li>• Tóxico por aspiración</li> </ul>	<p><b>CALAVERA Y HUESOS CRUZADOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tóxico agudo (Mortal o severo)</li> </ul>	<p><b>SÍMBOLO DE EXCLAMACIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Irritante (piel y ojos)</li> <li>• Irritantísimo cutáneo</li> <li>• Tóxico acuoso (poco)</li> <li>• Efecto tóxico específico</li> <li>• Irritante del medio ambiente</li> <li>• Peligroso a la salud de acuoso (Oxígeno)</li> </ul>								
<p>Identificación de los recipientes que contienen sustancias químicas.</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="808 1602 943 1675">  Materias inflamables         </td> <td data-bbox="943 1602 1105 1675">  Materias explosivas         </td> <td data-bbox="1105 1602 1255 1675">  Materias tóxicas         </td> </tr> <tr> <td data-bbox="808 1675 943 1749">  Materias corrosivas         </td> <td data-bbox="943 1675 1105 1749">  Materias radiactivas         </td> <td data-bbox="1105 1675 1255 1749">  Materias comburentes         </td> </tr> <tr> <td data-bbox="808 1749 943 1822">  Riesgo biológico         </td> <td data-bbox="943 1749 1105 1822">  Baja temperatura         </td> <td data-bbox="1105 1749 1255 1822">  Materias oxidativas o irritantes         </td> </tr> </table>	 Materias inflamables	 Materias explosivas	 Materias tóxicas	 Materias corrosivas	 Materias radiactivas	 Materias comburentes	 Riesgo biológico	 Baja temperatura	 Materias oxidativas o irritantes
 Materias inflamables	 Materias explosivas	 Materias tóxicas								
 Materias corrosivas	 Materias radiactivas	 Materias comburentes								
 Riesgo biológico	 Baja temperatura	 Materias oxidativas o irritantes								

Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2019.

## **5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA**

### **5.1. Medición y calibración periódica de los niveles de sólidos disueltos totales**

Es importante hacer uso de los avances tecnológicos, en este caso de un sistema de control automático de sólidos disueltos totales, no únicamente para obtener un beneficio económico sino además para generar un menor impacto ecológico, asimismo, aprovechar los recursos intelectuales, económicos y naturales para que estos actúen en sinergia y si esto sucede se pueda obtener una mayor sustentabilidad, debido a que algunas veces no se hace énfasis en el impacto ecológico, ya que se asume que al implementar algún sistema que reduzca la huella ecológica solo genera costos, pero la realidad es otra, puesto que es todo lo contrario; se genera una empresa sustentable y amigable con el medio ambiente.

