



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

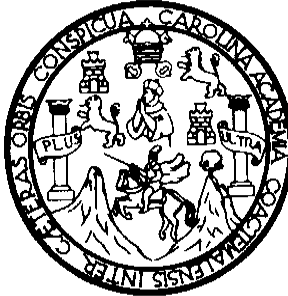
**DISEÑO, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS INDUSTRIALES Y AGRÍCOLAS  
EN LAS ÁREAS DE CALDERAS, BOMBAS, VÁLVULAS Y ACCESORIOS, EN SIDASA**

**Kevin Gustavo Roldán Corado**

Asesorado por el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, julio de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS INDUSTRIALES Y AGRÍCOLAS  
EN LAS ÁREAS DE CALDERAS, BOMBAS, VÁLVULAS Y ACCESORIOS, EN SIDASA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**KEVIN GUSTAVO ROLDÁN CORADO**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANÍBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, JULIO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Julio César Campos Paiz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Figueroa Vásquez
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, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS INDUSTRIALES Y AGRÍCOLAS  
EN LAS ÁREAS DE CALDERAS, BOMBAS, VÁLVULAS Y ACCESORIOS, EN SIDASA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 21 de agosto de 2014.

  
**Kevin Gustavo Roldán Corado**



Guatemala, 25 de mayo de 2015  
REF.EPS.DOC.391.05.15.

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

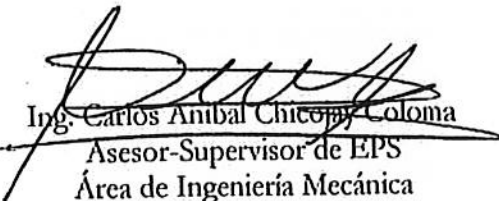
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Kevin Gustavo Roldán Corado** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200517772, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS INDUSTRIALES Y AGRÍCOLAS EN LAS ÁREAS DE CALDERAS, BOMBAS, VÁLVULAS Y ACCESORIOS, EN SIDASA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Ing. Carlos Anibal Chicofay Coloma  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo  
CACC/ra





Guatemala, 25 de mayo de 2015  
REF.EPS.D.259.05.15

Ing. Julio César Campos Paiz  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **DISEÑO, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS INDUSTRIALES Y AGRÍCOLAS EN LAS ÁREAS DE CALDERAS, BOMBAS, VÁLVULAS Y ACCESORIOS, EN SIDASA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Kevin Gustavo Roldán Corado** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS



SJRS/ra

Ref.E.I.Mecánica.215.2015

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado **DISEÑO, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS INDUSTRIALES Y AGRÍCOLAS EN LAS ÁREAS DE CALDERAS, BOMBAS, VÁLVULAS Y ACCESORIOS, EN SIDASA** del Estudiante **Kevin Gustavo Roldán Corado**, Carné No. **2005-17772**, y luego de haberlo revisado en su totalidad procede a la autorización del mismo.

**"Id y Enseñad a Todos"**

  
Ing. Roberto Guzmán Ortiz  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



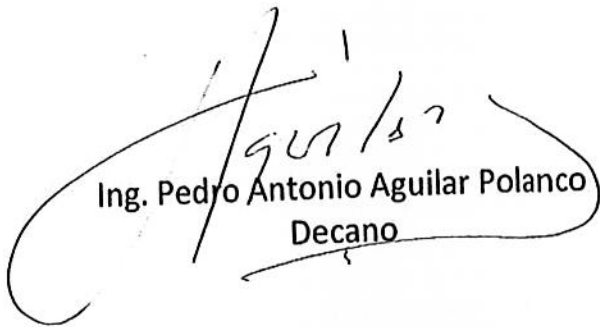
Guatemala, julio de 2015  
/aej



DTG. 372 .2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS INDUSTRIALES Y AGRÍCOLAS EN LAS ÁREAS DE CALDERAS, BOMBAS, VÁLVULAS Y ACCESORIOS, EN SIDASA**, presentado por el estudiante universitario: **Kevin Gustavo Roldán Corado**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, 31 de julio de 2015

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Todos aquellos**

Que no creyeron en mí, a aquellos que esperaban el más mínimo tropiezo del cual ya no pudiera levantarme, a quienes aseguraban que tiraría la toalla a medio camino, a los que solo esperaban de mí el fracaso y supusieron a cada momento que jamás lo lograría.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **Dios**

Ya que sin sus múltiples bendiciones la culminación de este importante paso en mi vida profesional no hubiese sido posible.

### **Mis padres**

De quienes me siento completamente orgulloso y amo, ya que en todo momento creyeron en mí y me apoyaron, tanto emocional como económicamente, durante este largo camino.

### **Mi hermana**

A quien quiero con el alma, quien fue mi apoyo en las noches de desvelo durante gran parte de mi carrera.

### **Mi novia**

Quien llegó en el momento preciso a mi vida, para brindarme el apoyo y motivación necesaria para culminar con pie firme la recta final de mi carrera.

### **Mi familia en general**

Y a quienes ya no se encuentran físicamente conmigo, pero que en todo momento me brindaron su amor y apoyo para culminar una meta más en mi vida.

**Mis amigos**

Quienes dentro o fuera de los salones de clase formaron parte importante en mi vida y cada uno de mis logros.

**Mis catedráticos**

Por ser los encargados de transmitir sus conocimientos y ser una de las bases fundamentales en mi formación académica.

**Mi casa de estudios**

La tricentenaria Universidad de San Carlos de Guatemala, por brindarme la oportunidad de convertirme en un profesional y fomentarme ese orgullo de decir que soy sancarlista.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN .....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN .....	XXV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Descripción de la empresa .....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.3. Antecedentes .....	2
1.4. Justificación .....	3
1.5. Formulación y delimitación del problema .....	4
1.6. Alcance y limitaciones.....	5
1.7. Objetivos.....	5
1.7.1. Objetivo general .....	6
1.7.2. Objetivos específicos .....	6
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	9
2.1. Calderas .....	9
2.1.1. Conceptos básicos de generación de vapor .....	10
2.1.2. Conceptos generales sobre calderas.....	11
2.1.3. Combustibles .....	13
2.1.3.1. Tipos de combustible .....	14
2.1.4. Sistema de control de calderas .....	15

2.1.4.1.	Instrumental .....	16
2.2.	Bombas .....	16
2.2.1.	Definición .....	17
2.2.2.	Clasificación.....	18
2.2.2.1.	Bombas volumétricas o de desplazamiento positivo o volumétrico.....	18
2.2.2.2.	Bombas de émbolo alternativo.....	18
2.2.2.3.	Bombas volumétricas, rotativas o rotoestáticas.....	19
2.2.2.4.	Bombas rotodinámicas .....	20
2.2.3.	Tipos de accionamiento .....	22
2.2.4.	Características de las bombas hidráulicas.....	22
2.2.4.1.	Caudal .....	23
2.2.4.2.	Cavitación .....	23
2.2.5.	Tipos de bombas .....	24
2.2.5.1.	Bombas de pistón .....	24
2.2.5.2.	Bomba de tornillo .....	25
2.2.5.3.	Bomba centrífuga.....	26
2.3.	Válvulas y accesorios .....	30
2.3.1.	Conceptos generales sobre válvulas .....	31
2.3.2.	Tipos de válvulas según su aplicación .....	33
2.3.3.	Tipos de válvulas de aislamiento lineal .....	34
2.3.4.	Accesorios utilizados en instalaciones típicas de válvulas .....	44
2.4.	Estructuras .....	46
2.4.1.	Definición .....	46
2.4.2.	Condiciones que debe cumplir una estructura .....	47
2.4.3.	Componentes de una estructura .....	48
2.4.4.	Transmisión de cargas en estructuras metálicas .....	40

2.4.5.	Tipos de estructuras .....	49
2.4.6.	Tipos de uniones .....	52
3.	AHORRO ENERGÉTICO .....	55
3.1.	¿Qué es ahorro energético? .....	55
3.2.	Medidas de ahorro energético .....	55
3.2.1.	Instalaciones eléctricas .....	56
3.2.2.	Iluminación .....	57
3.2.3.	Motores eléctricos .....	59
3.2.4.	Computadoras .....	61
3.2.5.	Aire acondicionado .....	62
3.2.6.	Sistemas de bombeo .....	64
3.2.7.	Recomendaciones generales sobre el consumo y ahorro energético .....	65
4.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	67
4.1.	Calderas .....	67
4.1.1.	Servicio mayor a calderas .....	67
4.1.1.1.	Materiales .....	72
4.1.2.	Inspección y chequeo en partes principales de instrumentación en calderas .....	75
4.1.3.	Cálculo de refractarios .....	80
4.1.4.	Cálculo y aplicación de material absorbente para la paralización extendida de una caldera .....	86
4.2.	Bombas .....	90
4.2.1.	Mantenimiento a bomba de alta presión de 5 etapas .....	91
4.2.2.	Tipo de falla .....	91
4.2.3.	Desmontaje .....	93

4.2.4.	Revisión de sus componentes .....	95
4.2.5.	Localización de la falla.....	96
4.2.6.	Toma de decisiones.....	97
4.2.7.	Ensamblaje de la bomba .....	98
4.3.	Válvulas y accesorios .....	98
4.3.1.	Instalaciones típicas en líneas de vapor y concentrado.....	99
4.3.2.	Chequeo y prueba de funcionamiento en accesorios .....	100
4.3.3.	Desempeño .....	102
4.3.4.	Modificaciones .....	105
4.4.	Estructuras .....	106
4.4.1.	Tipos de estructuras .....	106
4.4.2.	Selección de materiales.....	106
4.4.3.	Diseño de la estructura.....	108
4.4.4.	Cálculo de materiales y precios .....	109
4.4.5.	Ensamblaje .....	115
4.4.6.	Instalación.....	116
5.	FASE DE DOCENCIA .....	117
5.1.	Objetivos de esta fase .....	117
5.2.	Acciones a tomar.....	118
5.2.1.	Presentación de resultados .....	118
5.2.2.	Capacitación al personal de la empresa .....	118
5.3.	Recursos .....	118
5.4.	Programa de ejecución.....	119
5.5.	Resultados esperados.....	120

CONCLUSIONES .....	121
RECOMENDACIONES.....	123
BIBLIOGRAFÍA.....	125
ANEXOS.....	127





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Componentes básicos de una caldera .....	9
2.	Conjunto de bomba accionada por motor eléctrico .....	17
3.	Accionamiento de bomba de pistón .....	19
4.	Componentes de una bomba rotoestática.....	20
5.	Instalación de una bomba roto dinámica.....	21
6.	Componentes de una bomba de tornillo.....	25
7.	Bomba de etapas múltiples a corazón abierto.....	28
8.	Partes fundamentales de una válvula .....	32
9.	Válvula de globo.....	35
10.	Válvula de compuerta.....	36
11.	Válvula de guillotina .....	37
12.	Válvula de diafragma.....	38
13.	Válvula de mariposa.....	39
14.	Válvula de bola.....	40
15.	Válvula de macho.....	41
16.	Estructuras para equipo de ahorro energético .....	47
17.	Diagrama de estructura triangular .....	49
18.	Diagrama de estructura colgante .....	50
19.	Estructuras laminares.....	51
20.	Estructuras geodésicas .....	52
21.	Conjunto del quemador .....	69
22.	Lista de materiales para servicio a caldera York Shipley 250 HP .....	72
23.	Lista de materiales para servicio a la caldera CB 500 HP.....	73

24.	Material refractario y empaques tipo baffle, CB 200 HP .....	74
25.	Conjunto del quemador.....	75
26.	Panel de control y sus aplicaciones .....	76
27.	Anclaje, mecanismo y conexión en los motores .....	77
28.	Instalaciones y accesorios en calderas.....	79
29.	Cálculo de volumen refractario para puerta trasera de caldera York Shipley .....	80
30.	Cálculo de la base triangular a partir del diámetro total de la base .....	81
31.	Diseño para encontrar el área del segmento del círculo .....	83
32.	Diseño para encontrar el área (AoB).....	84
33.	Cálculo de libras aplicables para cada tipo de caldera .....	87
34.	Material absorbente y sus puntos de aplicación .....	89
35.	Bomba.....	91
36.	Bomba de alta presión de 5 etapas VVKI Malmedi – Hidromac.....	92
37.	Desmontaje de piezas de la bomba .....	94
38.	Revisión de los componentes de la bomba.....	95
39.	Localización de la falla en la bomba .....	97
40.	Instalaciones típicas en líneas de vapor .....	99
41.	Accesorios en líneas de condensado y vapor de marmitas .....	101
42.	Instalaciones en central de aceite .....	103
43.	Materiales empleados en la fabricación de estructuras .....	108
44.	Inclinación de la estructura .....	109
45.	Diseño de estructura, según manual.....	110
46.	Esquema de cálculos en estructura .....	110
47.	Cálculo de longitud en paraleles .....	112
48.	Plano de estructura total, asiento de paneles .....	113
49.	Diseño de platina .....	114
50.	Fabricación de la estructura.....	116

## TABLAS

I.	Eficiencia de los combustibles.....	14
II.	Eficiencia de la caldera .....	71
III.	Total de materiales por estructura .....	115



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Lb/h	Dimensional de libras por hora
GPM	Galones por minuto
Kw	Kilowatt (dimensional de potencia eléctrica)
°F	Medida de temperatura en grados Fahrenheit.
RPM	Revoluciones por minuto.
Ft	Unidad de longitud en el sistema inglés.
BTU	Unidad de medida de la energía en el sistema inglés, por sus siglas en inglés <i>British Thermal Unit</i> .
HP	Unidad de medida de la potencia de un motor eléctrico ( <i>horse power</i> )



## **GLOSARIO**

<b>Aislante</b>	Cualquier material que impide la transmisión de la energía en cualquiera de sus formas.
<b>Atomización</b>	Fragmentación o dispersión de una cosa en partes muy pequeñas.
<b>Automatización</b>	Aplicación de máquinas o de procedimientos automáticos en la realización de un proceso dentro de la industria.
<b>Báscula</b>	Instrumento para medir pesos generalmente grandes, que consiste en una plataforma donde se coloca lo que se quiere pesar, un sistema de palancas que transmite el peso a un brazo que se equilibra con una pesa y un indicador que marca el peso.
<b>Bunker</b>	Combustible residual que se obtiene de la destilación y refinación de los hidrocarburos.
<b>Balancín</b>	Asiento individual con brazos y respaldo y que tiene la base curva, de modo que puede balancearse.



<b>Brida</b>	Reborde circular en el extremo de los tubos de metal que sirve para ajustarlos unos con otros.
<b>Caldera</b>	Aparato dotado de una fuente de calor donde se calienta o se hace hervir el agua y que puede tener varias aplicaciones.
<b>Cubeta Sarset</b>	Tipo de adhesivo para refractario utilizado en el área de hornos y calderas.
<b>Chequeo</b>	Revisión que se hace para comprobar el estado de una cosa.
<b>Convección</b>	Transmisión de calor en un fluido por movimiento de capas desigualmente calientes.
<b>Ciclo</b>	Serie de fases o estados por las que pasa un acontecimiento o fenómeno y que suceden en el mismo orden hasta llegar a una fase o estado a partir de los cuales vuelven a repetirse.
<b>Cebado</b>	Proceso que consiste en llenar de fluido la tubería y cuerpo de la bomba antes de ponerse en funcionamiento.
<b>Compresible</b>	Que puede ser comprimido.

<b>Cóncavo</b>	Que tiene, respecto del que mira, forma curva más hundida en el centro que en los bordes.
<b>Convexo</b>	Que tiene, respecto del que mira, forma curva más prominente en el centro que en los bordes.
<b>Clapeta</b>	Tipo de tablero rectangular que gira alrededor de su borde superior o inferior.
<b>Diseño</b>	Actividad en la que se proyecta el objetivo y utilidad de algo.
<b>Ductería</b>	Tubería o ducto que cumple la tarea de transportar algún tipo de fluido, vapor o gas.
<b>Diafragma</b>	Separación en forma de lámina movable o porosa que intercepta o regula la comunicación entre dos partes de determinadas máquinas y aparatos.
<b>Estándar</b>	Que sirve de patrón, modelo o punto de referencia para medir o valorar cosas de la misma especie.
<b>Eficiencia</b>	Capacidad para realizar o cumplir adecuadamente una función.
<b>Eficacia</b>	Capacidad para producir el efecto deseado o de ir bien para determinada cosa.

<b>Energía hidráulica</b>	Se denomina energía hidráulica, energía hídrica o hidroenergía, a aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinética y potencial de la corriente del agua.
<b>Energía mecánica</b>	Es la energía que se debe a la posición y al movimiento de un cuerpo, por lo tanto, es la suma de las energías potencial y cinética de un sistema mecánico.
<b>Estanqueidad</b>	Es la posibilidad de crear una superficie por donde no acceda el agua al interior de algún componente.
<b>Fase</b>	Estado, diferenciado de otro, por el que pasa una cosa o una persona que cambia o se desarrolla.
<b>Fotocelda</b>	Es un componente electrónico cuya resistencia disminuye con el aumento de intensidad de luz incidente.
<b>Fraguar</b>	Trabajar un metal y darle una forma definida cuando está caliente, por medio de golpes o por presión.
<b>Fluido</b>	Que es de consistencia blanda, como el agua o el aceite, y fluye, corre o se adapta con facilidad.

<b>Guillotina</b>	Máquina formada por una gran cuchilla triangular que baja o se desliza por un armazón.
<b>Historial</b>	Relación detallada y ordenada que se hace sobre el desarrollo de una actividad.
<b>Hollín</b>	Sustancia negra, muy fina y grasienta, formada por el humo y que queda adherida a la superficie por donde este sale.
<b>Hormigón</b>	Material de construcción formado por una mezcla de piedras menudas y un tipo de argamasa (cal, cemento, arena y agua).
<b>Hidrostática</b>	Parte de la mecánica que estudia el equilibrio de los líquidos y los gases.
<b>Instalación</b>	Conjunto de cosas instaladas en un lugar.
<b>Intercambiador</b>	Objeto que cambia algún estado, situación, flujo, temperatura, entre otros.
<b>Instructivo</b>	Documento o folleto que contiene instrucciones escritas.
<b>ISO</b>	Norma definida por la Organización Internacional de Normalización, que se aplica a los productos y servicios.

<b>Ignición</b>	Inicio de una combustión.
<b>Infrarrojo</b>	Radiación del espectro luminoso que tiene mayor longitud de onda y se extiende desde el extremo del rojo visible hacia frecuencias menores; se caracteriza por sus efectos térmicos, pero no luminosos ni químicos.
<b>Mantenimiento</b>	Conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación.
<b>Monitoreo</b>	Revisión, chequeo o manejo de control de algo.
<b>Manual de fabricante</b>	Publicación que incluye los aspectos fundamentales de una materia. Guía que ayuda a entender el funcionamiento de algo, así como su correcta instalación.
<b>Modulador</b>	Dispositivo electrónico que sirve para modular una onda.
<b>Obturador</b>	Dispositivo de una máquina que cierra o abre algún objetivo, para regular una entrada.
<b>Parámetro</b>	Variable que aparece en una ecuación cuyo valor se fija a voluntad.

<b>Piloto</b>	Llama inicial del quemador que hace posible el resto de una combustión mayor.
<b>Purga</b>	En una bomba, se trata de la extracción del aire existente dentro de esta, antes de ponerse en funcionamiento.
<b>Presurizado</b>	Acción de adquirir presión.
<b>Registro</b>	Dispositivo que presenta cierta información necesaria de un sistema.
<b>Refractario</b>	Que resiste la acción del fuego sin cambiar de estado ni destruirse.
<b>Rodete</b>	Objeto con forma de rueda o rosca. Para bombas es el elemento encargado en conjunto con el impulsor a distribuir un fluido.
<b>Ranurado</b>	Una ranura es un canal hecho a lo largo de una pieza, normalmente para ensamblarla con otras piezas, pero su uso puede ser también como simple orificio alargado de paso para: el aire, monedas, papeles, pequeños objetos, fluidos, entre otros.
<b>Servicio</b>	Trabajo, especialmente cuando se hace para otra persona o hacia alguna cosa.

<b>Semblanza</b>	Parecido.
<b>Turbomáquina</b>	Aparato generador o receptor, que actúa dinámicamente sobre un fluido mediante una rueda provista de compartimientos, móvil alrededor de un eje fijo (turborreactor, turbomotor).
<b>Trasegar</b>	Pasar un líquido de un recipiente a otro.
<b>Troncónico</b>	Que tiene forma de tronco de cono.
<b>Unidireccional</b>	Algo que se desplaza o mueve en una sola dirección.
<b>Válvula</b>	Dispositivo que abre o cierra el paso de un fluido por un conducto en una máquina, aparato o instrumento, gracias a un mecanismo, a diferencias de presión.
<b>Vaporización</b>	Efecto o acción de producir vapor.
<b><i>Wafer</i></b>	Es una capa delgada y circular de material semiconductor, típicamente silicio, el mismo con el que se fabrican los microchips.

## **RESUMEN**

Tras el paso del tiempo, la evolución y crecimiento intelectual del hombre han llevado a desarrollar avances en todos los aspectos de la vida, pero si se hace un enfoque a nivel industrial y tecnológico, podrán verificarse notables cambios para su mejora, aunque manteniendo el principio de funcionamiento esencial, que desde un inicio se ha manejado.

Sin importar el tipo de equipo y en términos generales, se puede decir que en el campo de la industria cada uno de estos desempeña un papel importante para la elaboración de tareas específicas para cada área, tareas que dependen de un buen desempeño y funcionamiento de los equipos. Es aquí donde se puede percibir que a pesar de cada uno de los avances, es necesario mantener en pie la estabilidad y balance de ellos, partiendo desde su correcta instalación, hasta la iniciativa de velar por medio de mantenimientos y servicios, para que todo marche de la mejor manera.

Es por eso que SIDASA es una empresa que se enfoca en servir tanto en el campo industrial como agrícola, en las áreas de instalación, mantenimiento, asesoría y repuestos para sistemas de enfriamiento, calderas, compresores, bombas, calentadores, paneles solares, entre otros. Se trabajarán las más relevantes, con el fin de obtener resultados satisfactoriamente positivos, que además enriquezcan los conocimientos en cada proceso.





## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar, instalar y dar mantenimiento de equipos industriales y agrícolas en las áreas de calderas, bombas, válvulas y accesorios, en la empresa SIDASA.

### **Específicos**

1. Proponer el diseño de estructuras que permitan el ahorro energético, incluyendo en su desarrollo las condiciones de fabricante para obtener la máxima eficiencia en el aprovechamiento de luz solar.
2. Verificar el funcionamiento de los componentes principales de la caldera, para obtener un óptimo funcionamiento, además de una máxima eficiencia y aprovechamiento de recursos.
3. Implementar procesos numéricos en el cálculo de material refractario utilizado en la aplicación de puertas de calderas.
4. Realizar el levantamiento en líneas de vapor y condensado, con el fin de conocer la manera correcta de la instalación, uso, importancia y chequeo de válvulas y accesorios.
5. Instalar, chequear y mantener en buenas condiciones las instalaciones de sistemas de trampeo para flujos de vapor.

6. Introducir métodos más exactos en la aplicación de material absorbente, como preparación para una paralización extendida en calderas.
7. Adquirir los conocimientos técnicos necesarios para llevar a cabo procesos de desmontaje, análisis, reparación e instalación de bombas.

## INTRODUCCIÓN

La parte fundamental que corresponde al correcto inicio de cualquier tipo de proyecto siempre será el de estudiar, reconocer, analizar y primordialmente inspeccionar toda aquella clase de equipo o maquinaria con la cual se pretenda trabajar, ya que en este análisis (visual), podrá observarse cualquier tipo de anomalías tales como piezas faltantes, dañadas o bien mal instaladas; para esto puede contarse con diferentes tipos de material de apoyo didáctico, entre los cuales están, manual de fabricante, manual de operario, registros, historiales de servicio, planos de instalación y el propio conocimiento de personal capacitado y con experiencia, entre otros.

Debido al tipo de proyecto y las diferentes actividades que en él se desarrollarán, será pertinente tomar en cuenta otros parámetros como los de instalación, área de instalación, buen o mal funcionamiento, mantenimiento y reparaciones. Conveniente a la concurrencia será indispensable desarrollar métodos de cálculo, los cuales ayudarán a beneficiar en cuanto al aprovechamiento de materiales si llegara a tratarse sobre fabricación de piezas; en relación con los servicios y mantenimiento, se tomarán en cuenta factores como cotizaciones previas de materiales, mano de obra y repuestos, entre otros.

Por último, será de suma importancia la evaluación de cada uno de los equipos para garantizar el buen funcionamiento que se requiere en estos, adjuntando la capacitación o preparación más relevante hacia los operarios, para obtener de esta manera los mejores resultados en el transcurso del tiempo de funcionamiento.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Descripción general de la empresa**

- Nombre de la empresa: Servicios Industriales y Agrícolas, S. A.
- Institución: privada
- Ubicación de la empresa: 10 calle 0-52, zona 9, Guatemala, Guatemala, C. A. 01009
- Tiempo de existencia: 35 años
- Encargado del proyecto: Ing. Santiago Molina
- Puesto: gerente de servicios
- Teléfono: (502) 2323-5555, ext. 28

SIDASA inició operaciones en Guatemala el 1 de julio de 1979, con el propósito de suministrar equipos, repuestos, materiales y accesorios industriales a los clientes de la industria y agroindustria, además del servicio de instalación, reparación y mantenimiento.

Las líneas y marcas de equipos que actualmente ofrece son de calidad reconocida internacionalmente; esto les permite brindar soluciones eficientes a sus clientes, desde una adecuada selección de equipos hasta su instalación y posterior mantenimiento, por medio de personal altamente capacitado con amplia experiencia en la industria. La confianza que todos sus clientes han depositado en ellos les ha permitido crecer y mantenerse a través de todos estos años, fortaleciéndolos y comprometiéndolos a seguir ofreciendo equipos de calidad con el mejor respaldo, tanto en Guatemala como en Belice y Nicaragua.

En 1994, con los mismos estándares, fue fundada SIDASA Dominicana, S. A., representando calderas Claver Brooks, Fulton y Vynckle, calentadores Columbia, intercambiadores de calor Alstrom, controles Honeywell para calderas, sistemas de tratamiento Culligan, equipos de lavandería *Speed Queen*, balanzas Fairbanks, montacargas Clarck, entre otros.

## **1.2. Planteamiento del problema**

Partiendo de la idea de los múltiples servicios que SIDASA presta tanto para el campo industrial como agrícola, surgió la iniciativa de abarcar un poco de ambas ramas en cuanto a la elaboración del proyecto, que contará con las áreas de calderas, bombas, estructuras para equipo de ahorro energético e instalaciones de válvulas y accesorios en líneas de vapor y condensado.

En cada una de estas ramas se llevarán a cabo procesos de servicios de mantenimiento, diseño, chequeos, cálculo y selección de materiales, pruebas de funcionamiento, inspecciones de rendimiento, búsqueda de averías y solución de las mismas, eficiencia y economía en los proyectos, mejoras en algunos cálculos, entre otros.

## **1.3. Antecedentes**

El campo de la industria, en las diversas ramas abarcadas en este proyecto, son un reflejo de la trayectoria de cada proceso y servicio que SIDASA presenta, partiendo desde un asesoramiento y cotización, hasta la propia ejecución; que además de brindar una gran satisfacción a cada uno de sus clientes, trabaja con el enfoque de mejora y crecimiento día a día con la finalidad de obtener los mejores resultados que garanticen el bienestar del contratista.

Todo lo anterior podrá verse reflejado en el desempeño, durabilidad y nitidez de funcionamiento en sus equipos, prolongando su tiempo de vida, debido a la capacidad del personal capacitado, en la solución de todo tipo de situaciones, partiendo desde su buena instalación hasta el mantenimiento previo o correctivo, para dar solución a fallas que puedan producirse por algún desperfecto, accidente o descuido de sus operarios.

#### **1.4. Justificación**

Los avances tecnológicos, la calidad en los servicios, la presentación y aprovechamiento de las oportunidades, la ética laboral, la visión de crecimiento, el trabajo en equipo, la competitividad, la calidad y eficiencia en los proyectos, son algunos de los factores que a nivel industrial se presentan actualmente para trascender en el mercado, ya que SIDASA, además de ser una de las empresas más completas en el campo industrial y agroindustrial, cuenta con más de tres décadas de experiencia y está sujeta a cumplir con las exigencias que a menudo se presentan, ya que desde el más pequeño servicio hasta lo más complejo de un proyecto, en cualquiera de las ramas que en esta se manejan, debe seguir prestando un servicio óptimo en la ejecución de cada uno.

Con el paso del tiempo, la empresa, además de mantener sus raíces en la prestación de servicios e instalaciones en el área de calderas, compresores, montacargas, equipo de lavandería industrial y doméstica, refrigeración y aire acondicionado, bombas, válvulas y accesorios, por mencionar algunos, también ha incursionado en el campo del ahorro energético y aprovechamiento solar, agregando a sus filas productos como paneles y calentadores de agua accionados por este medio, los cuales se caracterizan, además de producir notables ahorros en la factura de consumo eléctrico, en un beneficio al medio ambiente al disminuir la contaminación.



## **1.5. Formulación y delimitación del problema**

Con un enfoque sobre el aspecto de cómo desempeñar los servicios de mantenimiento preventivos o bien, servicios mayores como les llaman en la empresa al referirse a calderas, se deben considerar, además de un tiempo pertinente para su ejecución, los pasos a seguir en cuanto a la selección de materiales adecuados al tipo de caldera, realizar los chequeos necesarios en el instrumental de la misma, para presentar un trabajo bien hecho de manera eficaz y eficiente.

Ahora bien, al delimitar la solución de otro tipo de problemas como el diseño y ensamblaje de estructuras para equipo de ahorro energético, se adaptarán a la necesidad y condición del lugar de su instalación, tomando en cuenta en este punto la selección de materiales, posición del máximo aprovechamiento solar y tipos de anclaje necesarios.

Caso contrario a este tipo de metodologías, en solución al planteamiento de un problema, se dará cuando se trate de la reparación de bombas, ya que estas llevarán procesos más minuciosos en cuanto a su desmontaje, tipo de falla, localización y solución de la avería y montaje y prueba de la misma; por lo cual el tiempo de ejecución se verá afectado por diversos factores como el tipo de bomba, tipo de avería, disponibilidad de repuestos o procesos de rectificación que sean necesarios, dando lugar a la tercerización de tareas que puedan necesitarse.

Por último y delimitado por características como el tamaño, aplicación, el tipo de materiales, instalación y pruebas hidrostáticas de funcionamiento, están las instalaciones de válvulas y accesorios, que son el complemento de la mayoría de elementos y equipos anteriormente mencionados.

## **1.6. Alcance y limitaciones**

En esencia, la obtención de resultados positivos desde un inicio fue tomada como la finalidad del proyecto, contando con el desarrollo de cada paso de manera correcta en cada situación presentada y tomando en cuenta la distinción entre uno y otro, debido a que se trató con diferentes ramas que a su vez pertenecen a un mismo campo, con la mirada puesta desde un principio en los métodos a seguir para su ejecución, donde junto con el personal de la empresa y las herramientas necesarias para su culminación, se llegó de manera satisfactoria a su final, pudiendo entonces reflejar el buen funcionamiento de los equipos, además del crecimiento de la empresa, que día con día, también significa la generación de nuevas fuentes de trabajo.

Ahora bien, al llevar a cabo cada uno de estos procedimientos como en toda tarea, se presentaron obstáculos que en su momento pudieron llegar a paralizar su avance, por ejemplo, la disposición de personal sujeta a la distribución de actividades, la existencia de repuestos en bodega, la disponibilidad de herramienta, la falta de coordinación al inicio de cada actividad y la adaptación al uso de métodos numéricos en el cálculo de materiales, por mencionar algunos, tomando en cuenta que la mayoría de estos, en su momento, surgieron debido a la afluencia de trabajo acumulado en las diferentes áreas.

## **1.7. Objetivos**

Para un mantenimiento efectivo, la empresa debe establecer sus propios objetivos; esto conllevará a mejores resultados.

### **1.7.1. Objetivo general**

Desarrollar el diseño, instalación y mantenimiento de equipos industriales y agrícolas en las áreas de calderas, estructuras, bombas, válvulas y accesorios, dentro y fuera de SIDASA.

### **1.7.2. Objetivos específicos**

- Llevar a cabo el diseño de estructuras para su empleo en equipos de ahorro energético, incluyendo en su desarrollo las condiciones de fabricante para obtener la máxima eficiencia en el aprovechamiento de luz solar.
- Desarrollar los chequeos necesarios en los componentes principales de la caldera, para obtener un óptimo funcionamiento, además de una máxima eficiencia y aprovechamiento de recursos.
- Implementar procesos numéricos en el cálculo de material refractario utilizado en la aplicación de puertas de calderas.
- Llevar a cabo el levantamiento en líneas de vapor y condensado, con el fin de conocer la manera correcta de la instalación, uso, importancia y chequeo de válvulas y accesorios.
- Instalar, chequear y mantener en buenas condiciones las instalaciones de sistemas de trampeo para flujos de vapor.
- Introducir métodos más exactos en la aplicación de material absorbente, como preparación para una paralización extendida en calderas.

- Adquirir los conocimientos técnicos necesarios para llevar a cabo procesos de desmontaje, análisis, reparación e instalación de bombas.
- Fomentar el trabajo colectivo en el grupo de técnicos al servicio de la empresa, como una forma de estandarización en la ejecución de tareas en el ámbito técnico-profesional, con el cual se pretende llegar a la obtención de mejores resultados y por ende, el crecimiento propio y de la empresa.

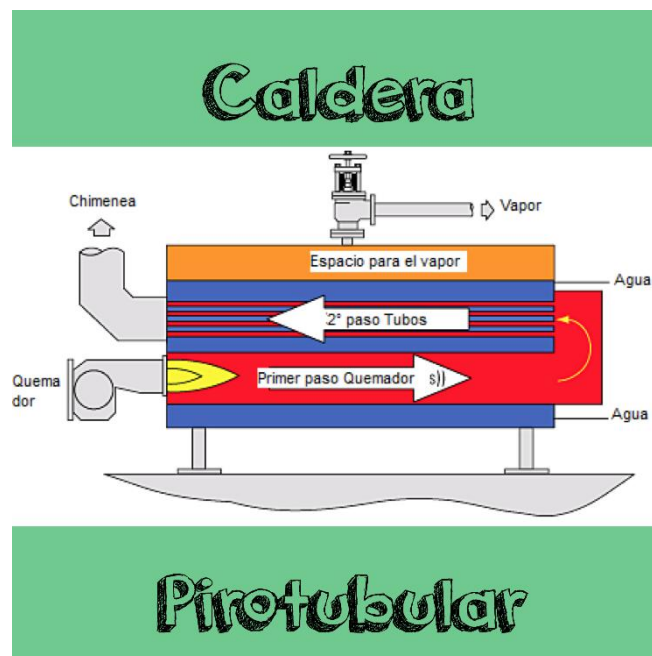


## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. Calderas

Se refieren a máquinas diseñadas para generar vapor a través de una transferencia de calor a presión constante. Debido a las amplias aplicaciones que tiene el vapor, principalmente de agua, son muy utilizadas en la industria, ya sea con fines de esterilización, calentar otros fluidos o generar electricidad.

Figura 1. Componentes básicos de una caldera



Fuente: Google. <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211618/EXELARNING/image152.png>.

Consulta: enero de 2015.

### **2.1.1. Conceptos básicos de generación de vapor**

Para aprender de una mejor forma el funcionamiento de las calderas es importante conocer algunos conceptos de termodinámica para visualizar el proceso de transferencia de calor que se desarrolla dentro del equipo y conocer la forma en que este es controlado:

- Vapor: es una fase intermedia entre la líquida y la de gas. Los vapores tienen características semejantes a los gases, puesto que llenan por completo el recipiente que los contiene.
- Vapor de agua: es un gas invisible que se genera al suministrar calor al agua contenida en un recipiente.
- Calor: es energía en transición (movimiento) de un cuerpo o sistema a otro, solamente debido a una diferencia de temperatura entre los cuerpos o sistemas.
- Transmisión de calor: es el flujo de calor a través de un cuerpo de temperatura más alta, hacia un cuerpo menor de temperatura. La transmisión de calor puede ser por conducción, convección, radiación o una combinación de estas.
- Conducción: es la transmisión del calor entre dos cuerpos o partes en los que existe una diferencia de temperatura.
- Convección: es la transferencia de calor entre partes relativamente calientes y frías de un fluido por medio de mezcla.

- Radiación: es la transmisión de calor de un cuerpo a otro por medio de ondas de calor, las cuales irradian a través del cuerpo con mayor temperatura al otro con menor temperatura, sin tomar en cuenta el calentamiento del medio entre ellos.
- Kilocaloría: es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado centígrado la temperatura de un kilogramo de agua. Es la unidad de calor del sistema métrico.
- BTU (*British Thermal Unit*): es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua. Es la unidad de calor del sistema inglés.

### **2.1.2. Conceptos generales sobre calderas**

La caldera es simplemente un aparato que captura el calor producido por el proceso de combustión convirtiéndolo en vapor.

Cuando el vapor se genera en un recipiente cerrado se produce un incremento en presión debido al aumento de volumen que sigue a la fase de cambio de un líquido a gas. A medida que se añada calor adicional, la temperatura de ambos, agua y vapor generado, también aumenta. Existen dos clasificaciones específicas de calderas:

- Calderas acuatubulares: estas circulan agua a través de los tubos rodeados por los gases calientes de combustión.
- Calderas pirotubulares: en ellas se produce el vapor circulando el gas caliente a través de tubos sumergidos en agua.