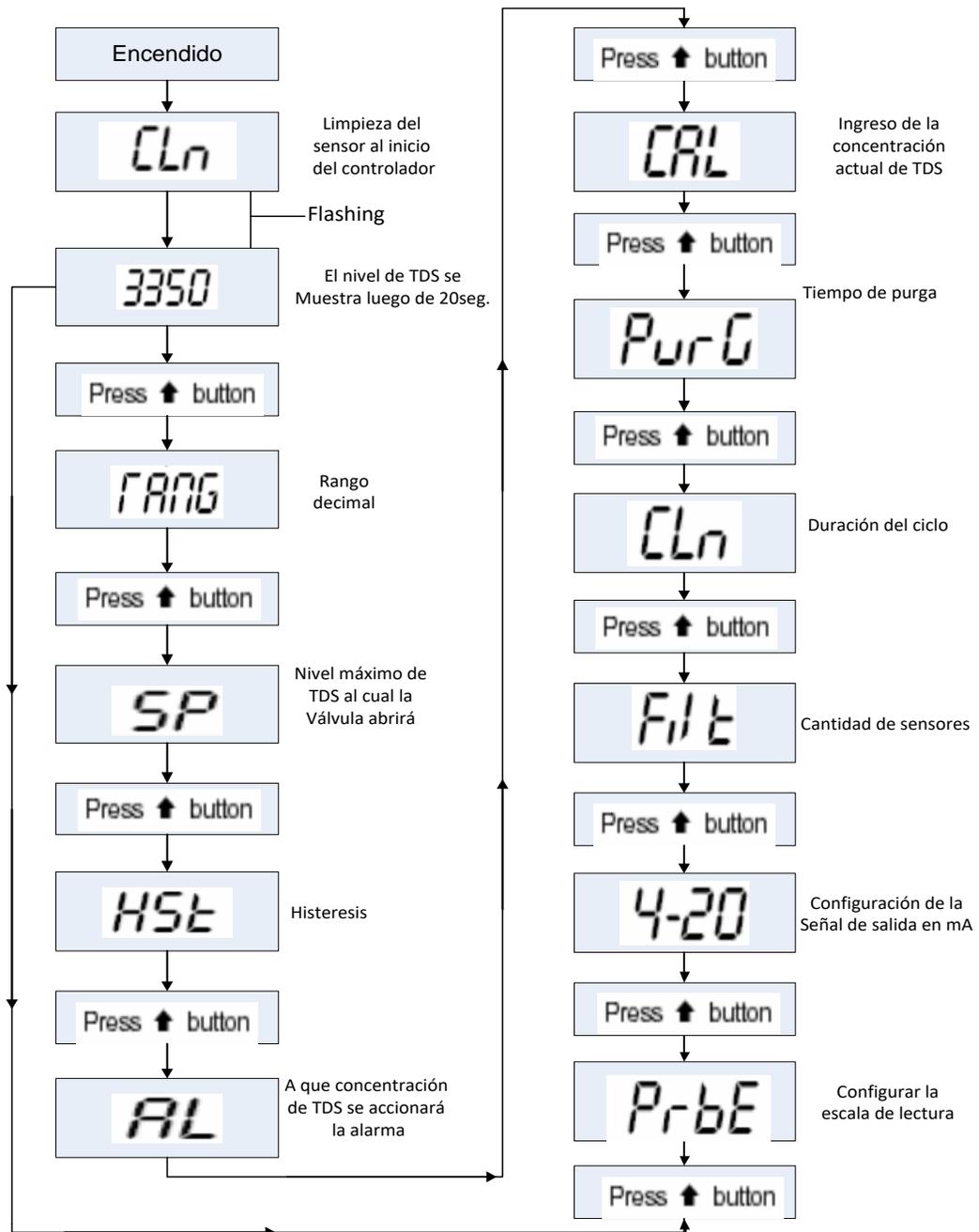
Una vez, presentada y desarrollada la propuesta del sistema de descarga de purgas en calderas de combustión, procede la fase de seguimiento y mejora continua, a través de la medición y calibración periódica de los niveles del total de sólidos disueltos TDS, también es imprescindible un plan de mantenimiento preventivo, y por último se presentarán las mejoras obtenidas por el sistema automático de control del total de sólidos disueltos TDS.

### **5.1.1. Registro de concentración de sólidos disueltos del agua de calderas**

El proceso de concentración del total de sólidos disueltos TDS del agua de las calderas se presenta en la figura 39, tal operación del sistema automático a implementar en las purgas de las calderas será realizado por personal calificado y capacitado en tales tareas. Además, se considerarán todos los equipos, elementos y componentes del sistema, que estarán bajo presión y temperaturas peligrosas para el personal operativo.

La medición y calibración del controlador de sólidos disueltos totales se realizará una vez por semana, para garantizar la fiabilidad del sistema de control. Se deberá cumplir con el procedimiento de calibración para garantizar que el controlador este calibrado de forma exacta. Cada resultado de análisis de concentración del total de sólidos disueltos TDS, será registrado y llevado en archivo, para poder las estadísticas de comportamiento relacionas a las condiciones del agua de la caldera y el agua de reposición o de alimentación.

Figura 41. **Calibración de sólidos disueltos del agua de calderas**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2019.

A través de los registros se puede evaluar el desempeño del sistema, ya que se conocerá en base al comportamiento en el control, su estabilidad y fiabilidad; en el caso de existir variabilidades respecto a registros anteriores, se buscarán las causas de estas, con base al comportamiento anterior del sistema. Por lo mismo, es de suma relevancia el registro y archivo de la concentración de sólidos disueltos totales en el agua de la caldera y agua de alimentación.

Tabla XX. **Registro de concentración del total de sólidos disueltos TDS**

EMPRESA DENIMATRIX S.A REGISTRO DE CONCENTRACIÓN DE TDS REVISIÓN SEMANAL			
Fecha: _____			
Hora: _____			
Operario Responsable: _____			
Operaciones	Completo	Incompleto	Observaciones
Limpieza del sensor			
Control de nivel TDS			
Control de rango			
Revisión del nivel máximo de TDS			
Regulación de la concentración de alarma			
Revisión de concentración actual de TDS			
Control de tiempo de purga			
Control de duración de ciclo			
Control de cantidad de sensores			
Configuración de la escala de lectura del TDS			
_____ <b>Firma</b>			

Fuente: elaboración propia.

### **5.1.2. Control de sólidos disueltos totales**

Parte de la medición y calibración periódica de los niveles de sólidos disueltos, propuesto para la empresa es imprescindible mencionar que, el sistema de control de sólidos disueltos totales en el agua de las calderas controlará la cantidad de agua a purgar que se necesita para tener un máximo admisible de concentración. La cantidad de agua a purgar depende de las características de concentración del agua de alimentación de la caldera. Esto significa que, si la concentración del total de sólidos disueltos TDS en el agua de alimentación aumenta, la cantidad de purga aumentará.

Por lo mismo, el tratamiento del agua de alimentación de las calderas es otro punto de mejora adicional al sistema automático de control, ya que, si la concentración del total de sólidos disueltos TDS en el agua de la caldera disminuye, la cantidad de purga de agua disminuirá aumentando los ahorros energéticos en concepto de combustible. En la siguiente tabla se muestra la hoja de control de sólidos disueltos totales.

Tabla XXI. Control de sólidos disueltos totales

EMPRESA DENIMATRIX S.A.			
CONTROL DE SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES			
Fecha: _____			
Hora: _____			
Operario Responsable: _____			
Variable	Unidades de medida	Descripción	Observaciones
Agua cruda		Cantidad de agua extraída del pozo que ingresa al tanque suavizador	
Agua tratada		Cantidad de agua tratada que sale del tanque suavizador	
Alimentación de caldera de 800 BHP		Cantidad de agua que ingresa a la caldera de 800 BHP	
Alimentación de caldera de 1000 BHP		Cantidad de agua que ingresa a la caldera de 1000 BHP	
Purga de caldera de BHP		Cantidad de agua que es purgada en la caldera de BHP	
Presión de retorno de condensados		Presión de descarga de los condensados	
Nivel del agua en tanque de retorno de condensados		Altura del nivel del agua en el tanque de retorno de condensados	
TDS en agua de reposición		Sólidos totales disueltos en el agua de reposición	
TDS en condensados		Sólidos totales disueltos en los condensados	
TDS en tanque de condensados		Sólidos totales disueltos en el agua dentro del tanque de condensados	
TDS en alimentación		Sólidos totales disueltos en el agua de alimentación	
Presión Atmosférica		Presión atmosférica local	
<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> <b>Firma</b>			

Fuente: elaboración propia.

## **5.2. Plan de mantenimiento preventivo**

Se propone un plan de mantenimiento preventivo, en el cual se define la política y los procedimientos para mantener el sistema en marcha y el personal esencial para realizar las actividades de mantenimiento.

El plan de mantenimiento preventivo incluirá todos los elementos del sistema de control. Se analizarán, las actuaciones inseguras tanto para el personal como para el equipo, en las cuales los responsables del mantenimiento incurrirán con el fin de evitarlas. En el plan de mantenimiento preventivo se tomará en cuenta para la realización de los distintos tipos de revisiones los siguientes aspectos:

- Periodicidad: cada elemento del sistema necesita revisiones y mantenimiento en diferentes intervalos de tiempo. No se debe considerar a todos los elementos por igual.
- Partes por inspeccionar: con base en los procesos de limpieza de tuberías, al proceso de mediciones rutinarias, calibración y control del total de sólidos disueltos TDS.
- Personal encargado: definir las funciones y responsabilidades de cada una de las personas que intervendrán en el plan de mantenimiento preventivo.

### **5.2.1. Planificación**

Para el mantenimiento preventivo en el área de calderas es necesario cortar el suministro de vapor en las áreas que lo consumen, es necesario planificar conjuntamente, con ellas las actividades de mantenimiento a fin de evitar problemas.

Las inspecciones que se realizarán al sistema de control serán a través de órdenes de trabajo en las cuales se especificarán, la fecha de realización, duración y si es necesario trabajo posterior o trabajo de reparación. Para cada actividad de mantenimiento se elaborará una hoja de trabajo en la que se indicará la necesidad, especificando la prioridad dentro de la planificación general de trabajos.

El mantenimiento preventivo se realizará teniendo en cuenta los tiempos de entrega o existencia de los elementos de recambio. Además, se tendrá en la bodega aquellas piezas que son imprescindibles en el sistema de control. En la siguiente hoja se presenta el control del mantenimiento preventivo para la empresa.

Cualquier empresa que se precie de tener una proyección hacia el futuro de una actividad determinada requiere que sea posible el trazado de diversos planes. Estos planes deben asentarse sobre un escenario cierto y de largo plazo, un escenario que sea pasible de ser controlado. Cuando existe imprevisibilidad o cuando es imposible estimar cuáles serán las circunstancias a las que se deberá hacer frente, es harto difícil la toma de decisiones. Es imprescindible, que, en la instalación del equipo, este estrictamente ligado al mantenimiento preventivo, que se realice, ya que, sin ello, inician los problemas o fallas en el equipo, a la vez influyendo de gran manera en la operación y funcionamiento, del mismo, hasta dejarlo fuera de servicio.