Todas las calderas tienen 6 partes básicas, las cuales son:

- Quemador: es el componente principal del equipo para la quema del combustible. Sus funciones incluyen la mezcla de combustible y aire, atomización y vaporización del combustible y proveer la continua ignición de la mezcla.
- Cámara de combustión: se diseña para acomodar la llama; su función es la de mantener la llama a una elevada temperatura con suficiente duración, para que el combustible queme sin producir humo u hollín.
- Sección de convección: es la parte de caldera en donde ocurre la mayoría de la transferencia de calor y se produce el vapor. Una caldera pirotubular está integrada por el tambor de agua con los tubos de fuego que los atraviesan. Este tipo de caldera puede ser diseñada usando tabiques para deflactar la corriente de gas, para que el gas caliente pueda pasar hasta cuatro veces a través del tambor. La sección de convección de una caldera acuotubular se compone de varios tipos de vapor y de agua.
- Chimenea: además de proveer una corriente de aire, la chimenea también provee una salida a la atmósfera para los gases de combustión, así como también cualquier calor residual.
- Equipo para el manejo de aire: el término “tiro” se emplea comúnmente para designar la presión estática en un horno, en el paso de aire o gas, o en una chimenea. Existen cuatro categorías de tiro: tiro forzado, tiro inducido, tiro balanceado y tiro natural. Los ventiladores de tiro ayudan al movimiento de aire a través de la caldera, añadiendo suficiente energía al flujo de gas para iniciar su movimiento y contrarrestar la resistencia a

circular.

- La resistencia a la circulación es causada por los conductos de aire, calentadores de aire, quemadores y tabiques en el sistema. Los ventiladores de tiro forzado usualmente se localizan al lado del hogar (horno) mientras que los ventiladores de tiro inducido en la base de la chimenea o directamente después de la succión de convección. Los registros y reguladores de tiro también se consideran parte del equipo para el manejo del aire.
- Instrumentos

### **2.1.3. Combustibles**

Son sustancias que combinadas con el oxígeno del aire, producen luz, calor y desprendimiento de gases. Para que se produzca la combustión se requiere de tres elementos:

- Una fuente de calor para que se pueda iniciar la combustión.
- Combustible (sólido, líquido o gaseoso).
- Oxígeno, el cual se obtiene del aire del ambiente. Aproximadamente 21 % del volumen del aire ambiente es oxígeno, el 78 %, nitrógeno y 1 % de otros gases.

Teóricamente el hollín es combustible no quemado o quemado parcialmente; esto significa, consecuentemente, pérdida en el consumo de combustible. Prácticamente es el resultado de una combustión incompleta. Se presenta en dos formas, algunas veces en forma volátil y otras veces coquizado, cuando se presenta en esta forma se le conoce con el nombre de escoria.

Para que la combustión se efectúe completamente y sin humo en una caldera, es necesario usar quemadores especiales que atomizan el combustible que sale del quemador a presión para que el contacto con el aire sea completo.

Tabla I. **Eficiencia de los combustibles**

<b>Combustible</b>	<b>Energía en BTU's</b>
Carbón – 1 libra	10,000 – 15,000
Diésel – 1 galón	138,500 – 140,000
<i>Fuel-oil</i> – 1 galón	150,000 – 152,000
Gas propano – 1 galón	91,502

Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.3.1. Tipos de combustibles**

Se mencionan algunos de los utilizados como combustibles de calderas:

- Combustibles sólidos: entre estos están: carbón mineral, madera, las cortezas, la paja, el bagazo de caña, cascabillo de café, entre otros.
- Combustibles líquidos: a este grupo pertenecen el petróleo crudo y diésel.
- Combustibles gaseosos: gas natural, gas propano, gas metano, biogás, entre otros.

#### **2.1.4. Sistemas de control de calderas**

El quemador de aceite es el tipo de baja presión de atomización de aire (inyector) y es encendido por la llama de un piloto de gas. El quemador de gas es del tipo de entrada anular de alta radiación y es encendido por la llama de un piloto de gas. El piloto de gas es del tipo interrumpido y es encendido por una chispa eléctrica, precisamente antes de que empiece a operar el quemador de gas o aceite; se apaga después de que se ha establecido la llama principal.

El quemador opera con modulación completa (dentro de sus asignaciones de operación) por medio de controles de posición de tipo potenciómetro; este vuelve a la posición de fogueo mínimo. El encendido de calderas de alta presión (sobre 15 psi) se puede proveer con alambrado para la modulación, tanto de alta como de baja presión, así como equipo opcional; esto permite operar la caldera a una presión más baja durante las horas de poco uso, pero con una producción total algo reducida.

La seguridad de la llama y el control de programación incluyen la fotocelda de tipo infrarrojo para vigilar la llama de aceite y de gas, así como para detener el funcionamiento de la caldera por completo, en caso de falla de la llama. La secuencia de la operación del quemador desde el principio hasta la parada está gobernada por el control del programador en conjunto con los dispositivos de operación límites y ligas entrelazadas, los cuales están fijados por el circuito eléctrico para proveer la operación segura y evitar técnicas incorrectas de operación.

El control proporciona dentro del ciclo de encendido un periodo de prepurga, comprueba el piloto y la llama principal y un periodo continuo de operación del ventilador para purgar la caldera de todo vapor de combustible no

quemado. Otros controles de seguridad desactivan el quemador cuando se presenta bajo nivel de agua, excesiva presión de vapor o temperatura muy alta de agua. Controles de seguridad entrelazados incluyen interruptores de prueba del aire para atomización y combustión.

El aire para la combustión es suministrado por un ventilador centrífugo montado en la puerta delantera. La descarga de aire de combustión al quemador está regida por medio del motor de registro rotatorio. Este mismo motor regula el flujo de combustible por un sistema articulado conectado a la válvula medidora operada por una leva. El aire primario filtrado para atomizar el aceite combustible es suministrado independientemente del aire para combustión.

Las luces indicadoras muestran las condiciones de demanda de carga, válvula de combustible, bajo nivel de agua y falla de llama.

#### **2.1.4.1. Instrumental**

El instrumental incluye todos los aditamentos para regular y controlar el sistema, tales como: válvulas de control, de seguridad y de medición, y dispositivos de advertencia; todos estos son necesarios para mantener una constante verificación de la presión, temperatura, flujo, cantidad y calidad de vapor, procedimiento esencial para asegurar una operación segura, económica y confiable.

## **2.2. Bombas**

Existe una ambigüedad en la utilización del término bomba, ya que generalmente es utilizado para referirse a las máquinas de fluido que transfieren

energía o bombean fluidos incompresibles, y por lo tanto no alteran la de su fluido de trabajo, a diferencia de otras máquinas como los compresores, cuyo campo de aplicación es la neumática y no la hidráulica. También es común encontrar el término bomba para referirse a máquinas que bombean otro tipo de fluidos, así como las bombas de vacío o de aire.

### 2.2.1. Definición

Una bomba hidráulica es una máquina generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía hidráulica del fluido incompresible que mueve. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos como puede ser el hormigón antes de fraguar o la pasta de papel. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud.

Figura 2. **Conjunto de bomba accionada por motor eléctrico**



Fuente: Google. [https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSXRGSukGePk\\_NUxYR2uHMAiAp2JG3KouEdAuLOCXqYGPKGhdIq](https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSXRGSukGePk_NUxYR2uHMAiAp2JG3KouEdAuLOCXqYGPKGhdIq). Consulta: febrero de 2015.

### **2.2.2. Clasificación**

La principal clasificación de las bombas según el funcionamiento en que se base es la que a continuación se presenta.

#### **2.2.2.1. Bombas volumétricas o de desplazamiento positivo o volumétrico**

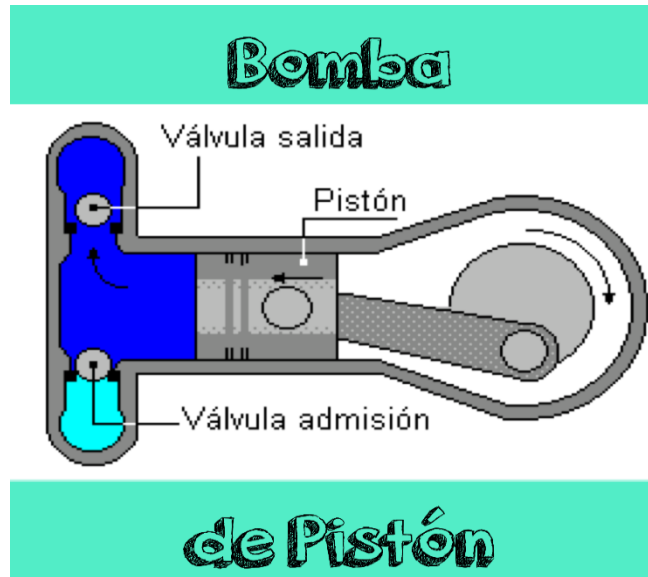
En estas el principio de funcionamiento está basado en la hidrostática, de modo que el aumento de presión se realiza por el empuje de las paredes de las cámaras que varían su volumen. En este tipo de bombas, en cada ciclo, el órgano propulsor genera de manera positiva un volumen dado o cilindrada, por lo que también se denominan bombas volumétricas.

En caso de poder variar el volumen máximo de la cilindrada se habla de bombas de volumen variable. Si ese volumen no se puede variar, entonces se dice que la bomba es de volumen fijo. A su vez este tipo de bombas pueden subdividirse en:

#### **2.2.2.2. Bombas de émbolo alternativo**

Están compuestas por uno o varios compartimentos fijos, pero de volumen variable, por la acción de un émbolo o de una membrana. En estas máquinas, el movimiento del fluido es discontinuo y los procesos de carga y descarga se realizan por válvulas que abren y cierran alternativamente. Algunos ejemplos de este tipo de bombas son la bomba alternativa de pistón, la bomba rotativa de pistones o la bomba pistones de accionamiento axial.

Figura 3. **Accionamiento de bomba de pistón**



Fuente: Google. <http://html.rincondelvago.com/0004509715.png>. Consulta: febrero de 2015.

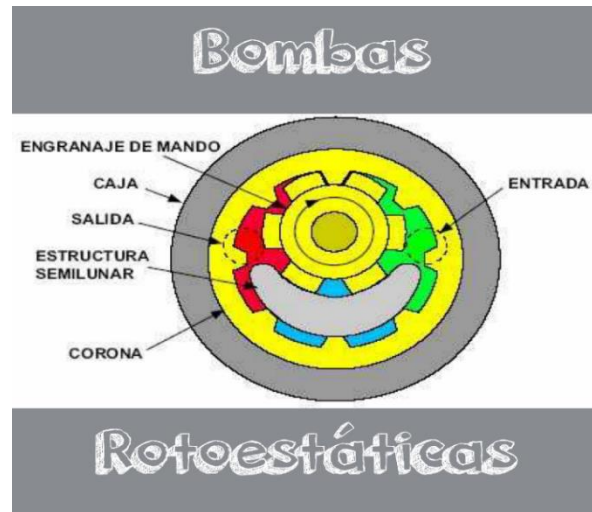
### **2.2.2.3. Bombas volumétricas, rotativas o rotoestáticas**

Están compuestas por una masa fluida que es confinada en uno o varios compartimentos que se desplazan desde la zona de entrada (de baja presión) hasta la zona de salida (de alta presión) de la máquina.

Algunos ejemplos de este tipo de máquinas son la bomba de paletas, la bomba de lóbulos, la bomba de engranajes, la bomba de tornillo o la bomba peristáltica.



Figura 4. **Componentes de una bomba rotoestática**



Fuente: Google. <http://www.maquinariaspesadas.org/img/cursos/735/60-bomba-engranajes-internos-50.jpg>. Consulta: enero de 2015.

#### **2.2.2.4. Bombas rotodinámicas**

Estas basan su principio de funcionamiento en el intercambio de cantidad de movimiento entre la máquina y el fluido, aplicando la hidrodinámica. En este tipo de bombas hay uno o varios rodets con álabes que giran generando un campo de presiones en el fluido. En este tipo de máquinas el flujo del fluido es continuo.

Figura 5. **Instalación de una bomba rotodinámica**



Fuente: Google. <http://sierraalta.com.co/wp-content/uploads/2012/07/Bombas-centr%C3%ADfugas.jpg>. Consulta: marzo de 2015.

Estas turbomáquinas hidráulicas generadoras pueden subdividirse en:

- Radiales o centrífugas, cuando el movimiento del fluido sigue una trayectoria perpendicular al eje del rodete impulsor.
- Axiales, cuando el fluido pasa por los canales de los álabes siguiendo una trayectoria contenida en un cilindro.
- Diagonales o helicocentrífugas cuando la trayectoria del fluido se realiza en otra dirección entre las anteriores, es decir, en un cono coaxial con el eje del rodete.

### **2.2.3. Tipos de accionamiento**

- Electrobombas: genéricamente, son aquellas accionadas por un motor eléctrico, para distinguirlas de las motobombas, habitualmente accionadas por motores de combustión interna.
- Bombas neumáticas: son bombas de desplazamiento positivo en las que la energía de entrada es neumática, normalmente a partir de aire comprimido.
- Bombas de accionamiento hidráulico: por mencionar algunas se tiene la bomba de ariete o la noria.
- Bombas manuales: son del tipo de bomba accionada por un mecanismo de balancín.

### **2.2.4. Características de las bombas hidráulicas**

En las bombas hidráulicas se deben tomar en cuenta ciertos valores técnicos y otras consideraciones para la correcta elección de la bomba:

- Cilindrada: su expresión es en  $\text{cm}^3/\text{r}$ , donde r son las revoluciones. La cilindrada es el volumen de fluido desplazado según la rotación completa del eje de la bomba.
- Rendimiento volumétrico: nunca corresponde al 100 %, por dos causas: el rendimiento total y la presión. El rendimiento volumétrico es la relación existente entre el caudal efectivo y el teórico.

#### 2.2.4.1. Caudal

Puede expresarse en lts/min o gal/min y sus fórmulas teóricas son las siguientes:

$$Q = \frac{n \text{ (RPM)} \times \text{cilindrada (cm}^3/\text{rev)}}{1000} = \text{lts}/\text{min}$$

$$Q = \frac{n \text{ (RPM)} \times \text{cilindrada (In}^3\text{)}}{231} = \text{gal}/\text{min}$$

Donde:

Q = caudal

n (RPM) = revoluciones por minuto

#### 2.2.4.2. Cavitación

Es un fenómeno físico que se produce cuando el fluido tiene dificultad de ser aspirado por la bomba, por lo cual, se pierde presión, dando lugar a burbujas en el propio fluido. Las burbujas están constituidas por los vapores del propio fluido.

Este fenómeno tiene consecuencias perniciosas para la propia bomba, ya que al pasar las burbujas de la zona de aspiración a la zona de impulsión, las propias burbujas explotan pudiendo arrancar micropartículas de la bomba. Hay que tener en cuenta, que las burbujas al entrar en la zona de impulsión se encuentran bajo presiones elevadas y con temperatura.

Una burbuja con temperatura de 100 °C puede alcanzar los 500 °C si se le añade una presión y se le comprime. Existen varias causas para que se produzca el fenómeno de la cavitación. Entre ellas destacan la suciedad en el filtro de aspiración de la bomba, la poca cantidad de fluido, obstrucción de la tubería de aspiración, demasiada velocidad de aspiración, baja temperatura del fluido, el orificio de aireación este taponado, entre otras.

### **2.2.5. Tipos de bombas**

A continuación se enlistan las características esenciales de los diversos tipos de bombas.

#### **2.2.5.1. Bombas de pistón**

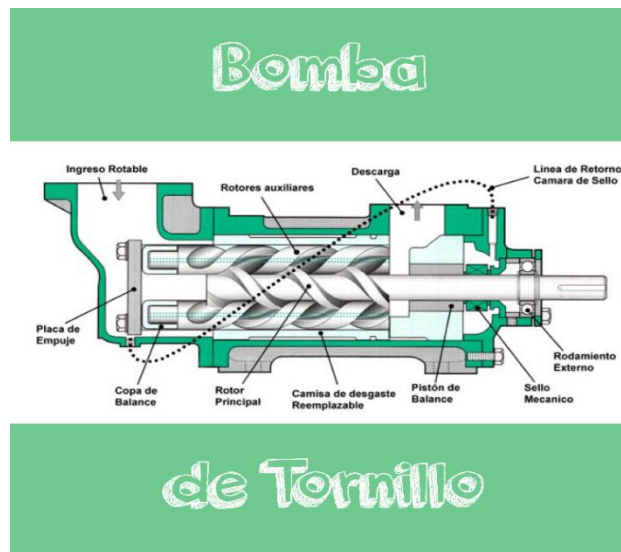
Son utilizadas generalmente en la industria por su alto rendimiento y por la facilidad de poder trabajar a una presión superior de 2000 lb/plg<sup>2</sup> y tienen una eficiencia volumétrica aproximadamente de 95 a 98 %. En la gran variedad de las bombas de pistón pueden observarse las siguientes características:

- Bombeo de productos articulados y productos sensibles a esfuerzos de cizalla.
- Manejo de frutas y verduras enteras, hojas, rodajas, trozos y dados de fruta.
- Diseño higiénico.
- Temperatura de trabajo: 120 °C o más según el diseño.
- Trabajo en vacío.

### 2.2.5.2. Bomba de tornillo

Es un tipo de bomba hidráulica considerada de desplazamiento positivo, que se diferencia de las habituales, más conocidas como bomba centrífuga. Esta bomba utiliza un tornillo helicoidal excéntrico que se mueve dentro de una camisa y hace fluir el líquido entre el tornillo y la camisa.

Figura 6. Componentes de una bomba de tornillo



Fuente: Google. <http://galeon.hispavista.com/frenando/img/3screw.jpg>.

Consulta: febrero de 2015.

Actividad que realiza: está específicamente indicada para bombear fluidos viscosos, con altos contenidos de sólidos, que no necesiten removerse o que formen espumas si se agitan. Como la bomba de tornillo desplaza el líquido, este no sufre movimientos bruscos, pudiendo incluso bombear uvas enteras.

Uno de los usos que tiene es el de bombear fangos de las distintas etapas de las depuradoras, pudiendo incluso bombear fangos deshidratados procedentes de filtros prensa con un 22-25 % de sequedad.

Este tipo de bombas son ampliamente utilizadas en la industria petrolera a nivel mundial, para el bombeo de crudos altamente viscosos y con contenidos apreciables de sólidos. Nuevos desarrollos de estas bombas permiten el bombeo multifásico.

Este tipo de bombas pueden operar con flujos fijos a su descarga, aun cuando bombeen contra una red de presión variable, convirtiéndolas en excelentes equipos de bombeo a utilizar en redes de recolección de petróleo. En el caso de las bombas centrífugas. El flujo entregado depende de la presión a su descarga. El líquido es transportado por medio de un tornillo helicoidal excéntrico que se mueve dentro de una camisa (estator). El núcleo inserto de la bomba es de fácil recambio. El accionamiento de los tornillos conducidos se realiza hidráulicamente.

#### **2.2.5.2. Bomba centrífuga**

Es un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor rotatorio llamado rodete en energía cinética y potencial requeridas. El fluido entra por el centro del rodete, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba, que por el contorno su forma lo conduce hacia las tubuladoras de salida o hacia el siguiente rodete (siguiente etapa).