Generando pérdidas en el equipo por el desgaste acelerado del mismo y a la vez por los costos de mantenimiento correctivo, los cuales son altos en la mayoría de los casos, por ser mantenimiento imprevisto, que no se pueden ejecutar de inmediato porque normalmente no están dentro del presupuesto con las consiguientes paradas prolongadas de equipos sin trabajar. El

mantenimiento preventivo se enfoca en la revisión de limpieza de tuberías, revisión de proceso de mediciones rutinarias, revisión de calibración y control del total de sólidos disueltos TDS, ya que estos procesos se vinculan con el correcto funcionamiento del sistema de controlador de sólidos disueltos totales.

Tabla XXII. **Control de mantenimiento preventivo**

<b>EMPRESA DENIMATRIX S.A</b>			
<b>FICHA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>			
Fecha: _____			
Hora: _____			
Operario Responsable: _____			
Revisiones	Limpieza	Revisión	Observaciones
Tuberías de calderas			
Proceso de mediciones rutinarias			
Calibración de TDS			
Control de TDS			
<b><i>Cambio de alguna pieza o repuesto</i></b>			
Describir la falla por la que deba hacerse el cambio o reemplazo			
Material necesario			
Fecha para realizarlo			
Entrega de planificación de cambio			
Describir posible riesgo a la hora del cambio			
Asignar al personal que realizará la operación			
Control de piezas de cambio			
Se cuenta con equipo de protección para realizar el cambio			
_____ <b><i>Firma</i></b>			

Fuente: elaboración propia.

### **5.2.2. Capacitación continua del personal de mantenimiento**

La capacitación continua del personal de mantenimiento será a través de un programa, parte fundamental del mantenimiento preventivo, es el proceso de capacitación para el personal del departamento de calderas, el diseño del plan de capacitación permitirá solucionar las necesidades de capacitación por la implementación.

Para realizar el plan de capacitación, se tomará en cuenta las partes que se inspeccionarán en referencia al área de calderas donde será la implementación de la propuesta, con base a los procesos de limpieza de tuberías, el proceso de mediciones rutinarias, calibración y control del total de sólidos disueltos TDS, que requieren apoyo por parte de la administración, y la capacitación se realizará con el respaldo de la Gerencia de Operaciones de la empresa.

Consecutivamente, se procede a describir los cursos que se desarrollarán para reforzar el mantenimiento preventivo, los cuales serán los temas por impartir en la capacitación por parte de la empresa *outsourcing*.

- Conciencia respecto a la seguridad en el área de calderas
- Identificación y clasificación de artículos restringidos en el área de calderas.
- Seguridad ante cualquier emergencia en el área de calderas.
- Procesos de limpieza de tuberías.
- Proceso de mediciones rutinarias de calderas.
- Procesos de calibración del controlador de sólidos disueltos totales.
- Procesos de control del controlador de sólidos disueltos totales.

En el mismo orden de ideas, es imprescindible mencionar que, el objetivo del programa de capacitación es proporcionar al personal del área de calderas los conocimientos de procesos y habilidades, necesarias para el correcto seguimiento en el área de calderas y el correcto funcionamiento del controlador de sólidos disueltos totales.

Entre las metas del presente programa de capacitación esta, implementar en un 80 % el aprendizaje en la empresa, de los temas propuestos en el plan de capacitación. Además de capacitar al 100 % los colaboradores del área de calderas. En cuestiones de tiempo cubrir durante el primer año de implementación del plan, el 80 % de los temas a impartir.

El personal que propuesto para recibir la capacitación es el personal de operación y mantenimiento de calderas, ya que saben que en el área que están laborando las medidas de precaución y conocimiento son imprescindibles para su propia seguridad. Bajo el tema de conciencia respecto a la seguridad en el área de calderas los operadores deben conocer lo siguiente:

Deben inspeccionar las calderas con frecuencia en búsqueda de fugas, combustión correcta, funcionamiento de los dispositivos de seguridad e indicadores, así como otras funciones tales como mantener el área libre de obstáculos para garantizar una pronta reacción en caso de un accidente y utilizar un adecuado equipo de protección personal al estar en el área de calderas; para esto se debe seguir un normativo aplicable en el área al momento de operar la caldera y realizar mantenimiento a la misma.

Para la capacitación se contratará una empresa *outsourcing*, porque este servicio tiene varias ventajas que radican en lo siguiente:

Aliviar los cargos de actividades específicas, en relación a la responsabilidad en el área de calderas, es decir, al subcontratar a esta empresa de capacitación, se busca desprenderse de las funciones que pueden ser fácilmente contratadas; y así concentrarse en la razón central del negocio, además de ser personal profesional en el tema.