Sus elementos principales son:

- Un elemento estático conformado por chumaceras, estopero y cubierta
- Un elemento dinámico-giratorio conformado por un impulsor y una flecha
- Motor (eléctrico, combustión o turbina)

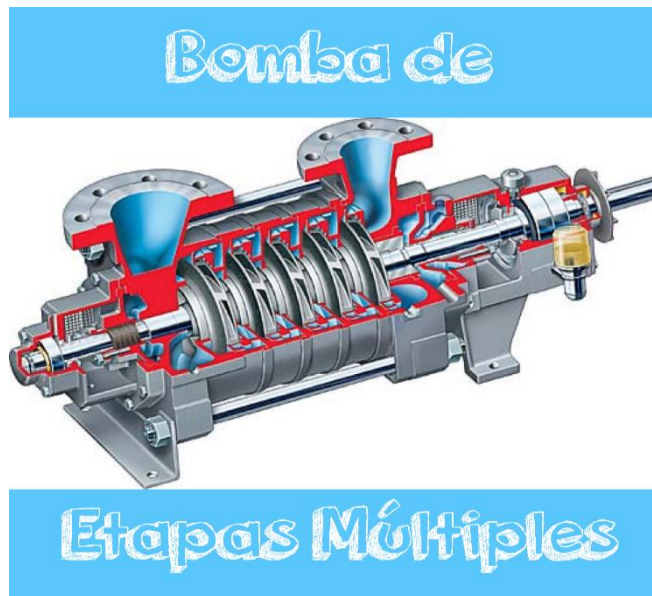
Funcionamiento: se aplica energía procedente de una fuente exterior al eje que hace girar el rodete, dentro de la envoltura fija. Los álabes o paletas del rodete, al girar, producen un vacío parcial en la entrada o boca del rodete. Esto hace que el líquido entre en el rodete desde la tubería de aspiración. Este líquido es impulsado hacia afuera, a lo largo de las paletas, con una velocidad creciente.

La carga de velocidad que ha adquirido cuando abandona los extremos de las aletas se transforma en carga de presión cuando el líquido pasa dentro de la cámara en voluta y sale de esta por la descarga. Las principales ventajas de la bomba centrífuga son: su sencillez, bajo costo inicial, gasto uniforme (sin pulsaciones), el pequeño espacio que ocupa, su gasto de conservación bajo, su funcionamiento silencioso y la adaptabilidad para su acoplamiento a un motor eléctrico o una turbina. Las bombas centrífugas se clasifican en:

- Bombas centrífugas de un solo salto o etapa: el término bombas para compuestos químicos se suele aplicar a las de un salto y de diseño simple. Estas bombas se construyen de modo que resulte fácil desmontarlas, que sean accesibles y con prensaestopas especiales para manejar líquidos corrosivos. Se emplean para servicios generales de abastecimiento y circulación de agua y para manipular compuestos químicos que no corroan el hierro ni el bronce.



Figura 7. **Bomba de etapas múltiples a corazón abierto**



Fuente: Google. [http://www.flowserve.com/files/Images/Products/Pumps/ps-30-5\\_main.jpg](http://www.flowserve.com/files/Images/Products/Pumps/ps-30-5_main.jpg).

Consulta: febrero de 2015.

- Bombas acopladas directamente: estas unidades, en las que el motor eléctrico (o a veces una turbina de vapor), está montado directamente sobre el mismo eje que el rodete; son sumamente compactas y apropiadas para una gran variedad de servicios cuando es posible emplear en su construcción hierro y bronce.
- Bombas de múltiples saltos o etapas: se usan en general para los servicios que exigen cargas (presiones) mayores que las que se consiguen con las bombas de un solo salto. Estos servicios incluyen las bombas de alta presión para abastecimientos de agua, las bombas para combatir los incendios, las de alimentación de calderas y las de carga para las refinerías. Las bombas de múltiples saltos, o varios rodetes, pueden ser de voluta o de difusor.

- Bombas rotatorias: se diferencian de las centrífugas y las de émbolo porque rinden una cantidad positiva de líquido con condiciones variables de la carga o presión. Cuando se construyen con materiales apropiados, pueden manipular cualquier líquido que no contenga arena ni material abrasivo. Este tipo de bomba consiste en una envoltura fija en la que están situados uno o varios miembros rotativos. Cuando solo tiene un miembro rotativo, o impulsor, se monta excéntricamente en el eje. El impulsor de este tipo de bomba suele ser de sección circular y lleva una o varias aletas de movimiento alternativo o un resalto horizontal.

Condiciones de succión: cuando se bombean líquidos nunca se debe permitir que la presión en cualquier punto dentro de la bomba caiga a menos de la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo. Siempre se debe tener suficiente energía disponible en la succión de la bomba para hacer que el líquido llegue al impulsor y contrarreste las pérdidas entre la boquilla de succión y la entrada al impulsor de la bomba. En este lugar, los álabes del impulsor aplican más energía al líquido. La cavitación causa la destrucción rápida del metal constituyente de los rodets de las bombas y turbinas, de los álabes, de los venturímetros y en ocasiones de las tuberías. Esto sucede cuando la presión del líquido se hace menor que su tensión de vapor.

- Bombas en serie o en paralelo: una o más bombas en serie se pueden dañar por la pérdida de NPSH debido a la falla de una bomba de corriente arriba. En las bombas en serie puede seguir un flujo reducido aunque una de ellas no funcione. Este flujo por la bomba ociosa hará que el impulsor gire en sentido opuesto y que se aflojen las tuercas que sujetan el impulsor y las camisas en el eje. Cuando se vuelve a poner en marcha la bomba ociosa, las piezas flojas la dañarán en un corto tiempo. El múltiple

de succión para varias bombas debe recibir especial atención para su diseño y tamaño, porque la cavitación producida en la entrada a un tubo de succión se puede propagar a lo largo del múltiple hasta otros tubos de succión o bien, una bomba, puede privar a todas las otras de su presión de succión, lo cual reduce su (NPSH).

Cuando se pone por primera vez en servicio una bomba, las vías de agua están llenas de aire. Si el abastecimiento de succión está arriba de la presión atmosférica, el cebado se efectúa eliminando de la bomba el contenido de aire atrapado por medio de una válvula provista para este propósito.

Si la bomba efectúa la succión de un suministro localizado debajo de ella, se debe evacuar el aire en la misma con algún dispositivo productor de vacío, colocando en tal forma una válvula de pie en la línea de succión, que la bomba y la tubería de succión puedan llenarse de líquido, o dotando a la línea de succión de una cámara de cebado.

### **2.3. Válvulas y accesorios**

Las válvulas ya se utilizaban en la época romana y periodo de colonización islámica en España, como lo demuestran vestigios encontrados de rudimentarios objetos de piedra que servían para interrumpir o desviar el flujo del agua. No obstante, la verdadera aparición de las válvulas data de la época de la Revolución Industrial y la utilización del vapor como forma de energía capaz de mantener las máquinas en funcionamiento.

Es desde el siglo XX, cuando al igual que sucede con el resto de aparatos de ingeniería e industriales, se produce el desarrollo de las válvulas desde sus primitivos diseños a los sofisticados y específicos de la actualidad.

### **2.3.1. Conceptos generales sobre válvulas**

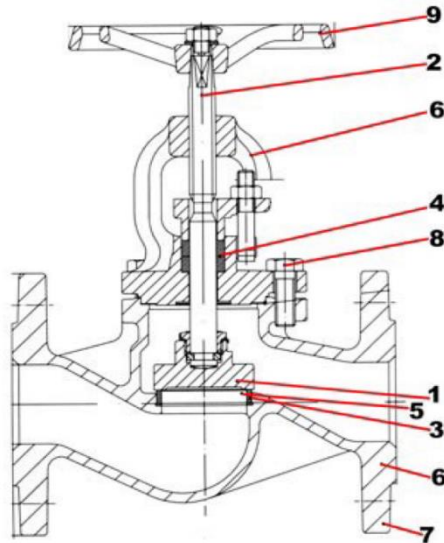
En el entorno industrial no se podría concebir la no existencia de válvulas; en un sistema hidráulico de tuberías existen tres grandes elementos principales: la bomba que produce la presión necesaria para la impulsión de los fluidos, las tuberías que conducen estos fluidos y naturalmente, las válvulas, encargadas de controlar los fluidos.

Sin la existencia de las válvulas los fluidos viajarían a través de las tuberías sin posibilidad de ser utilizados para su propósito.

Definición: las válvulas son dispositivos mecánicos cuya función es la de controlar los fluidos en un sistema de tuberías. El Comité Europeo de Normalización (CEN) en su norma EN-736-2 define las válvulas como los componentes de tuberías que permiten actuar sobre el fluido por apertura, cierre u obstrucción parcial de la zona del paso o por derivación o mezcla del mismo.

Las válvulas, independientemente de su tipo, disponen de algunas partes comunes necesarias para el desarrollo de su función, que se muestran en la siguiente figura.

Figura 8. **Partes fundamentales de una válvula**



1. Obturador: también denominado disco en caso de parte metálica, es la pieza que realiza la interrupción física del fluido.
2. Eje: también denominado husillo, es la parte que conduce y fija el obturador.
3. Asiento: parte de la válvula donde se realiza el cierre por medio del contacto con el obturador.
4. Empaquetadura del eje: es la parte que montada alrededor del eje metálico que asegura la estanqueidad a la atmósfera del fluido.
5. Juntas de cierre: es la parte que montada alrededor del órgano de cierre (en algunos casos) asegura una estanqueidad más perfecta del obturador.
6. Cuerpo y tapa: partes retenedoras de presión, son el envolvente de las partes internas de las válvulas.
7. Extremos: parte de la válvula que permite la conexión a la tubería; pueden ser bridados, soldados, roscados, ranurados o incluso no disponer de ellos, es decir, permitir que la válvula se acople a la tubería tan solo por las uniones externas (*wafer*).
8. Pernos de unión: son los elementos que unen el cuerpo y tapa de la válvula entre sí. Para asegurar la estanqueidad atmosférica hay que colocar juntas entre estas dos superficies metálicas.
9. Accionamiento: es el mecanismo que acciona la válvula.

Fuente: Google. [http://www.comeval.es/imagenes/2007/formacion/esquema\\_globo.jpg](http://www.comeval.es/imagenes/2007/formacion/esquema_globo.jpg).

Consulta: enero de 2015.

### **2.3.2. Tipos de válvulas según su aplicación**

En función de su propósito de aplicación se puede encontrar una primera clasificación:

- **Aislamiento:** su misión es interrumpir el flujo de la línea en de forma total y cuando sea preciso.
- **Retención:** su misión es impedir que el flujo no retroceda hacia la zona presurizada cuando esta decrece o desaparece.
- **Regulación:** su misión es modificar el flujo en cuanto a cantidad, desviarlo, mezclarlo o accionarlo de forma automática.
- **Seguridad:** utilizadas para proteger equipos y personal contra la sobre presión.

Ahora bien dentro de cada tipo de válvulas, por su función existen otras clasificaciones que definirán diferentes tipos de válvulas industriales de una forma más exhaustiva:

- **Válvulas de aislamiento:** también llamadas válvulas de cierre, de interrupción, de bloqueo o de corte, en virtud de su propósito dentro del sistema de fluidos. Las válvulas de aislamiento pueden ser clasificadas en dos grandes grupos en función del movimiento que realizan para la obstrucción del fluido.
- **Válvulas de aislamiento lineal:** son aquellas cuyo movimiento del eje se realiza de forma vertical desde arriba hacia abajo para la acción de cierre

y de abajo hacia arriba para la acción de apertura. Se caracterizan por ser movimientos de cierre y apertura lentos y accionados por volante multivuelta. Son imprescindibles cuando se trate de manejar fluidos compresibles como el vapor, con el fin de que el cierre lento no provoque fenómenos hidráulicos que pudiesen dañar la válvula y el sistema general.

- Válvulas de aislamiento giratorio: son aquellas cuyo movimiento del eje se realiza de forma rotatoria en 90° como carrera total. Se caracterizan por ser movimientos de cierre y apertura rápidos. Normalmente sirven para trasegar fluidos no compresibles en estado líquido y a presiones de ejercicio bajas. El mando de accionamiento suele ser una palanca de agarre.

### **2.3.3. Tipos de válvulas de aislamiento lineal**

Dentro de las válvulas de aislamiento lineal están los siguientes tipos:

- Válvulas de globo: son válvulas con diseño del cuerpo curvado para favorecer la circulación del fluido y cuyo órgano de cierre es un disco que cierra contra un asiento finamente mecanizado para conseguir la estanqueidad. El fluido entra en la válvula por debajo del disco, siendo de sentido unidireccional. La estanqueidad atmosférica se realiza con anillos de empaquetadura situados alrededor del eje.

Figura 9. **Válvula de globo**



Fuente: Google. <http://www.tuvacol.com/valvulas/valvulas-globo/valvulas-globo.jpg>.

Consulta: enero de 2015.

- Válvulas de compuerta: son válvulas de aislamiento caracterizadas por realizar el cierre mediante un disco de caras planas (cuña) que se desliza verticalmente sobre los asientos fijos de la válvula situados en paralelo. Son bidireccionales, de gran capacidad y no aptas para servicios de regulación.



Figura 10. **Válvula de compuerta**



Fuente: Google. <http://www.fastpack.cl/wp-content/uploads/2012/10/Valvula-Compuerta1.jpg>.

Consulta: enero de 2015.

- Válvulas de guillotina: son una derivación de válvulas de compuerta pero con un órgano de cierre consistente en una placa plana con terminación de cuchilla para cortar el fluido viscoso. A diferencia de las anteriores estas son unidireccionales y suelen estar diseñadas, tipo *wafer* o *lug* para montaje entre bridas.

Figura 11. **Válvula de guillotina**



Fuente: Google. <https://ingrodneymarero.files.wordpress.com/2014/11/valvula-compuerta.jpg>.

Consulta: febrero de 2015.

- Válvulas de diafragma: son válvulas de cierre que se caracterizan por realizar el mismo mediante un órgano flexible y deformable (diafragma), el cual es accionado por un pisador unido al eje. En posición cóncava el diafragma permite el paso del fluido estando la válvula abierta; mientras que en posición convexa impide el paso del fluido estando la válvula cerrada.

Figura 12. **Válvula de diafragma**



Fuente: Google. [https://encryptedtbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRzhOQpzWvPfIfIFFnrhe4Ax1scZza2HmEC-d7C6uE\\_jl5msLR4](https://encryptedtbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRzhOQpzWvPfIfIFFnrhe4Ax1scZza2HmEC-d7C6uE_jl5msLR4). Consulta: enero de 2015.

Dentro de las válvulas de aislamiento rotatorias se pueden señalar como las más comunes los siguientes tipos:

- Válvulas de mariposas: son válvulas que poseen un disco circular el cual es girado sobre un eje obturando la sección de paso del conducto cuando está perpendicular al eje de éste y dejando paso libre cuando está paralelo. El disco consigue ángulos de aperturas parciales o totales hasta 90° que permiten el paso del fluido. La denominación común de “mariposa” es atribuida por la forma del disco consistente en un nervio central por cuyo interior atraviesa del eje con los planos exteriores planos en semejanza al cuerpo del insecto con las alas. Existen diversos tipos de válvulas de mariposa en función de la posición del eje en su giro

accionado por el mando manual: válvulas concéntricas, válvulas bicéntricas y válvulas de geometría triple excéntricas.

Figura 13. **Válvula de mariposa**



Fuente: Google. <http://www.gis.com.co/catalogo/image/cache/data/eurostop1-500x500.jpg>.

Consulta: enero de 2015.

- Válvulas de esfera: es un mecanismo que sirve para regular el flujo de un fluido canalizado y se caracteriza por tener forma de esfera perforada. El mecanismo regulador situado en el interior se abre mediante el giro del eje unido a la esfera perforada, de tal forma que permite el paso del fluido cuando está alineada la perforación con la entrada y la salida de la válvula. Cuando la válvula está cerrada, el agujero estará perpendicular a la entrada y a la salida. La posición de la maneta de actuación indica el estado de la válvula (abierta o cerrada). Existen diversos tipos constructivos de válvulas de esfera en atención a su construcción, no

obstante, las dos categorías comúnmente definidas son en función del movimiento combinado de la bola con el eje, siendo estas válvulas de esfera flotante y de eje guiado (TRUNNION). Las válvulas de esfera flotante son las más convencionales y en ellas el eje acciona la esfera por la parte superior únicamente. Las válvulas con diseño TRUNNION se caracterizan por un guiado superior e inferior de la esfera. Suele ser el diseño utilizado en los tamaños más grandes.

Figura 14. **Válvula de bola**



Fuente: Google. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/52/Seccion\\_valvula\\_de\\_bola.jpg/250px-Seccion\\_valvula\\_de\\_bola.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/52/Seccion_valvula_de_bola.jpg/250px-Seccion_valvula_de_bola.jpg). Consulta: enero de 2015.

- Válvulas de macho: son una variante de las válvulas de esfera con un similar principio de funcionamiento, pero siendo un macho troncocónico permite el paso del fluido cuando está alineado con el eje de la conducción. Los machos pueden estar encamisados o lubricados.

Figura 15. **Válvula de macho**



Fuente: Google. <http://www.az-armaturen.com.br/images/alemanha/ab2000.jpg>.

Consulta: enero de 2015.

Otra clasificación común de las válvulas de aislamiento puede darse por el tipo de accionamiento de la misma:

- Válvulas accionadas manualmente: son las más sencillas, deben ser manipuladas por el operador de planta con la mano; por esta misma razón deben de ser accesibles; normalmente la acción no se realiza con mucha frecuencia ya que el proceso no lo requiere.
- Válvulas autoaccionadas: son aquellas que el propio fluido de la línea o contenido dentro de la válvula alerte la acción de movimiento del eje u

órgano de cierre. Normalmente se utilizan en lugares de menor accesibilidad y donde la repetición de ciclos es más elevada y dependiente de algún parámetro del proceso (control de la temperatura, presión, nivel, caudal, entre otros).

- Válvulas accionadas por energía auxiliar: son aquellas cuya fuente de alimentación externa provoca la acción de movimiento del eje. Esta puede ser eléctrica, neumática, hidráulica e hidroneumática, como más comunes. Son utilizadas para la automatización de procesos industriales de alta repetición y exactitud en el control.
- Válvulas de retención: son aquellas que accionadas por la propia presión del fluido, permiten el paso del mismo e impiden el retroceso del mismo hacia la parte presurizada cuando la presión del sistema cesa. Son válvulas unidireccionales que abren en un sentido del flujo y son cerradas en el sentido opuesto del flujo. Existen diversos tipos de válvulas de retención en función de su diseño:
  - Tipo clapeta oscilante
  - Con clapeta excéntrica (*tilt check*)
  - De disco partido o doble plato
  - De bola
  - Tipo pistón

Básicamente, la utilización de un diseño u otro y dado que todas desarrollan la misma función, se basa en los criterios de selección del usuario: conexiones a tuberías, materiales constructivos, menores pérdidas de carga, naturaleza del fluido (por ejemplo fluidos cargados, viscosos, sucios, entre otros), mantenimiento, temperaturas y presiones.

- Válvulas de regulación: también llamadas válvulas de control, son aquellas que modifican la cantidad de fluido en un sistema. Las válvulas de regulación más habituales son las accionadas por una fuente de energía externa (eléctrica o neumática por ejemplo). Estas se consideran como el elemento final del sistema de control por donde el fluido circula y normalmente son empleadas en procesos donde sea necesaria la realización de movimientos continuos y de regulación precisa. Por supuesto no todas las válvulas de regulación son accionadas por las fuentes de energía externa, las válvulas de accionamiento manual que posean un obturador caracterizado, cónico o parabólico también serían consideradas como de regulación.

En cambio, las válvulas autoaccionadas se consideran válvulas de apertura y cierre (*on/off*), ya que no permiten modificaciones parciales del fluido, aunque la función que realicen dentro del sistema sea la de controlar un proceso. Las válvulas de control no pueden ser entendidas sin la observación del llamado “lazo de control” que compone el sistema. Este lazo se compone de un controlador electrónico que recoge la señal de entrada (parámetros de control deseados); el actuador de la válvula, la válvula en sí misma y el elemento sensor del sistema.

- Válvulas de seguridad y alivio de presión: son dispositivos autoaccionados por el fluido que previenen la sobrepresión en recipientes presurizados, líneas y otros equipos generales. Las válvulas suelen ser diseñadas en ángulo de 90° para facilitar la evacuación del fluido del sistema. Las válvulas se componen de un muelle pretardado a una determinada presión de disparo, por encima de la cual actuará liberando el fluido del sistema. Una vez producida la evacuación del fluido y la presión de ejercicio restablecida en el sistema vuelven a su posición inicial cerrada. La



utilización de válvulas de seguridad es fundamental en recipientes presurizados, ya que los fluidos compresibles provocarían, en caso de aumento de presión por encima de la concebida en el diseño, la deformación o rotura de los mismos con el peligro para personas y propiedades que ello conlleva.

#### **2.3.4. Accesorios utilizados en instalaciones típicas de válvulas**

Como un peculiar complemento en las instalaciones en las cuales se ha de utilizar algún tipo de válvula o bien varios de estos, es necesario el empleo de algunos de los siguientes accesorios

- Trampa de vapor: es un tipo de válvula automática que filtra el condensado (es decir vapor condensado) y gases no condensables como el aire, esto sin dejar escapar al vapor. En la industria, el vapor es regularmente usado para calentamiento o como fuerza motriz para un poder mecánico. Las trampas de vapor son usadas en tales aplicaciones para asegurar que no se desperdicie el vapor.
- Unión o junta: constituyen el elemento de unión tramo a tramo en las tuberías, es por tanto un elemento fundamental; de nada serviría una buena tubería, si no se dispone de una estanqueidad total en las uniones o empalmes. Una junta deber ser resistente al envejecimiento, a esfuerzos y gozar de la máxima impermeabilidad.
- Codo: accesorio de tubería que tiene una curva a 45 o 90 grados, empleada para desviar la dirección recta de la misma.
- Tee: componente en forma de T que se emplea para conectar dos tubos o

conductos. También llamado racor.

- Flange o brida: reborde circular en el extremo de los tubos de metal que sirve para ajustarlos unos con otros.
- Manómetro: es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local. En la mecánica la presión se define como la fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie. La presión suele medirse en atmósferas (atm); en el sistema internacional de unidades (SI), la presión se expresa en Newton por metro cuadrado; un newton por metro cuadrado es un pascal (Pa).

La atmósfera se define como 101,325 Pa, y equivale a 760 mm de mercurio en un barómetro convencional. Cuando los manómetros deben indicar fluctuaciones rápidas de presión, se suelen utilizar sensores piezoeléctricos o electrostáticos que proporcionan una respuesta instantánea. Hay que tener en cuenta que la mayoría de los manómetros miden la diferencia entre la presión del fluido y la presión atmosférica local, entonces hay que sumar esta última al valor indicado por el manómetro para hallar la presión absoluta. Cuando se obtiene una medida negativa en el manómetro es debido a un vacío parcial.

- Filtro: materia porosa, a través de la cual se hace pasar un fluido para clarificarlo o depurarlo. También sirve para separar las partes sólidas de un líquido.
- Regulador de presión o manorreductor: un manorreductor o válvula reductora de presión es un dispositivo que permite reducir la presión de un

fluido en una red. El más sencillo consiste en un estrangulamiento en el conducto que produzca una pérdida de carga o presión (ej. válvula medio cerrada) para reducir la presión, aunque esta variará mucho según la presión de entrada y el caudal. Si aumenta el flujo la presión bajará y si se detiene la presión se igualará con la de alta presión.

- Contador de flujo: un caudalímetro es un instrumento que se utiliza para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido o para la medición del gasto másico. Estos aparatos suelen colocarse en línea con la tubería que transporta el fluido. También suelen llamarse medidores de caudal, medidores de flujo o flujómetros.

## **2.4. Estructuras**

Una estructura es un conjunto de partes unidas entre sí que forman un cuerpo, una forma o un todo, destinadas a soportar los efectos de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.

### **2.4.1. Definición**

En las estructuras metálicas la mayor parte de los elementos o partes que la forman son de metal (más del 80 %), normalmente acero. Como las estructuras están formadas por un conjunto de partes, estas deben cumplir unas condiciones.

Figura 16. **Estructuras para equipos de ahorro energético**



Fuente: Google. <http://www.alusic.com/IMG/alusol-pics-02.jpg>. Consulta: enero de 2015.

#### **2.4.2. Condiciones que debe cumplir una estructura**

- Que sea rígida: que la estructura no se deforme al aplicar las fuerzas sobre ella.
- Que sea estable: que no vuelque.
- Que sea resistente: que todos los elementos que la forman sean capaces de soportar la fuerza a la que se verán sometidos sin romperse o deformarse.

Las estructuras metálicas se utilizan por norma general en el sector industrial porque tienen excelentes características para la construcción, son muy funcionales y su coste de producción suele ser más barato que otro tipo de estructuras. Normalmente cualquier proyecto de ingeniería, arquitectura, etc. utiliza estructuras metálicas.

Si se observa alrededor se puede concluir de que las vidas dependen prácticamente del uso de los metales, por ende puede verse metal en todas partes. La mayoría de los metales son fuertes, conducen la electricidad y tienen un punto alto de fusión y ebullición. Tienen estas propiedades debido a su estructura.

Para que una estructura funcione bien tiene que ser estable, resistente y rígida. Estable para que no vuelque, resistente para que soporte esfuerzos sin romperse, y rígida para que su forma no varíe si se le somete a esfuerzos, como por ejemplo el propio peso y el del equipo que sostenga.

### **2.4.3. Componentes de una estructura**

Cada estructura metálica está formada por la estructura metálica principal y la secundaria. La estructura metálica principal se compone de todos aquellos elementos que estabilizan y transfieren las cargas a los cimientos (que normalmente son de hormigón reforzado). Es la que se asegura que no se vuelque, que sea resistente y que no se deforme.

La estructura metálica secundaria corresponde fundamentalmente a la fachada y a la cubierta, lo que se llama también subestructura y se coloca sobre la estructura metálica principal.

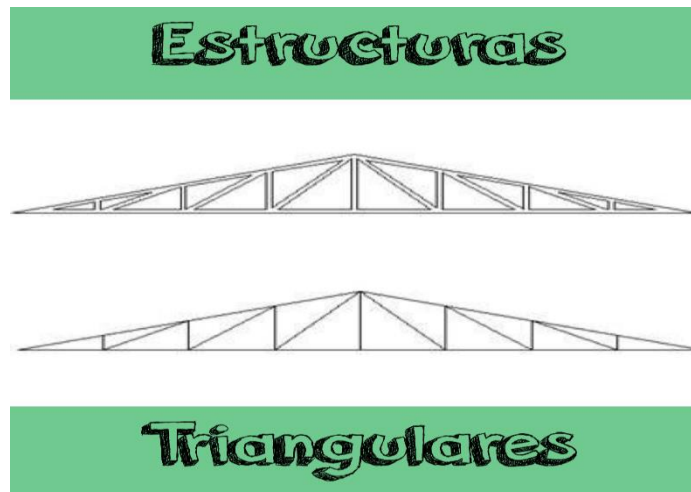
#### 2.4.4. Transmisión de cargas en estructuras

Las fuerzas o cargas que soportan las estructuras se van repartiendo por los diferentes elementos de la estructura, pero las cargas siempre van a ir a parar al mismo sitio, a los cimientos o zapatas. El peso sobre las viguetas superiores va a parar a las vigas horizontales y desde ellas se transmiten a los pilares bajando por ellos hasta llegar al final en los cimientos.

#### 2.4.5. Tipos de estructuras

- Estructuras trianguladas: se caracterizan como su propio nombre indica por disponer sus elementos de forma triangular; suelen ser muy ligeras y económicas y utilizarse para la construcción de puentes y naves industriales.

Figura 17. Diagrama de estructura triangular

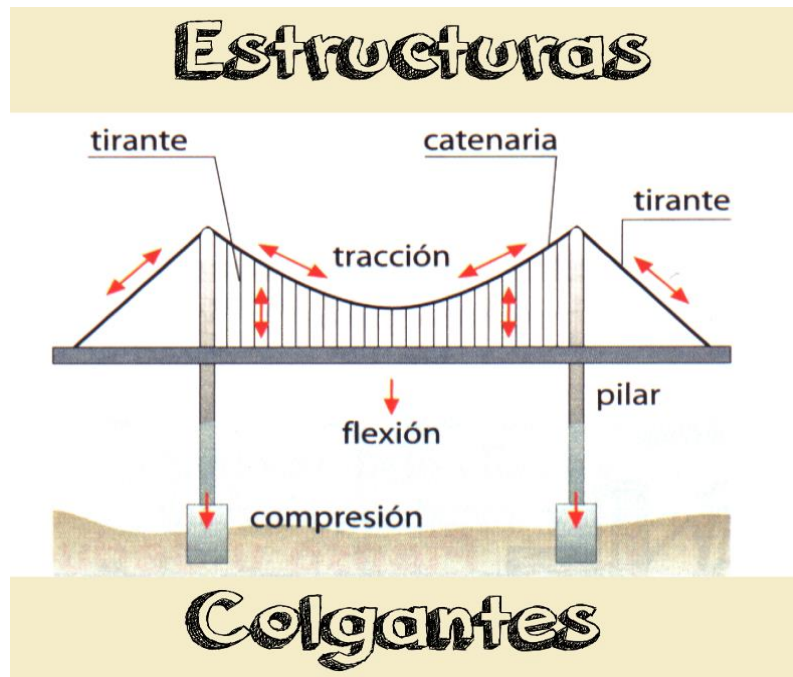


Fuente: Google. <http://www.monografias.com/trabajos71/sismos-peru/image005.jpg>.

Consulta: enero de 2015.

- Estructuras colgantes: las estructuras colgantes o colgadas son aquellas que utilizan cables o barras (tirantes) que van unidos a soportes muy resistentes. Los tirantes son los encargados de estabilizar la estructura.

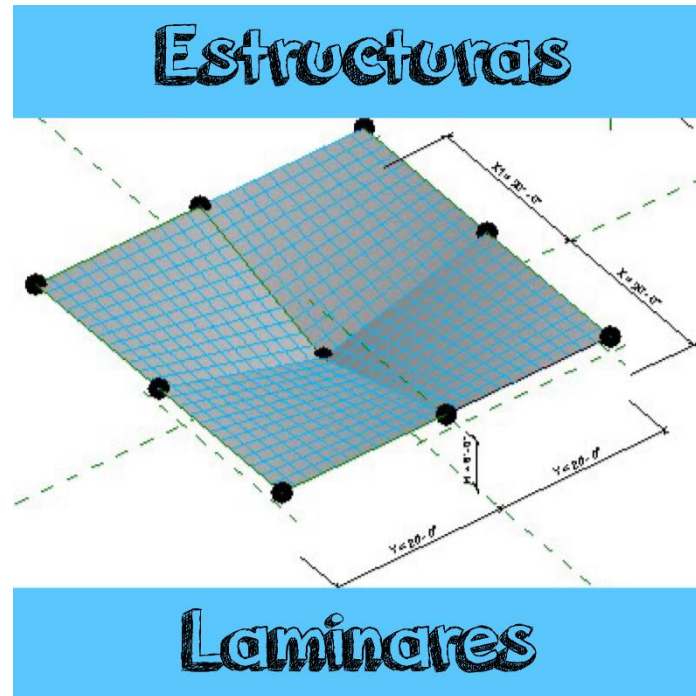
Figura 18. **Diagrama de estructura colgante**



Fuente: Google. [http://2.bp.blogspot.com/\\_sb3\\_UtRGYRc/SI8aifkMII/AAAAAAAAALM/gKOPmSmTDIA/s1600/estr.+colgante.bmp](http://2.bp.blogspot.com/_sb3_UtRGYRc/SI8aifkMII/AAAAAAAAALM/gKOPmSmTDIA/s1600/estr.+colgante.bmp). Consulta: enero de 2015.

- Estructuras laminares: son todas aquellas formadas por láminas resistentes que están conectadas entre sí y que sin alguna de ellas la estructura se volvería inestable, como las carrocerías y fuselajes de coches y aviones.

Figura 19. Estructuras laminares

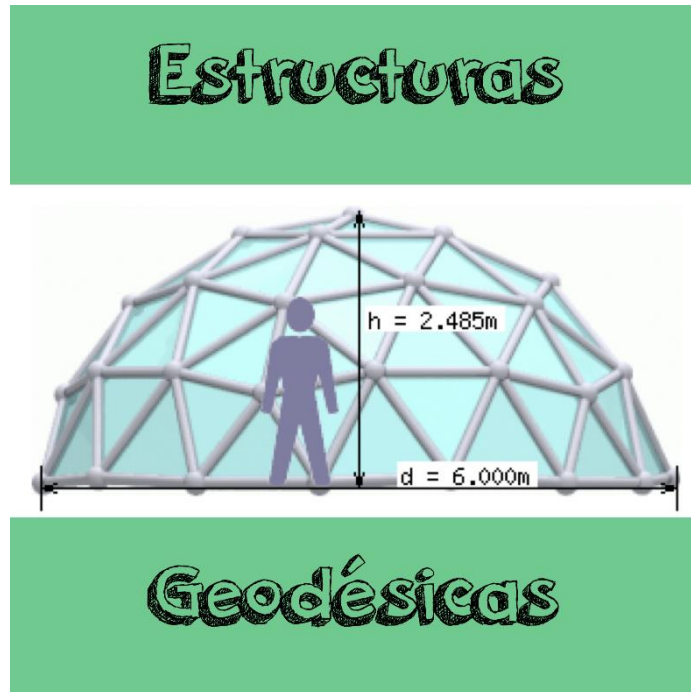


Fuente: Google. [http://www.edublancast.com/folder/wp-content/uploads/2012/10/Alfredo\\_Medina-AW-0512-09.jpg](http://www.edublancast.com/folder/wp-content/uploads/2012/10/Alfredo_Medina-AW-0512-09.jpg). Consulta: enero de 2015.

- Estructuras geodésicas: son estructuras poco comunes que están formadas por hexágonos o pentágonos y suelen ser muy resistentes y ligeras. Normalmente tienen forma de esfera o cilindro.



Figura 20. **Estructuras geodésicas**



Fuente: Google. <http://www.dismold.upv.es/files/2015/02/ejemplo-frecuencia-estructura-geodesica1.jpg>. Consulta: enero de 2015.

#### **2.4.6. Tipos de uniones**

Para que todos los elementos de la estructura metálica se comporten perfectamente según se ha diseñado es necesario que estén ensamblados o unidos de alguna manera.

Para escoger el tipo de unión hay que tener en cuenta cómo se comporta la conexión que se va a hacer y cómo se va a montar esa conexión.

Existen conexiones rígidas, semirrígidas y flexibles. Algunas de estas a veces necesitan ser desmontables, que giren, que se deslicen, entre otras. Dependiendo de ello se tendrán dos tipos de uniones fundamentales:

- Por soldadura: la soldadura es la más común en estructuras metálicas de acero y no es más que la unión de dos piezas metálicas mediante el calor. Aplicándoles calor se conseguirá la fusión de las superficies de las dos piezas, a veces necesitando un material extra para soldar las dos piezas.
- Por tornillo: los tornillos son conexiones rápidas que normalmente se aplican a estructuras de acero ligeras, como por ejemplo para fijar chapas o vigas ligeras.



### **3. AHORRO ENERGÉTICO**

Es fundamental el ahorro de energía dentro de cada una de las empresas que componen el campo de la industria ya que al tratar sobre este tema se hace un enfoque específico en la conservación y un mejor aprovechamiento de recursos naturales, que como bien se sabe, día a día se agotan; por eso es de suma importancia la implementación de las medidas necesarias para contrarrestar el constante abuso de los mismos y a su vez hacer de SIDASA una entidad ejemplar en cuanto al aprovechamiento de estos, incluyendo en sí, una reducción en la inversión de capital.

#### **3.1. ¿Qué es ahorro energético?**

El aprovechamiento de manera consiente de los recursos naturales que repercute en el cuidado al medio ambiente es uno de los principales factores que hoy en día se manejan al hacer referencia a este tema, el cual además se enfoca en la optimización del consumo energético, cuyo objeto es disminuir el uso de energía pero produciendo los mismos resultados finales.

#### **3.2. Medida de ahorro energético**

En el presente trabajo de graduación se enumeraran algunas de las principales medidas de ahorro y eficiencia energética, referentes a las áreas y equipos en los cuales puedan ser aplicadas dentro de la empresa, con el fin de obtener resultados positivos en cuanto a los puntos anteriormente mencionados:

### **3.2.1. Instalaciones eléctricas**

El incremento en el consumo eléctrico en las instalaciones muchas veces se ve afectado por factores como la manera en que se distribuye el alambrado, calibre del mismo, el uso de varillas de cobre en conexión a tierra, por mencionar algunos; por ende es recomendable hacer uso de las siguientes recomendaciones:

- La verificación de la carga aplicada a cada transformador según su capacidad y la manera de entrega de la misma a su salida, tomando en cuenta la calidad y calibre de sus conductores a través de la red, evitando factores como el calentamiento en sus líneas, que podrían dar lugar en su momento a cortocircuitos, el bloqueo de su transformador, e incluso la destrucción del mismo.
- La selección adecuada del tipo de cable que se empleará en la instalación es fundamental debido a que de esta dependerá la calidad de entrega en su conducción, partiendo del diseño de su sección transversal, la cual establece cierto margen en la capacidad de carga eléctrica permitida por el mismo, de no ser así, dará lugar a la pérdida de potencia e incluso el disparo de interruptores de seguridad.
- Tomar siempre en cuenta las medidas necesarias en cuanto a las conexiones de tipo monofásico y trifásico, especialmente en la distribución de cargas en cada fase, las cuales llegarían a provocar una circulación de corrientes indeseables, causando daño a los equipos que con esta funcionen.

- Hacer la instalación necesaria de tierra física a través de varillas de cobre para cada uno de los equipos accionados por este tipo de energía, con el fin de obtener una mayor seguridad tanto en el equipo como en sus operarios.

### **3.2.2. Iluminación**

La iluminación es uno de los factores más importantes que representa el consumo eléctrico dentro de una instalación industrial, ya que dependiendo del tamaño de esta, el tipo de trabajos que en ella se desempeñen, el clima de la zona de su ubicación, los horarios de la jornada de trabajo, se sabrá con exactitud el porcentaje de consumo del fluido eléctrico, aunque bien puede oscilar en torno a un 25 %.