Continuando con el tema del programa de capacitación del equipo del área de calderas, el personal participará y actuará como asistente para evidenciar su capacidad y llevar a cabo las funciones de su papel dentro de la empresa. En tabla XXIII se desglosan los temas de capacitación al grupo que se le impartirá:

Tabla XXIII. **Temas por impartir en el programa de capacitación**

<b>Personal</b>	<b>Temas de capacitación</b>	<b>Responsable</b>
Personal operativo de calderas y personal de mantenimiento	Conciencia respecto a la seguridad en el área de calderas	Empresa <i>Outsourcing</i>
Personal operativo de calderas y personal de mantenimiento	Identificación y clasificación de artículos restringidos en el área de calderas	Empresa <i>Outsourcing</i>

Continuación de la tabla XXIII.

Personal operativo de calderas y personal de mantenimiento	Seguridad ante cualquier emergencia en el área de calderas	Empresa <i>Outsourcing</i>
Personal operativo de calderas	Procesos de limpieza de tuberías	Empresa <i>Outsourcing</i>
Personal de mantenimiento	Proceso de mediciones rutinarias de calderas	Empresa <i>Outsourcing</i>
Personal de mantenimiento	Procesos de calibración del controlador de sólidos disueltos totales	Empresa <i>Outsourcing</i>
Personal de mantenimiento	Procesos de control del controlador de sólidos disueltos totales	Empresa <i>Outsourcing</i>

Fuente: elaboración propia.

El desarrollo del programa de capacitación tendrá las siguientes ventajas:

- Brindar la oportunidad a la empresa de hacer efectivo un plan de prevención a través del conocimiento al personal operativo.
- Orientar, desde el inicio de la implementación de la propuesta al personal de calderas.
- Evitar el mantenimiento correctivo del sistema controlador de sólidos disueltos totales.

Una vez presentado el desarrollo del programa de capacitación y los temas que impartirá la empresa *Outsourcing*, se procede a presentar los resultados de, la misma.

La evaluación es una etapa importante ya que permite estimar el logro de los objetivos propuestos, permiten medir el nivel de aprendizaje de los participantes sobre los temas recibidos.

La evaluación será aplicable en el área operativa del departamento de calderas, y será efectuada por el supervisor del área, a través de la observación cuando el operario este realizando el trabajo, de esta forma verificar y calificar el cumplimiento de las operaciones y tareas de manera correcta.

Para asegurar el éxito y cumplimiento de la capacitación, se preparará un *check list* o lista de actividades que deberá llevar la persona encargada de coordinar la capacitación, con dicha lista se garantizará que todos los aspectos necesarios, antes y después de implementar el plan de capacitación, sean tomados en cuenta asignando responsables y fechas de cumplimiento. A continuación, se presenta el formato sugerido de lista de actividades, para el seguimiento de capacitación.

Tabla XXIV. Hoja de seguimiento de capacitación

<b>EMPRESA DENIMATRIX S.A</b> <b>FICHA DE SEGUIMIENTO DE CAPACITACIÓN</b>			
Fecha: _____			
Hora: _____			
Operario Responsable: _____			
Actividad	Responsable	Fecha de entrega	Status
Realizar el plan de capacitación			
Contratación de la empresa outsourcing			
Confirmar asistencia de los capacitadores			
Confirmar la asistencia de los colaboradores			
Elaborar el listado de asistencia y participación			
Evaluaciones periódicas al personal de calderas y mantenimiento			
Entrevista a capacitadores de la participación y atención del personal de la empresa			
<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> <b><i>Firma del encargado de seguimiento</i></b>			

Fuente: elaboración propia.

### **5.3. Mejoras obtenidas por el sistema automático de control de sólidos disueltos totales**

En concordancia con la propuesta del sistema de descarga de purgas en calderas de combustión una vez presentada la propuesta, se procede al seguimiento y mejora continua del mismo, a través de la medición y calibración periódica de los niveles de sólidos disueltos totales, de un plan de mantenimiento preventivo y de las mejoras obtenidas por el sistema automático de control de sólidos disueltos totales, el cual se hará efectivo por medio de la evaluación del sistema de purgas, por la evaluación de la calidad de vapor y la evaluación de las calderas, que se presentan a continuación.

#### **5.3.1. Evaluación del sistema de purgas**

La evaluación del ahorro energético se realizará bajo condiciones similares de operación de la caldera, esta evaluación se efectuará mensualmente. Para la correspondiente evaluación se presenta un formato, en tal evaluación se debe registrar el consumo de combustible en los meses anteriores a la puesta en marcha del sistema y compararlo con el consumo después de la puesta en marcha.