Por tal razón es importante tomar en cuenta las medidas necesarias que garanticen una reducción del consumo eléctrico hasta de un 20 %, haciendo uso de componentes más eficaces de la implementación de sistemas de control y un mayor aprovechamiento de la luz natural, por ejemplo.

Recomendaciones:

- Hacer uso de lámparas de descarga a alta presión que son hasta un 35 % más eficientes que los tubos fluorescentes, con el único inconveniente que su desempeño luminoso en cuanto al color no es tan bueno como las anteriores.
- La utilización de lámparas fluorescentes compactas resultan ser un factor adecuado en cuanto a la sustitución de lámparas incandescentes convencionales, ya que esto representaría en números, una reducción de

hasta un 80 % en el consumo energético, además de un aumento en la vida útil de las mismas, con un factor de hasta 8 a 10 veces más que las incandescentes.

- Contar con la instalación de sistemas de control automático como sensores infrarrojos, de movimiento, sónicos u otros, los cuales sean necesarios en algunos sectores en donde el uso de iluminación no sea indispensable en todo momento tales como salas de reunión, bodegas, pasillos, bibliotecas y exteriores, parqueos, entre otros.
- Aprovechar al máximo la luz natural contando con opciones como láminas de policarbonato, tragaluces en techos y paredes, ventanas, entre otros.
- Realizar la sustitución de lámparas tradicionales, por algunas funcionales con sistemas de microled, que además de un notable ahorro, poseen un brillo adecuado, ideal para oficinas y espacios cerrados, tomando en cuenta que son los lugares donde estas trabajan periodos mayores a 5 horas diarias.
- Llevar a cabo la instalación de circuitos individuales en cuanto a los interruptores de las luminarias se refiere, con el fin de independizar unas áreas de otras y contar con un mayor control en cuanto al aprovechamiento de luz en sectores específicos, como en cubículos.
- Mantener las luminarias libres de suciedad como polvo y otras incrustaciones para que estas desempeñen un mejor trabajo en cuanto a la amplitud y aprovechamiento de luz en el área donde se requiera.

### **3.2.3. Motores eléctricos**

Si se relaciona el buen funcionamiento de un motor y su carga, se estaría hablando sobre su máxima eficiencia, que en otras palabras, sería el equivalente a hablar sobre ahorro energético en estos equipos, por lo cual se sugieren algunas recomendaciones para el desempeño del mismo:

- Optar por el accionamiento mediante un convertidor de frecuencia que permita la regulación continua de la velocidad, obteniendo un ahorro energético en todo el campo de regulación, ya que también permite el ahorro de consumo en el arranque, a diferencia del arranque directo, ya que esto hará que su corriente de arranque en ningún caso sea mayor a 1.5 veces la corriente nominal, a diferencia del arranque en directo que puede llegar hasta 8 veces, de la misma forma que la potencia consumida.
- Elegir correctamente la potencia del motor, tomando en cuenta que su rendimiento máximo se obtendrá cuando este opere entre el 75 % y el 95 % de su potencia nominal.
- Seleccionar el motor adecuado, respecto del tipo de tarea que este vaya a desempeñar, tomando en cuenta su ciclo de trabajo, para evitar poner en funcionamiento de servicio continuo un motor apto para funcionamiento intermitente, el cual contará con constantes arranques y paradas, llegando al punto de afectar su eficiencia y rendimiento de operación, además de los múltiples daños en sus devanados por el incremento en su temperatura.



- Realizar en forma correcta la conexión a tierra de los motores, ya que una conexión defectuosa o la ausencia de la misma ocasionará corrientes de fuga que no son liberadas por el equipo de protección con un dispendio de energía, además del peligro en la vida de sus operarios si llegara a presentarse alguna falla en la misma.
- Evitar conectar motores en locales reducidos o en lugares que puedan dificultar su ventilación, ya que esto podría provocar el sobrecalentamiento del motor lo cual se vería afectado en la disminución de su eficiencia.
- Evitar hasta donde sea posible el arranque y la operación simultánea de motores, sobre todo los de mediana y gran capacidad, para disminuir el valor máximo de la demanda.
- Sustituir motores con engranajes, poleas, bandas u otro tipo de transmisión, para reducir la velocidad del motor por motores de velocidad ajustable con reguladores electrónicos.
- Evaluar la posibilidad de conectar la ventilación solamente durante las bajas velocidades, en aquellos motores de velocidad ajustable y ventilación separada, provista por equipos auxiliares. Con esto se puede reducir el consumo de energía en el sistema de ventilación.
- Realizar la inspección periódica del motor, incluyendo lecturas de corriente, potencia (Kw), velocidad (rpm), resistencia de aislamiento, entre otros, con el fin de verificar si se mantienen en condiciones apropiadas de funcionamiento y eficiencia, y poder tomar acciones correctivas, cuando se requieran.

### **3.2.4. Computadoras**

El equipo de cómputo a nivel mundial define un porcentaje de consumo de energía eléctrica dentro de la rama industrial y empresarial, en niveles que van desde un 27,64 % hasta un 35 % del consumo total, aunque bien hay que tomar en cuenta que es un dato generalizado que puede variar, tomando en cuenta algunos aspectos, como el tipo de tarea que se desempeñe en cada empresa, los horarios de trabajo, la cantidad y calidad de los equipos con los que se cuente, por mencionar algunos.

Sin importar dichos aspectos, se sugiere a continuación algunas recomendaciones para la optimización de recursos, que además ayudarán en el ahorro energético y la disminución de gastos:

- Habilitar el modo descanso y los parámetros de administración de energía en los equipos.
- Apagar el monitor cuando la computadora no se esté utilizando, ya que este representa el mayor consumo energético.
- Contar con un plan previo sobre las actividades que se realizarán en la computadora, antes de encenderla.
- Si aún no se cuenta con estos, implementar el uso de monitores de pantalla plana LCD o led.
- Apagar impresoras y periféricos que no se encuentren en uso.

- Apagar la computadora al terminar la actividad del día y no esperar que esta se suspenda por sí sola.
- Desconectar los equipos cuando no vayan a ser utilizados en algún tiempo prolongado.
- Programar el descansador de pantalla en modo vacío o bien pantalla negra.

### **3.2.5. Aire acondicionado**

Es el resultado del tratamiento térmico aplicado al aire ambiente mediante un intercambio de temperatura y el empleo de equipos diseñados para dicha tarea, entre los cuales pueden encontrarse: unidades de ventana y tipo split entre los más comunes, hasta equipos de mayor demanda como *chillers*, torres de enfriamiento y manejadoras industriales, los cuales representan un consumo entre un 30 % a 35 % del total de las facturas, por lo cual, se sugiere hacer uso de las siguientes recomendaciones para un mejor aprovechamiento de recursos y reducción en cuanto a costos:

- Realizar la selección correcta de equipo que cuente con una alta eficiencia energética para un mejor desempeño del mismo.
- Llevar a cabo la correcta instalación del equipo para obtener un funcionamiento óptimo, tomando en cuenta aspectos como; una buena circulación de aire y contar con aislamientos que eviten la exposición solar.

- Mantener una instalación hermética en persianas, ventanas, muros y techos, con el fin de evitar el ingreso de aire caliente y así obtener ahorros de energía de hasta el 30 % en estos equipos.
- Desconectar el equipo cuando no sea necesario su uso, por ejemplo cuando no se encuentra nadie en su interior o bien cuando las condiciones climáticas no lo ameriten.
- Hacer uso de un termostato que ayude a obtener periodos intermitentes en su funcionamiento, ya que unos pocos minutos del mismo son suficientes para obtener la climatización deseada. Evitar que el termostato se encuentre cerca de fuentes de calor (el sol, lámparas, entre otros), para una mejor lectura y funcionamiento.
- Mantener el equipo con un rango de funcionamiento de 26 °C, que es la temperatura nominal requerida para proporcionar confort a cuerpo. Por cada grado menos de temperatura, el consumo de energía en aire acondicionado aumenta entre un 4 % y un 6 %.
- Conservar limpios los filtros ayudará al ahorro energético, además de prolongar la vida útil a los equipos.
- No cometer la equivocación de ajustar el termostato a temperaturas más bajas de lo normal en el arranque del equipo, con el fin de llegar a un punto de enfriamiento más rápido, ya que con esto lo único que se conseguirá, será un mayor consumo de energía innecesario.

### **3.2.6. Sistemas de bombeo**

Son el implemento de equipo hidráulico, utilizado en el manejo de fluidos, compuestos por bombas, motor, tuberías y accesorios. Comúnmente la energía consumida por este tipo de equipos viene dada en relación con la potencia, tiempo de funcionamiento y eficiencia del sistema, tomando en cuenta factores como el gasto y carga de la bomba. Por ende, se debe ser cuidadoso en cuanto a la selección de componentes que puedan llegar a afectar en la carga, como materiales inadecuados, distinta capacidad y su tipo, además de situaciones como: mal funcionamiento del motor, obstrucción o deterioro en tuberías y accesorios, entre otros.

Con el fin de evitar el aumento en el consumo energético para este tipo de instalaciones, se proporcionan a continuación las siguientes recomendaciones:

- Selección adecuada de la bomba, ya que una mala selección podría llegar a consumir hasta 3 veces más la energía necesaria.
- Incorporar sistemas de control de tiempo para el bombeo, es decir, temporizadores o *timers*, que son equipos que proporcionan el arranque y paro de la bomba de forma automática mediante programación de tiempos.
- El reemplazo del impulsor por uno de menor tamaño es otro método que garantiza la reducción en el consumo eléctrico, el cual es tomado en cuenta únicamente cuando las necesidades de gasto de bombeo son menores a las que la bomba mueve, pudiendo hacer un recorte en su diámetro o bien la sustitución del mismo.

- Realizar modificaciones o cambios en las tuberías para tener un recorrido más sencillo, evitando al máximo los posibles cambios de diámetro, desviaciones, trayectos largos, válvulas y accesorios innecesarios.
- Implementar tazones del tipo esmaltado ayudará a lograr una mejor operación de la bomba, además del ahorro energético.
- Ejecutar un programa de control periódico que consista en el chequeo y mantenimiento de filtros, fugas en tubería, acoples de motor y bomba, detección de vibraciones irregulares, entre otros.

### **3.2.7. Recomendaciones generales sobre el consumo y ahorro energético**

A lo largo de este capítulo el ahorro energético ha sido el tema central en relación con el consumo actual en el campo de la industria, en el cual se mencionan diferentes recomendaciones específicas para diversos equipos, las cuales se centran, además de la reducción de costos, en una importante colaboración al medio ambiente.

Además de la información proporcionada, también son importantes factores como la educación, concientización, colaboración y sensibilización por parte del personal de la empresa para cumplir los aspectos anteriormente planteados, partiendo de la iniciativa e interés de los superiores en dicha gestión.

A continuación se proporcionan algunas recomendaciones generales para el desarrollo, cumplimiento y obtención de resultados positivos mediante el uso de la guía propuesta:

- El correcto uso y manejo de los equipos con los que se cuente dentro de la empresa.
- La disciplina, en cuanto al cumplimiento de las normas establecidas por la empresa en relación con el ahorro energético.
- El constante desarrollo de actividades relacionadas con un régimen de inspección en áreas de mayor consumo.
- La comparación de resultados antes y después del implemento del normativo de ahorro.
- El interés por adquirir nuevos métodos que proporcionen una mejora en la obtención de resultados.
- La recepción de ideas en beneficio de la empresa, por parte de técnicos y personal de las distintas divisiones.

## **4. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **4.1. Calderas**

Descripción general:

- Tipo de caldera: pirotubular
- Marca de la caldera: Cleaver Brooks, York Shipley y Fulton
- Capacidad: 15-40 HP hasta 1000 HP

#### **4.1.1. Servicio mayor a calderas**

Como bien se sabe, en todo equipo es necesario llevar cierto control con respecto a los servicios de mantenimiento preventivo, ya que son los encargados de efectuar los procesos necesarios que proporcionen el confort, buen desempeño, seguridad de operación, eficiencia, ahorro y aprovechamiento energético, además de la reducción en el riesgo de paros temporales por falla, lo cual significaría, dar paso a mantenimientos correctivos, que además implican mayores costos de inversión en reparaciones.

En este caso, al hacer referencia a calderas y su método de operación, se toman en cuenta algunos de los aspectos esenciales necesarios para mantener un equilibrio en cuanto a su buen funcionamiento, y las medidas pertinentes a seguir en el cuidado de sus componentes, mayormente internos, que se ven directamente involucrados en el deterioro, posterior a los procesos de generación de vapor.



En cuanto al vapor, se puede decir que es la fase del estado gaseoso en donde la sustancia no se comporta de acuerdo con las leyes de los gases perfectos, por lo cual gran parte de sus variables se determina por medio de la experimentación en el laboratorio y se consignan en tablas de propiedades termodinámicas. Con base en esta información, se mencionan a continuación algunas recomendaciones, las cuales se emplearon en la prevención de daños en los componentes, como cuerpo de la caldera:

- Alimentar agua fría y cruda de relleno a una caldera caliente.
- Falta de tratamiento de agua de alimentación, eliminación de oxígeno, análisis regular del agua y programa de purgas.

Cabe mencionar que aspectos como los anteriores pueden llegar también a producir fallos en el sistema debido a la oxidación, corrosión y obstrucción en sus componentes, como por ejemplo tubos fuego, quemador, e incluso el cuerpo de la caldera; es por ello que debe prestarse cierto cuidado en el control y aplicación de programas de servicio, los cuales ayuden a mantener además de la limpieza en su interior, un mejor estado en sus componentes secundarios como empaques de puerta, material refractario, cemento de insulación, empaque de puerta intermedia, ladrillos refractarios de cono, empaque de quemador, ladrillos refractarios de horno o tejas, entre otros.

Sea cual sea y sin importar la marca de la caldera, un programa de mantenimiento preventivo o servicio mayor deberá llevarse a cabo en determinados lapsos de tiempo programados con anticipación, con el fin de prever cierto periodo de paro y tomar en cuenta las acciones que se desarrollarán durante este, además de la importancia en cuanto al desempeño y eficiencia del equipo y sus componentes.

Los componentes principales son:

- Quemador: dado a que este es el componente principal y encargado de la quema del combustible, incluyendo funciones como la mezcla de aire-combustible, atomización, vaporización y una continua ignición de la mezcla, es importante verificar que se mantenga libre de todo tipo de obstrucciones, principalmente en su boquilla.
- Ejecución: se chequeó en su momento para evitar la existencia o acumulación de algún tipo de hollín.

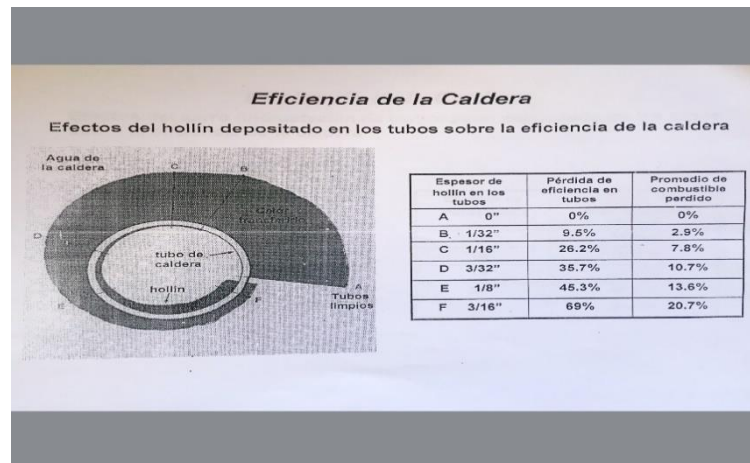
Figura 21. **Conjunto del quemador**



Fuente: instalaciones de empresa SIDASA.

- Cámara de combustión: siendo esta la encargada de acomodar y mantener la llama a temperaturas elevadas con suficiente duración para evitar la producción de hollín, es necesaria la inspección al menos cada vez que se realice un servicio mayor.
- Ejecución: debido a que esta es la responsable de mantener la llama a altas temperaturas, se empleó el mecanismo precedido por una fotocelda, la cual es encargada de velar por la correcta ejecución de la cámara de combustión o bien el piloto; en todo caso la inspección se hizo sobre el buen funcionamiento de la fotocelda.
- Sección de convección: dado a que es la parte donde se produce la mayor conducción de calor y por ende la producción de vapor, compuesta por el tambor de agua y los tubos fuego, es necesaria su inspección en cuanto a la existencia de picaduras u obstrucciones, como oxidación, corrosión o acumulación de hollín en el interior de los tubos, dando lugar a la reducción del área de transferencia de calor, lo cual significaría la caída en la eficiencia de la caldera. Por ello es recomendable incluir este tipo de inspección y limpieza cada vez que se lleva a cabo un servicio mayor.
- Ejecución: se llevó a cabo la limpieza de tubos fuego por medio de cepillos de alambre, sin la utilización de ningún tipo de líquidos.

Tabla II. Eficiencia de la caldera



Fuente: SIDASA. *Manual de operaciones y mantenimiento de calderas*  
Cleaver-Brooks. p. 14.

- Chimenea: además de cumplir su función de proporcionar una salida a los gases de combustión y calores residuales, también es la encargada de proporcionar la inducción de corrientes de aire en el interior de la caldera; por ello debe permanecer siempre libre de cualquier tipo de obstrucciones para así desempeñar un mejor trabajo. Se realizó la limpieza de las mismas por medio de una pesa, de manera efectiva, siempre con la precaución requerida para no dañar elementos internos como tejas de refractario.

Cabe resaltar que los componentes anteriormente descritos, junto con los procesos de mantenimiento, se incluyen en el servicio mayor para proporcionar un chequeo más profundo en cuanto al funcionamiento de los mismos, no obstante se recalca que estos no necesariamente se llevarán a cabo únicamente durante estos periodos, sino también durante programas de inspección que pueden ser incluso diarios. Se procede a realizar el

servicio mayor, el cual está sujeto a la disponibilidad de recursos, como mano de obra con personal capacitado, y el estándar de materiales necesarios.

#### 4.1.1.1. Materiales

La ejecución de un buen servicio estará siempre de la mano de una serie de aspectos de suma importancia, como la existencia de materiales estándar para los diferentes tipos de calderas, la selección adecuada de estos partiendo del tamaño y capacidad de la misma, la asignación de personal apto para el desarrollo del servicio, el cálculo de los materiales requeridos, la aplicación y reemplazo de estos, la moral y ética de trabajo, entre otros.