Tabla XXV. Hoja de evaluación del sistema de purga

<b>EMPRESA DENIMATRIX S.A.</b> <b>EVALUACIÓN DE SISTEMA DE PURGA</b>			
Fecha: _____			
Hora: _____			
Operario Responsable: _____			
Actividad	Aceptable	Inaceptable	Observaciones
Control del ciclo de combustión			
Uso de elementos de protección personal homologados			
Manejo de cargas inferiores a 25kg			
Verificación de fugas de líquido o gas			
Control de estabilidad del consumo del vapor			
Control de la potencia de combustible utilizado			
Control de la potencia eléctrica			
<b>Parámetros combustión</b>			
Parámetros gases de combustión	Meses		
	Julio	Agosto	Septiembre
Temperatura (°C)			
O <sub>2</sub> (%)			
CO <sub>2</sub> (%)			
CO (ppm)			
_____ <b>Firma del encargado de evaluación</b>			

Fuente: elaboración propia.

### **5.3.2. Evaluación de la calidad del vapor**

La evaluación de la calidad del vapor comprende que el sistema de control de sólidos disuelto-totales contribuya a la calidad del vapor generado en la caldera sea mejor. La calidad del vapor referirá a que tan seco es el vapor generado en la caldera. Para poder evaluar la calidad del vapor, es imprescindible usar un instrumento de medición, en este caso el calorímetro el cual mide el porcentaje de humedad del vapor. Entre menor sea el porcentaje de humedad del vapor mejor será la calidad de este, tal y como se muestra a continuación:

- El flujo Ton/h debe ser menos de 50,01
- La presión de la caldera deberá estar a 287,90 Kg
- La temperatura ideal comprenderá los 110 °C

Con los parámetros anteriores, se reflejará la calidad de vapor, es decir, si la producción de vapor es de 40 Ton/h esto corresponde a un 63,5 % del flujo de vapor, que evidenciará la región de vapor sobrecalentado. Es decir, que para un mayor caudal de alimentación es una condición indeseable, pues el nivel en el domo de la caldera empieza a acumularse, arriba de 50 %, lo que conllevará a un arrastre de agua en el vapor de salida, situación crítica, en caso, que, el vapor se use para cogeneración a través de la caldera.

Para el proceso de evaluación del sistema, desde el punto de vista de los beneficios de una generación de vapor seco, se evaluarán algunos indicadores que garantizarán la calidad, del mismo.

Tabla XXVI. Hoja de evaluación de la calidad del vapor

<b>EMPRESA DENIMATRIX S.A.</b> <b>EVALUACIÓN DE CALIDAD DE VAPOR</b>			
Fecha: _____ Hora: _____ Operario responsable: _____			
Actividad	Aceptable	Inaceptable	Observaciones
Verificación de la eliminación de golpes de ariete en la tubería desde la caldera hasta el distribuidor principal de vapor			
Evaluación de la menor descarga del sistema de trampeo de la línea principal de vapor			
Verificar la disminución de consumo de vapor de los equipos			
Verificar la disminución de incrustaciones en válvulas, trampas y demás accesorios del sistema de vapor			
<i>Parámetros de calidad de vapor</i>			
Parámetros	Meses		
	Julio	Agosto	Septiembre
Flujo (ton/h)			
Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )			
Temperatura (°C)			
_____ <b><i>Firma del encargado de evaluación</i></b>			

Fuente: elaboración propia.

### **5.3.3. Evaluación de las calderas**

Para evaluar el correcto funcionamiento del sistema de control de sólidos disueltos totales, que se implementará en las calderas desde el punto de vista del estado físico de estas, se realizará a través del siguiente formato en el que se observarán los siguientes aspectos para verificar los procesos de:

- Las incrustaciones en los tubos de gases calientes, del lado del agua
- La fatiga en las paredes de la caldera por cambios bruscos de temperatura.
- La transferencia térmica entre los gases calientes y el agua.
- El nivel del agua de la caldera estable.
- Las existencias de arrastres de agua.

Tabla XXVII. Hoja de evaluación de las calderas

EMPRESA DENIMATRIX S.A.			
EVALUACIÓN DE LAS CALDERAS			
Fecha: _____			
Hora: _____			
Operario Responsable: _____			
Actividad	Aceptable	Inaceptable	Observaciones
Verificación de incrustaciones en los tubos de gases calientes, del lado del agua			
Verificación de fatiga en las paredes de la caldera por cambios bruscos de temperatura			
Verificación de transferencia térmica entre los gases calientes y el agua			
Verificación del nivel del agua de la caldera estable			
Verificar existencias de arrastres de agua			
<b>Parámetros cálculo de rendimiento</b>			
Parámetros	Meses		
	Julio	Agosto	Septiembre
Calor útil (kJ/kg)			
Calor disponible (kJ/kg)			
Flujo de combustible (kg/s)			
Entalpía de la cantidad teórica de gases (kJ/kg)			
Temperatura de las paredes (°C)			
Área superficial (m <sup>2</sup> )			
Volumen de gases secos (m <sup>3</sup> N/kg)			
Coefficiente de transferencia de calor por convección (W/m <sup>2</sup> °C)			
Coefficiente de transferencia de calor por radiación (W/m <sup>2</sup> °C)			
Temperatura ambiente (°C)			
<hr style="width: 80%; margin: auto;"/> <b>Firma del encargado de evaluación</b>			

Fuente: elaboración propia.