Independientemente de lo anterior, deberá de manejarse un orden estricto en cuanto a proporcionar al personal lo necesario para la ejecución del proyecto, haciendo conciencia en condiciones como precio, cantidad y calidad de los materiales. A continuación algunos formatos claves en cuanto al estándar de materiales empleados en la ejecución de servicios mayores en calderas, durante el desarrollo del EPS:

Figura 22. **Lista de materiales para servicio a caldera York Shipley 250 HP**

<b>YORK SHIPLEY 250 HP</b>					<b>FECHA DE MODIFICACIÓN</b>
					25 de enero de 2013
<b>Ítem</b>	<b>Alternativo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario sugerido</b>	<b>Precio total sugerido</b>
1	31058	Lazo de fibra de vidrio 3/4"	33	Q16,00	Q528,00
2	13797	Cemento contacto Weld Wood	1	Q52,00	Q52,00
3	6477	Lámina aislante de 1/32"	1	Q30,00	Q30,00
4	18275	Rollo de teflón 3/4 blanco	1	Q4,00	Q4,00
5	29625	Lazo de fibra de vidrio 1/2"	20	Q12,00	Q240,00
6	29627	Lazo de fibra de vidrio 1"	19	Q33,00	Q627,00

Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Lista de materiales para servicio a caldera CB 500 HP**

CB 400-800 HP					FECHA DE MODIFICACIÓN
					26 de junio de 2014
Ítem	Alternativo	Descripción	Cantidad	Precio unitario sugerido	Precio total sugerido
1	30351	Emp. neop.3-1/4X4-1/2X9/16	7	Q50,00	Q350,00
2	28722	Emp. neopreno 12X16"Mh	1	Q245,00	Q245,00
3	29628	Lazo de fibra de vidrio 1-1/2"	8	Q59,00	Q472,00
4	485	Emp. de hule Nvl 5/8"	2	Q5,00	Q10,00
5	21784	Cemento insulación (50 lbs.)	1	Q708,00	Q708,00
6	6477	Lámina aislante de 1/32"	1	Q30,00	Q30,00
7	18275	Rollo de teflón 3/4 blanco	5	Q4,00	Q20,00
8	25485	Cepillo P/caldera 2 3/8	1	Q270,00	Q270,00
9	29625	Lazo de fibra de vidrio de 1/2"	26	Q10,00	Q260,00
10	13797	Cement Contc Weldwood 1/4	1	Q52,00	Q52,00
11	176	Emp. puertas 400-800 Hp	2	Q1 253,00	Q2 506,00
12	4600	Empaque Baffle	8	Q76,00	Q608,00
13	447	Remache largo emp. Baffle	15	Q5,00	Q75,00
14	446	Remache presión puerta trasera	70	Q5,00	Q350,00
15	182	Emp. carc. pta. int. 400-800	1	Q564,00	Q564,00
16	30777	Tubo nivel 12" X 5/8"	1	Q152,00	Q152,00
17	197	Tuerca compuerta 7/8"-800	7	Q165,00	Q1 155,00
18	517	Tornillo puerta del cb. 250-800	7	Q125,00	Q875,00
19	182	Emp carc. puerta int. 400-800	1	Q564,00	Q564,00
20	31331	Emp. Housing puerta del cb.	1	Q1 823,00	Q1 823,00

Fuente: elaboración propia.

Haciendo el correcto uso y aplicación de cada uno de estos materiales, se llevaron a cabo algunos de estos servicios dentro y fuera de SIDASA, permitiendo adquirir los conocimientos de ejecución en cuanto a la aplicación de sellos, empaques, teflón, cambio de aceite de compresor y la fabricación de piezas de ladrillo como el cono del quemador, e introduciendo a su vez mejoras en cuanto al cálculo de material refractario e insulación, lo cual se mencionará más adelante de una forma más detallada.

Figura 24. **Material refractario y empaques tipo baffle, CB 200 HP**



Fuente: instalaciones taller SIDASA.

En las imágenes anteriores se muestra (1) el proceso de colocación de material refractario y (2) empaque tipo baffle (3) remachado a la puerta frontal e (4) intermedia de una caldera Cleaver Brooks de 200 HP, como parte de un servicio mayor.



#### 4.1.2. Inspección y chequeo en partes principales de instrumentación en calderas

El instrumental se refiere a todos los componentes necesarios para regular, controlar y mantener una operación segura, además de económica y confiable en cuanto a presión, temperatura, flujo, cantidad y calidad de vapor en la caldera. Se mencionan a continuación algunos a partir de los cuales dependerá el buen funcionamiento en torno al equipo:

- Quemador de aceite: este desempeña una de las funciones más importantes dentro del funcionamiento de la caldera, ya que está compuesto de partes como el registro, manómetro de presión, entrada de combustible, entrada de aire, estabilizador de aire, inyector, boquilla del combustible, electrodo de ignición, entre otros. Es el encargado de proporcionar la llama a la caldera que da paso a la operación de la misma.

Figura 25. **Conjunto del quemador**

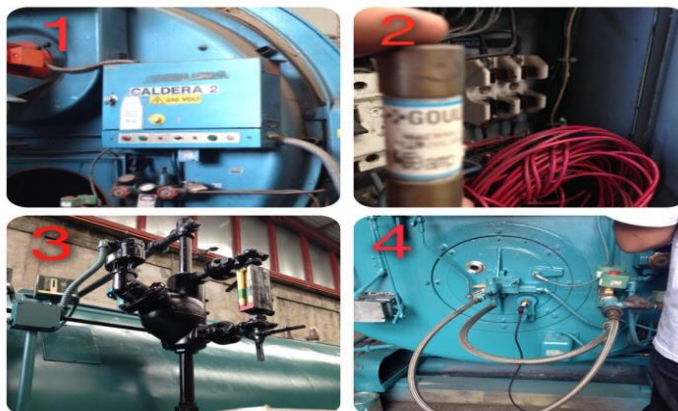


Fuente: instalaciones taller SIDASA.



- Ejecución:(1) se llevó a cabo el desmontaje del quemador, incluyendo sus componentes internos, realizando limpieza en estos, además de los ajustes necesarios para un buen funcionamiento, (2) llevando a cabo pruebas antes y después de realizada la tarea en cuanto a la presión de operación requerida (observada en manómetro), (3) funcionamiento de la llama por medio de la fotoled encargada de mandar una señal al relevador de llama (respondiendo después del periodo de prueba a la llama principal), (4) hasta una graduación manual de la cantidad de aire-combustible respecto de su modulación, que dependerá del tipo de carga, a través de una serie de tornillos conectados por medio del brazo correspondiente al sistema articulado del motor modulador.
- Luces indicadoras ubicadas en el panel de control en la parte frontal de la caldera: son las encargadas de proporcionar los avisos previos al mal funcionamiento, falla o variación en la operación normal de algunos componentes como válvula de combustible, llama, columna de agua y demanda de carga.

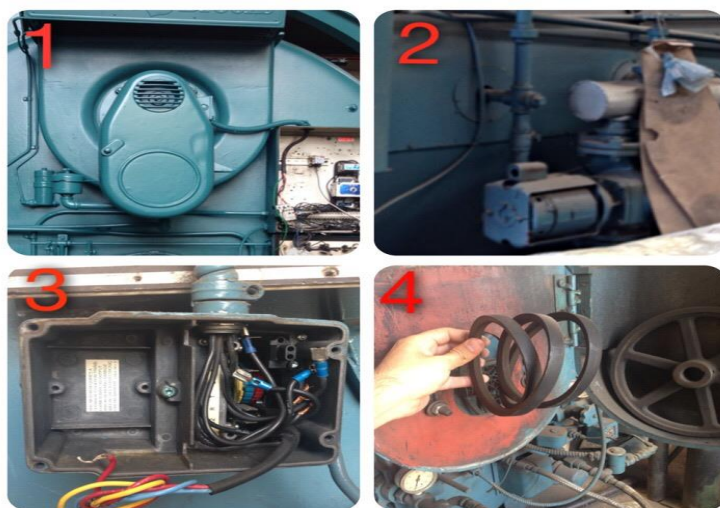
Figura 26. **Panel de control y sus aplicaciones**



Fuente: instalaciones taller SIDASA.

- Ejecución: (1) panel de control: (2) se realizó la inspección y corrección necesaria de componentes básicos en el interior de este (cables, conexiones, fusibles y resistencias) que llegarán a afectar en algún momento la lectura o señal de aviso de aspectos irregulares en la caldera, por ejemplo, (3) bajo nivel de agua observado en la columna o (4) fallo en la llama, entre los más importantes.
- Introducción de aire al sistema: al contar con distintas finalidades en la aplicación de aire, también se dispone de diferentes métodos para cada función, al referirse al uso de un ventilador y un compresor, que como se sabe son dispositivos encargados de proporcionar la inducción de aire al sistema, aunque de manera independiente uno respecto del otro, debido a las diferentes aplicaciones, haciendo uso del aire producido por el ventilador para la combustión, y al generado por el compresor, para la atomización.

Figura 27. **Anclaje, mecanismo y conexión en los motores**



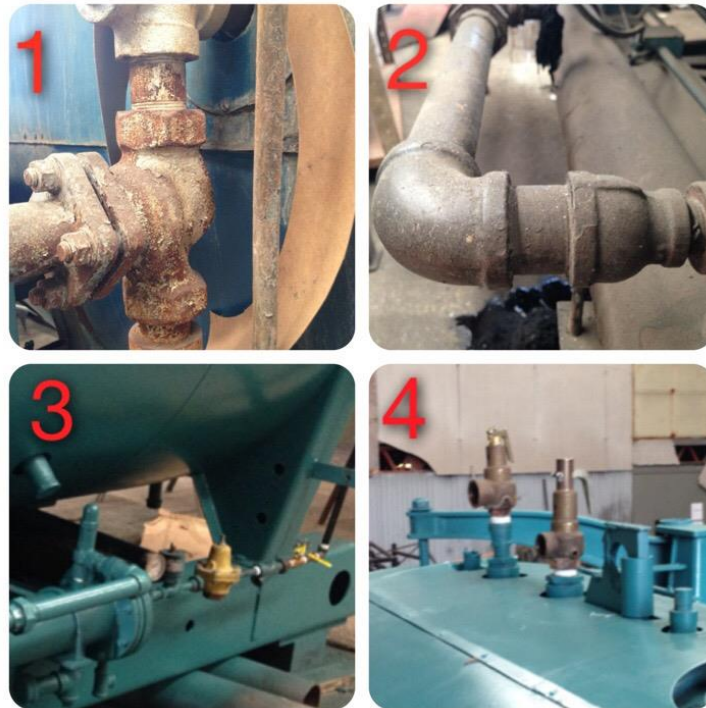
Fuente: instalaciones taller SIDASA.

Ejecución: (1) se desarrolló una inspección, visual, auditiva y táctil en el funcionamiento del motor que impulsa el ventilador para conocer el desarrollo en cuanto a las revoluciones, descartando la posibilidad de vibración, fricción o cualquier otro tipo de anomalías. (2) Se realizaron pruebas de anclaje, funcionamiento y acople en el conjunto motor-compresor, ya que la mayoría de calderas de gran capacidad suelen ser del tipo abierto o semihermético, lo cual podría dar lugar a vibraciones por cuestiones de desnivel, mala instalación o falla en los rodamientos.

Además se realizaron en el mismo, programas de purga por acumulación de humedad en el depósito del compresor. (3) Se revisaron las conexiones eléctricas del motor que acciona dichos mecanismos. (De forma adicional a esto se chequearon los conductos de circulación de aire). (4) Se efectuaron inspecciones en los mecanismos polea y faja, tomando en cuenta el estado, tiempo de uso y tensión para la segunda.

- Instalaciones y accesorios de la caldera: estos son los componentes necesarios en una caldera, sin los cuales la producción de vapor sería nula, ya que son los encargados de trasladar, regular y proporcionar los elementos fundamentales como agua, aceite, combustible y aire al resto del equipo, para la producción de vapor.

Figura 28. **Instalaciones y accesorios en calderas**



Fuente: instalaciones taller SIDASA.

- Ejecución: (1) se proporcionó la limpieza a tuberías, válvulas, juntas y accesorios que contuvieran alto grado de oxidación o corrosión, llevando a cabo incluso la sustitución, de presentarse de forma excesiva, (2) además de chequear y corregir cualquier tipo de fuga de agua, combustible o aire, a modo de lograr la estanqueidad requerida en las instalaciones. (3) Se realizaron instalaciones de manera adecuada, que contaran además de su buen funcionamiento, con áreas de trabajo limpias y seguras para los operarios, como en el caso del control de aceite, el cual es una muestra clara de un conjunto completo de instalación, al contar con un manómetro, regulador y válvula. (4) Por último también se verificó la condición y buen

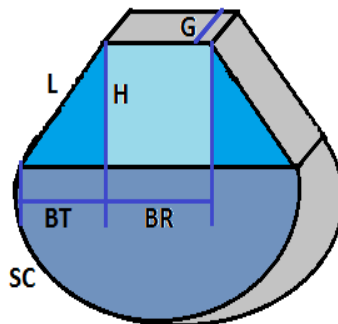
funcionamiento de válvulas, por ejemplo las de seguridad, que como todas, desempeñan papeles importantes dentro de la instalación.

#### 4.1.3. Cálculo de refractarios

El uso de materiales refractarios en calderas acude a la necesidad e importancia de mantener y proporcionar una operación correcta, segura y eficaz en cuanto a factores como: choque térmico, abrasión, erosión y ataque químico, que puedan producirse en el interior de la misma. Al existir una variedad de diseños de calderas y combustibles, el uso de refractarios puede variar considerablemente; es por ello que a continuación se presenta una serie de procedimientos matemáticos propuestos y utilizados en el cálculo de dicho material, principalmente durante el desarrollo de servicios mayores.

Cálculo de volumen refractario para puerta:

Figura 29. **Cálculo de volumen refractario para puerta trasera de caldera York Shipley**

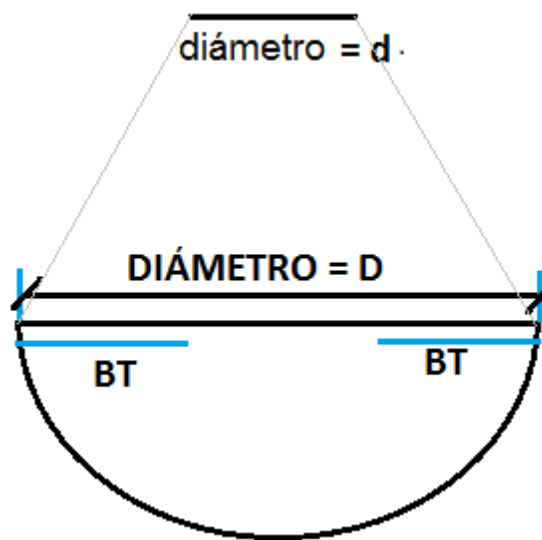


G: grosor; L: diagonal lateral; H: altura de segmento triangular;  
BT: base triangular; S: segmento circular; BR: base rectangular

Fuente: elaboración propia.

- Paso 1 (cálculo de BT): teniendo el diámetro total de la base de forma de segmento circular de la puerta de la caldera, puede conseguirse el valor para la BT de la siguiente manera:

Figura 30. **Cálculo de la base triangular a partir del diámetro total de la base**



Fuente: elaboración propia.

$$BT = \frac{D - d}{2}$$

- Paso 2. Cálculo de H: contando con el valor de BT por medio de la ecuación anterior se procede a encontrar el valor de H de la siguiente manera:

$$H = \sqrt{L^2 - BT^2}$$

- Paso 3. Cálculo de área de triángulo y rectángulo:

Área del triángulo:  $A_t = B_T \times H$

Área del rectángulo:  $A_r = B_R \times H$

Contando con los datos obtenidos por las dos ecuaciones anteriores se puede encontrar el área total de la figura (cuerpo trapezoidal de la puerta), haciendo una suma de áreas del triángulo y el rectángulo:

$$A(\text{trapecio}) = A_t + A_r$$

Nota: también se puede resumir el paso 3 utilizando una fórmula directa para encontrar el área del trapecio, sin tener que averiguar la del triángulo y rectángulo por separado, de la siguiente manera:

$$A(\text{trapecio}) = \frac{(B + b) \cdot H}{2}$$

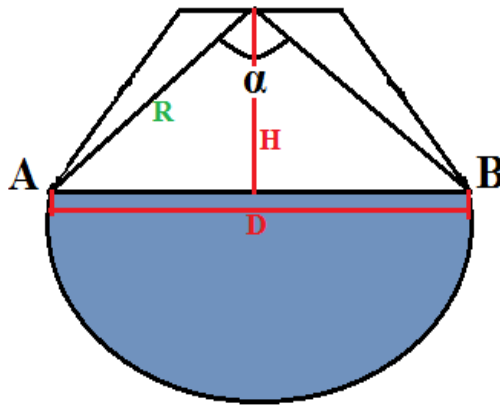
- Paso 4. Volumen segmento 1: teniendo el área 1 correspondiente al trapecio se puede encontrar el volumen de este segmento, utilizando la siguiente ecuación:

Volumen 1:

$$V_1 = \left[ \frac{(B + b) \cdot H}{2} \right] \cdot G$$

- Paso 5. Área del segmento de círculo:

Figura 31. **Diseño para encontrar el área del segmento del círculo**



Fuente: elaboración propia.

Este segmento (sombreado) se consigue a través del empleo de la siguiente ecuación:

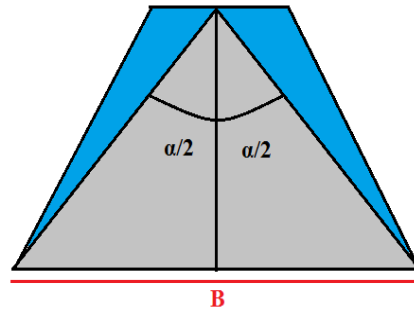
$$A = \frac{(R^2 \cdot \pi \cdot \alpha)}{360} - A(\Delta AOB)$$

Nota: R se refiere al radio del segmento circular (AoB) el cual NO es un semicírculo, por lo cual deberá tomarse en cuenta el radio de una circunferencia completa, que deberá ser medido en el momento de realizar los apuntes necesarios de las dimensiones de la caldera.



Encontrando el área (AoB):

Figura 32. **Diseño para encontrar el área (AoB)**



Fuente: elaboración propia.

Teniendo conocimiento de los datos necesarios para encontrar el valor del área (AoB), se utiliza la siguiente ecuación:

$$A (AoB) = \frac{B \times H}{2}$$

Se pudo observar en la ecuación correspondiente al área de un segmento circular, que es necesario conocer los valores de  $\alpha$  y  $R$ , por lo cual se procede de la siguiente manera:

- Con base en la figura anterior, se sabe que el valor medio de  $B$  es  $B/2$ , el cual se utilizará para trabajar un triángulo rectángulo y por medio de la tangente encontrar el valor de  $\alpha$ .

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}(\alpha/2) &= \left[ \frac{B/2}{H} \right] \\ (\alpha/2) &= \operatorname{tg}^{-1} \left[ \frac{B/2}{H} \right] \end{aligned}$$

$$\alpha = \left\{ \operatorname{tg}^{-1} \left[ \frac{B/2}{H} \right] \right\} \cdot 2$$

Contando con los datos necesarios mostrados en la figura, se procede a encontrar el valor de R:

$$R = \sqrt{H^2 + (B/2)^2}$$

- Paso 6. Sustitución de datos en ecuación de segmento circular:

Ecuación segmento circular:

$$A = \frac{(R^2 \cdot \pi \cdot \alpha)}{360} - A (\Delta A o B)$$

Sustituyendo y despejando datos:

$$A = \frac{\left[ \left( \sqrt{H^2 + (B/2)^2} \right)^2 \cdot \pi \cdot \left\{ \operatorname{tg}^{-1} \left[ \frac{B/2}{H} \right] \right\} \cdot 2 \right]}{360} - \frac{B \times H}{2}$$

Entonces el volumen de dicho segmento se consigue por:

Volumen 2:

$$V_2 = \left\{ \frac{[(4H^2 + B^2) \cdot \pi \cdot (\operatorname{tg}^{-1} B/2H) - 360 BH]}{720} \right\} \cdot G$$

- Paso 7. Obtención del volumen total:

$$V_T = V_1 + V_2$$

Nota: Tomar en cuenta que estos datos deben trabajarse en un mismo sistema de unidades de medida. Es recomendable hacerlo en el sistema inglés (pies) para facilitar averiguar el número de sacos de cemento de insulación *super kast-set* que se necesitan para dicha tarea (saco *super kast-set* = 55 lbs. = 0.44 *pies*<sup>3</sup>).