Una vez, desarrollada la propuesta del diseño de un sistema de descarga de purgas para la depuración de contaminantes en calderas de combustión utilizadas en la empresa corresponde la fase de seguimiento y mejora continua, la cual corresponde realizar mediciones de calibración periódica de los niveles de sólidos disueltos totales, el cual conlleva la inspección de registro de concentración de sólidos disueltos en el agua de calderas y el control del total de sólidos disueltos TDS, en general.

Posteriormente se procede a darle el correcto seguimiento al plan de mantenimiento preventivo propuesto para la empresa Denimatrix S.A., y por último se realizarán las inspecciones correspondientes de evaluación del sistema de vapor de purgas, evaluación de la calidad de vapor y la evaluación de las calderas, el objetivo esencial de tales inspecciones son proyectadas para disminuir los tiempos de interrupción normal de la caldera, las realizará el operador del área de calderas, con el fin de descubrir piezas o partes defectuosas y el correcto funcionamiento del control automático de sólidos disueltos totales, la inspección en si revisará todas las partes básicas de la caldera antes de utilizarla, para evitarse problemas posteriores.

## CONCLUSIONES

1. La empresa Denimatrix S.A. dentro de sus procesos someten distintos textiles a varios tratamientos de coloración para fabricar distinta ropa de vestir. Entre los equipos y maquinarias que se utilizan se encuentran los equipos en el cuarto de calderas, las cuales se encargan de la generación de vapor saturado seco.
2. La investigación se centró en un elemento importante, es decir, en el funcionamiento de las calderas que representa el control de sólidos totales disueltos. Por lo que fue necesario realizar purgas de agua, para ello se consideró la concentración de sólidos, para evitar incrustaciones en los tubos y paredes de la caldera.
3. En la fase de situación actual, se pudo determinar que, debido a que no se cuenta con un dispositivo de purga de calderas, muchos sólidos disueltos en agua se vuelven fuertes contaminantes hacia al medio ambiente, y causan en las calderas de combustión una gran cantidad de corrosión e incrustaciones; esto debido a la no eficiente depuración de, los mismos.
4. Por el tipo de empresa que es Denimatrix S.A. para la utilización de las calderas, realiza sus procesos cumpliendo el Acuerdo Gubernamental 236-2006 Etapa 4 y las Normas de COGUANOR para establecer los criterios y requisitos que cumple en los procesos de descarga y reusó de aguas residuales, así como para la disposición de lodos.

5. Con el estudio realizado se pudo determinar la factibilidad de contar con sistema de descarga de purgas en calderas de combustión, porque reflejará un ahorro de energía en la factura anual de Q. 400 371,62, lo que evidencia claramente la viabilidad de implementar el proyecto en la empresa Denimatrix S.A.
6. La inversión para la implementación del sistema automático de control de sólidos disueltos totales es de Q 110 750,00 y el ahorro que generará, en concepto de energía será de Q 400 371,62, con estos datos el resultado de la razón beneficio costo es de 3,61 y la realización del proyecto se justifica, debido a que es mayor a uno.
7. La implementación del sistema de descarga de purgas en calderas de combustión en la empresa Denimatrix S.A, engloba actividades destinadas el evitar el impacto destructivo de las aguas residuales, además cumple con las disposiciones de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, disposiciones se refieren a medidas de protección, abudamiento y recuperación de las aguas.
8. La automatización del proceso de purga de superficie asegurará que la cantidad de agua descargada por la válvula será solo la necesaria, aumentando así la eficiencia del sistema de descarga de purgas en calderas de la empresa Denimatrix S.A.
9. La apertura de la válvula durante periodos más largos llevaría a pérdidas de agua, que se verán reflejadas en disminución de la eficiencia de la caldera.

10. Tener un sistema de purgas automático reducirá significativamente las pérdidas de agua de la caldera, las pérdidas de los productos químicos para el tratamiento de agua de combustible y reducción de costos de mantenimiento.



## RECOMENDACIONES

1. La empresa Denimatrix S.A. debe integrar el diseño optimizado para la depuración de sólidos disueltos en agua de las calderas por medio de estándares establecidos para la operación para evitar algún grado de contaminación al medio ambiente.
2. Denimatrix S.A. como empresa que cuenta con calderas es imprescindible que cumpla con los acuerdos establecidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), y las Normas COGUANOR, que regulan el tratamiento de aguas residuales.
3. Como parte de la propuesta se establecieron puntos de descarga de agua residual en calderas, por lo que es aconsejable que la empresa le dé seguimiento a los procesos como la cantidad de agua a purgar, ciclos de concentración de sólidos disueltos totales, asimismo, la limpieza periódica de las válvulas de purga.
4. Se elaboró un proceso de seguimiento y mejora continua, en el que se determinó la medición y calibración precisa y periódica de los niveles sólidos, por lo que la empresa debe llevar el registro de la concentración de sólidos, así como el control de sólidos disueltos totales.

5. El correcto tratamiento de agua a través del sistema de descarga de purgas propone continuar utilizando los químicos actuales y la incorporación de otros, además es necesaria la estabilización de los residuales de productos químicos dentro de rangos aceptables, para garantizar efectivamente la adecuada protección de los equipos ante los procesos incrustantes y corrosivos.
  
6. Realizar las actividades del plan de mantenimiento preventivo, cumpliendo con todos los pasos que se indican, sin obviar ningún paso, por minucioso que se considere; al surgir alguna duda, se consultará con el encargado de mantenimiento. Es imprescindible que las actividades de mantenimiento preventivo estén en constante evaluación.
  
7. Es necesaria la capacitación periódica a los operarios del área de cuarto de calderas, para optimizar la generación de vapor saturado y el uso adecuado de los combustibles para la operación.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ALDANA VALDEZ, Eduardo. *Manual de operación y especificaciones técnicas de los equipos instalados*. [en línea]. <<http://www.milagro.gob.ec/wp-content/uploads/2014/01/Ficha-Ambiental-Mercado-Central-Milagro.pdf>> [Consulta: 15 de abril de 2020].
2. AVALLONE, Eugene; BAUMEISTER Theodore. *Manual del ingeniero mecánico*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 1995. 2108 p.
3. BACA URBINA, Gabriel. *Evaluación de proyectos*. 4ta ed. México: McGraw-Hill, 2001. 404 p.
4. FAIRES MORING, Virgil. *Termodinámica*. 1a ed. México: Uteha, 1972. 657 p.
5. GARCIA, Salvador; DOLAN, Simon. *La dirección por valores*. Madrid: McGraw-Hill, 1997. 110 p.
6. GUDYNAS, Eduardo. *Ecología, economía y ética del desarrollo sostenible*. Centro Latino Americano de Ecología Social y Desarrollo, Economía, Ecología, Equidad América Latina. Montevideo, Uruguay, 2004. 230 p. ISBN 9974-7616-7- 0.

7. GUTIÉRREZ, Joaquín. *Reúso de agua y nutrientes. Medio ambiente y desarrollo. Revista electrónica No. 4.* Cuba, 2003. 11 p. ISSN-1683-8904.
8. HERRERA Luis. *Estudio de alternativas, para el uso sustentable del agua de lluvia.* Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Civil. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. México, D.F., 2010. 179 p.
9. LA FERRETERA S. A. *Guía para la conservación de vapor en el drenado de condensado.* [en línea] <<https://www.armstronginternational.com/es/v%C3%A1lvulas-reductoras-de-presi%C3%B3n>> [Consulta: 10 de marzo de 2020].
10. \_\_\_\_\_. *Válvulas reductoras de presión.* [en línea]. <<https://www.armstronginternational.com/es/v%C3%A1lvulas-reductoras-de-presi%C3%B3n>> [Consulta: 10 de marzo de 2020].
11. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Acuerdo Gubernativo 236-2006; Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos.* Guatemala: MARN, 2006. 24 p.
12. MIRANDA, Ángel., JUTGLAR, Lluís; VILLARUBIA, Miguel. *Manual de aire acondicionado.* 2ª. ed. Barcelona, España: Boixareu editores, 1972. 660 p.
13. MOLINA IGARTUA, Luis. *Calderas de vapor en la industria, CADEM.* Bilbao, España: Pearson, 1996. 308 p.

14. ORTEGÓN, Edgar. et. al., *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. [en línea]. <<https://www.cepal.org/es/publicaciones/5607-metodologia-marco-logico-la-planificacion-seguimiento-la-evaluacion-proyectos>> [Consulta: 15 de abril de 2020].
15. VARGAS Z, Ángel. *Montaje de maquinaria industrial*. Tomo I. Guayaquil, Ecuador: VZ, 1982. 150 p.
16. \_\_\_\_\_. *Calderas industriales y marinas*. 2a ed. Guayaquil, Ecuador: VZ, 1990. 180 p.
17. WARK, Kenneth. *Termodinámica*. [en línea]. <<https://www.urbe.edu/UDWLibrary/InfoBook.do?id=81836>> [Consulta: 15 de abril de 2020].