- Paso 8. Obtención de número de sacos:

$$\# \text{ de sacos} = \frac{V_T}{0,44 \text{ pies}^3}$$

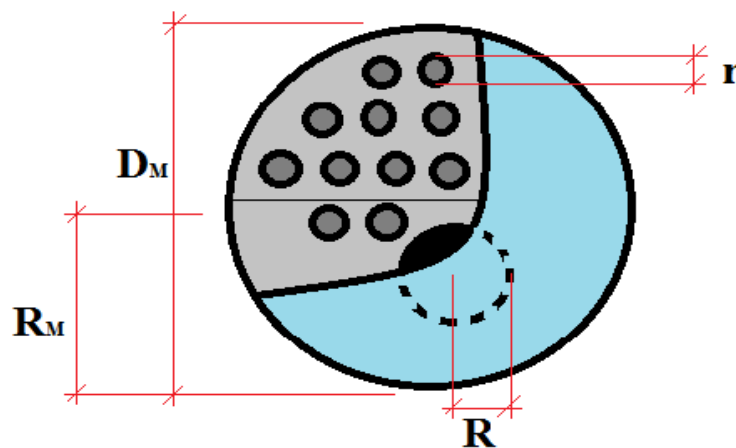
Donde  $V_T$  está dado en *pies*<sup>3</sup>

#### **4.1.4. Cálculo y aplicación de material absorbente para la paralización extendida en una caldera**

Muchas veces equipos como las calderas son utilizados para la calefacción, cargas estacionales o servicios de reserva, que pueden llegar a tener periodos estacionarios extensos, por lo cual es recomendable prestar la atención pertinente en cuanto a la prevención de corrosión y deterioro en las cargas de combustión y componentes internos, llevando a cabo programas de limpieza para eliminar incrustaciones, depósitos, hollín y principalmente la humedad por medio de materiales absorbentes como la cal viva.

Debido a este tipo de situaciones y a la necesidad de eliminar la humedad de sus componentes internos como factor principal de deterioro de los mismos, es que se ejecuta el proceso de aplicación de cal viva en cantidades correctas, según manual de fabricante, que es uno de los métodos más fiables en la eliminación de esta y la conservación del equipo a un bajo costo, llevando a cabo el siguiente procedimiento para conocer el número de libras aplicables para cada tipo de caldera:

Figura 33. **Cálculo de libras aplicables para cada tipo de caldera**



Fuente: elaboración propia.

Donde:

$D_m$  = diámetro mayor o diámetro de la caldera

$R_m$  = radio mayor o radio de la caldera

$R$  = radio del quemador

$r$  = radio de los tubos de fuego

- Paso 1: Cálculo de volumen del cuerpo de la caldera:

$$V_T = \pi \cdot Rm^2 \cdot L$$

Donde L es correspondiente a la longitud del cuerpo de la caldera.

- Paso 2: Factor de conversión a pies<sup>3</sup>:

Regularmente las medidas son tomadas en pulgadas, pero para facilitar el proceso en la obtención de número de libras de cal es mejor trabajar cada volumen en pies<sup>3</sup>, planteando a continuación la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Volumen en pulgadas}^3}{1728} = \text{Cantidad de pies}^3$$

Paso 3. Cálculo de volumen unitario de tubos fuego:

$$V_u = \pi \cdot r^2 \cdot L$$

Paso 4. Cálculo de volumen total de tubos fuego:

$$V_{TF} = V_u \cdot \# \text{ de tubos}$$

Paso 5. Cálculo de volumen del quemador:

$$V_q = \pi \cdot R^2 \cdot L$$

Paso 6. Cálculo de volumen real:

$$V_R = V_T - V_{TF} - V_q$$

Paso 7. Cálculo de libras de cal:

$$\# \text{ lbs} = \frac{V_R}{3} \times 2$$

Nota: según especificaciones del manual de fabricante, deben colocarse 2 libras (0,9 kg) por cada 3 pies<sup>3</sup> (85 litros) de volumen.

Figura 34. **Material absorbente y sus puntos de aplicación**



Fuente: taller SIDASA.

Se muestran los sacos de cal (1) empleados para este proceso: luego la tapa de *man hole* (2), donde en su interior sobre una bandeja se coloca la cal (3) Se puede ver otro de los espacios disponibles para la colocación de cal, como los *hand hole* (4). Por último se observa el espacio del quemador, donde también se colocan varios recipientes con este material.

#### **4.2. Bombas**

Descripción general:

- Tipo de bomba: centrífuga de alta presión
- Número de etapas: 5
- Línea: VVKL Malmedi – Hidromac
- Caudal: hasta 2200 Gpm - 500 m<sup>3</sup>/H
- Elevación: hasta 300 metros
- Descarga: 1" hasta 3"
- Aplicación: utilizada para acueductos, alimentación de calderas, riego, circulación, condensados, producción de agua a presión, circulación de agua caliente y sistemas contra incendio.

Figura 35. **Bomba**



Fuente: MALMEDI-HIDROMAC. *Catálogo de productos MALMEDI - HIDROMAC 60 HZ.* p. 5.

#### **4.2.1. Mantenimiento a bomba de alta presión de 5 etapas**

Como cualquier otro servicio de mantenimiento, este tipo de equipos, y máxime a nivel industrial, requieren de constantes inspecciones y chequeos en cuanto al buen desarrollo y funcionamiento de sus componentes, ya que de esto dependerá la obtención de resultados positivos que a largo plazo proporcionen el cumplimiento de sus funciones.

#### **4.2.2. Tipo de falla**

Sujeto a causas como falta de mantenimientos preventivos, mala instalación, mala ejecución en su funcionamiento, etc. Estas bombas pueden llegar a presentar fallas, como ausencia de presión, disminución de flujo,



consumo elevado de potencia, deterioro acelerado en sus componentes, vibración y corto tiempo de vida en rodamientos, entre otros, dando lugar a la inmediata ejecución del mantenimiento correctivo, en el cual se encontrarán las causas de este tipo de fallas, donde posteriormente se dará solución a las mismas.

Figura 36. **Bomba de alta presión de 5 etapas VVKL Malmedi – Hidromac**



Fuente: instalaciones taller SIDASA.

Ejecución: en este caso se presentó (1) una bomba centrífuga de alta presión con 5 etapas, la cual contaba con el inconveniente de caída en la presión que a su vez reducía también su flujo, (2) donde después de retirada y previo a realizar el mantenimiento correspondiente, se procedió a efectuar el

chequeo de componentes externos, realizando marcas en estos para proporcionar pronto el buen ensamblaje de la misma.

En el punto (3) también se dio lugar al análisis de la plaqueta que describía el funcionamiento de la bomba, para proceder de una mejor manera en la búsqueda de su falla, tomando en cuenta factores como la potencia del motor de accionamiento (30 HP). (4)

Por último se encontraron marcas que mostraban la mala colocación en el ensamblaje de cada una de sus fases de impulsión, notando un evidente desnivel en su colocación, llegando a la conclusión que esta había sido chequeada y ensamblada anteriormente, de manera incorrecta.

#### **4.2.3. Desmontaje**

El proceso de desmontaje se refiere al despiece mecánico que se practica al conjunto de partes que componen la bomba, con el fin de realizar un análisis profundo en cuanto al estado y funcionamiento total de esta.

Al llevar a cabo el método correcto en la ejecución de dicha tarea y contando con las herramientas necesarias para el mismo, se procede a retirar de manera ordenada cada uno de sus componentes, para luego realizar su inspección y localización de falla.

Figura 37. **Desmontaje de piezas de la bomba**



Fuente: instalaciones taller SIDASA.

Ejecución: (1) Al llevar a cabo el desmontaje de los componentes de la bomba se presentaron algunas dificultades como la extracción de algunos impulsores del eje, ya que las cuñas encargadas de su sujeción, se encontraban un tanto adheridas a estos. (2) Una vez extraídos los impulsores se procedió a realizar una inspección minuciosa en cuanto al estado general de estos. (3) Previo al desmontaje, también se realizaron marcas en las carcasas de cada impulsor, indicando el número de etapa y su sentido. (4) Por último, luego de retirar todas las piezas del eje de la bomba, se procedió a colocar todas estas a lo largo de un tubo de manera ordenada, como medida de prevención por cuestiones de extravío.

#### 4.2.4. Revisión de sus componentes

En este punto se efectúa una inspección visual sobre el estado físico de cada una de las piezas que integran el cuerpo de la bomba, con el fin de encontrar anomalías que pudieran llegar a influir considerablemente en el funcionamiento y desempeño de la misma, nombrando algunos como deterioros por desgaste, rotura, desfibramiento mecánico, entre otros.

Figura 38. Revisión de los componentes de la bomba



Fuente: instalaciones taller SIDASA.

Ejecución: (1) en el chequeo de componentes se encontraron algunas marcas particulares, especialmente en las carcasas de succión, intermedia y de descarga, donde técnicos anteriores daban a entender una mala revisión al utilizar los términos como “sin revisar” o “limpiar”. (2) Se revisaron los álabes fijos en la estructura de fundición gris de las carcasas para descartar cualquier

tipo de daño en su interior. (3) Además de la revisión se llevó a cabo la limpieza de los impulsores empleando agua a presión. (4) Se identificó, chequeó y limpió la estructura del impulsor central que como puede verse en la imagen cuenta con una estructura diferente al resto.

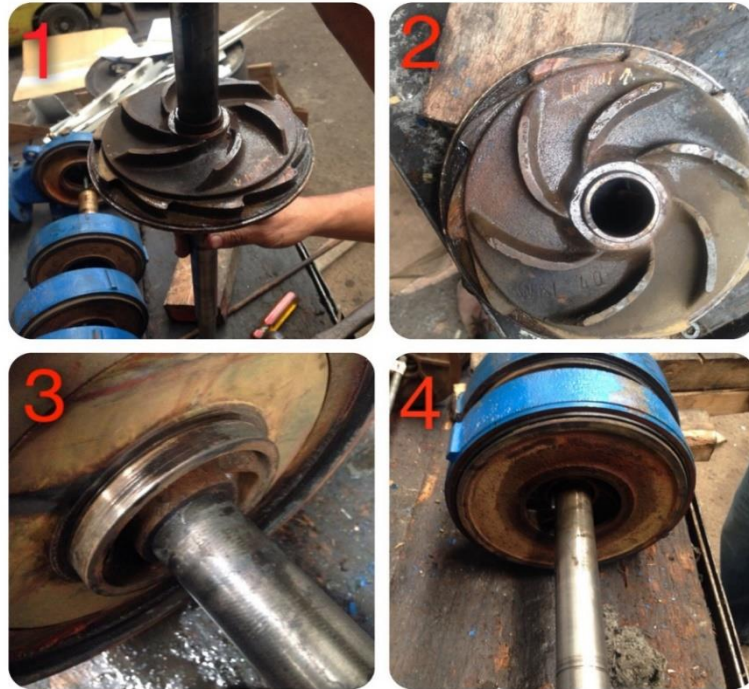
Posteriormente al desmontaje del conjunto de estopero, estopa y prensa-estopa (5) se verificó la condición de este, no encontrando mayor defecto en ninguno de ambos (carcasa de succión y descarga). (6) Se encontró notorio desgaste (común) en el sector de rodamientos y sellos mecánicos, sobre el eje. (7) Se muestran en la figura marcas de desgaste en *bushing* encontradas debido al rozamiento con retenedor de prensa-estopa. (8) Se encontró rebaba metálica en el interior de *bushing* por aparente contacto en uno de sus bordes con impulsor número 2 de la bomba. (9) Se encontró que el seguro del rotor no era exactamente de la medida requerida, ya que presentaba una mayor holgura, por lo cual se procedió a hacer el cambio respectivo.

#### **4.2.5. Localización de la falla**

Después de realizada la inspección a fondo de los componentes de la bomba, se encontró una protuberancia irregular en la fundición de una de sus carcasas, la cual interrumpía el libre desarrollo de movimiento giratorio de su impulsor, haciendo contacto con los álabes de este, lo que dio lugar al desgaste y generación de vibración en su momento.

Debido a que dicha falla se encontraba en la carcasa central, además de proporcionar el daño al impulsor, se supuso generaba en su interior un cambio en el tipo de flujo, pasando de uno continuo y ordenado como el laminar, a uno turbulento, provocando la caída de presión y una notable reducción en la entrega a la salida de la bomba.

Figura 39. **Localización de la falla en la bomba**



Fuente: instalaciones taller SIDASA.

En la figura se muestran: (1) el impulsor de la carcasa central, (2) el notorio desgaste en algunos de sus álabes, (3) el desgaste por fricción en uno de los lados del rotor y (4) la mala fundición de la carcasa, mostrando la protuberancia en la misma.

#### **4.2.6. Toma de decisiones**

Después de encontrada la falla en el interior de la bomba se contó con dos opciones por parte de los superiores de la empresa:

- La aplicación de garantía por parte de la empresa HIDROMAC S. A. ubicada en Barranquilla, Atlántico. Debido a que esta bomba contaba

únicamente con 3 meses de haber sido instalada y puesta en funcionamiento en empresa ajena a SIDASA.

- Dependiendo de la respuesta de dicha empresa, se procedería a llevar a cabo una rectificación en una de las caras de la carcasa por medio de un torno, realizando después de esto un periodo de prueba para analizar su funcionamiento y tomar la decisión de hacer el cambio de impulsor en conjunto con la carcasa de ser necesario.

#### **4.2.7. Ensamblaje de la bomba**

Luego de realizado el desmontaje, chequeo, búsqueda de falla y haber tomado una decisión concreta en cuanto al procedimiento a seguir, se realizó el ensamblaje de piezas y componentes de la bomba, haciendo uso de los materiales y herramientas necesarias para el mismo, contando con las debidas precauciones en su desarrollo, poniendo a prueba este con la práctica de giro del eje, haciendo uso únicamente de las manos.

#### **4.3. Válvulas y accesorios**

Después de hacer referencia al desempeño en el buen funcionamiento en cuanto a calderas y bombas, este capítulo tratará sobre el buen accionamiento, selección e instalación de accesorios, necesarios para el control, trasmisión y manejo, de diferentes tipos de flujos.

Se hará referencia al vapor y condensado como los tipos de flujo mejor indicados para el desarrollo de esta práctica; se mencionarán a continuación algunos de los procesos utilizados en la ejecución de esta.

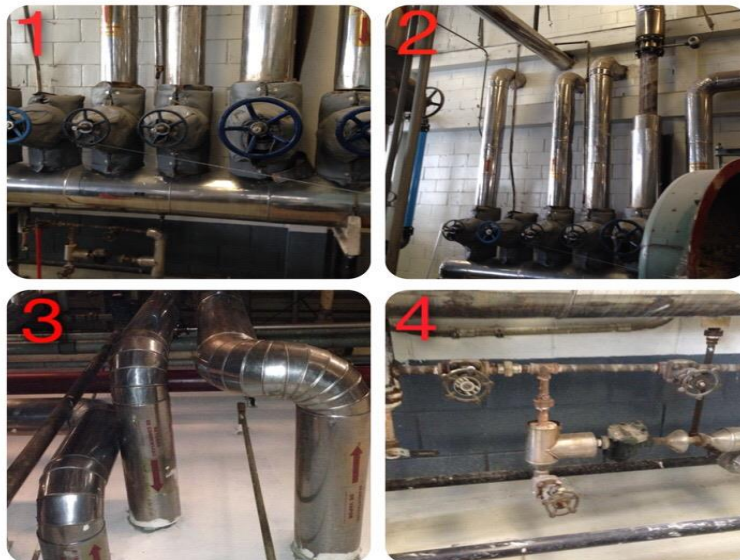


#### 4.3.1. Instalaciones típicas en líneas de vapor y condensado

El empleo de válvulas, llaves, codos y otros accesorios, al igual que las tuberías, son fundamentales o necesarios para transmitir el vapor generado por una caldera, ya que depende del uso de estos, el proporcionar un mayor control en cuanto al manejo, retención, fluidez, regulación y purga en los puntos donde se requiera.

Durante el desarrollo de la práctica referente a esta área, realizada dentro de las instalaciones de empresa dedicada a la producción de frituras, surgieron algunos desperfectos, como malos diseños que afectaban directamente el sobreconsumo de vapor y el mal aprovechamiento en recuperación y retorno de condensados; por ello se llevaron a cabo pruebas y chequeos de mantenimiento, además de algunas modificaciones.

Figura 40. Instalaciones típicas en líneas de vapor



Fuente: instalaciones de Frito Lay.



Ejecución: (1) En el cuarto de máquinas se pudo encontrar el Manifold de distribución de vapor, procedente de las calderas, el cual como se puede ver en la imagen, contaba con cinco salidas precedidas por válvulas de globo que regulaban, permitían o impedían el paso del flujo a través de los tubos que contaban con un enchaquetado de acero inoxidable con relleno de fibra de vidrio para un mejor aislamiento de temperatura, el cual tuvo que ser retirado para el chequeo de las válvulas y ensamblado nuevamente. En la imagen se muestra la distribución de los tubos hacia el interior del área de producción (2). Se pudo observar la entrada (3) de las dos líneas principales de vapor dirigidas hacia las cocinas 1 y 2, además de la tubería de retorno de condensado.

Se muestra el sistema de trampeo correspondiente al Manifold principal (4), compuesto por una bota de liberación de condensado de 3", 2 uniones universales, 2 válvulas de mariposa, 1 reductor, 1 trampa de vapor y una válvula de globo, siendo los elementos indispensables para el buen desarrollo en el procedimiento de chequeo de condensados. Correspondiente a esto se mencionó una típica instalación en el área de Manifold de distribución en líneas de vapor, independientemente al uso y tipo de tareas que estas desempeñen más adelante.

#### **4.3.2. Chequeo y prueba de funcionamiento en accesorios**

Aquí se analizan las observaciones y pruebas realizadas a sistemas de trampeo y conducción de vapor a través de las instalaciones.

Figura 41. **Accesorios en líneas de condensado y vapor de marmita**



Fuente: instalaciones Frito Lay.

Ejecución: (1) la entrega de vapor por parte de la línea principal llegaba sin ningún problema a la cocina 1, donde el vapor era utilizado por un mecanismo tipo espiral de cobre en el interior del depósito tipo marmita, para efectuar el calentamiento de aceite vegetal empleado en el cocimiento de granos.

Se chequearon las uniones y soldaduras de este componente tipo espiral, así como el funcionamiento del conjunto sifón-manómetro, establecido en 85 psi.

La parte externa inferior (2) de la olla de cocimiento, estaba compuesta por dos sistema, el de entrega de vapor y el de retorno de condensados, los cuales contaban con una instalación compuesta de válvulas de bola, filtros, reguladores de vapor, flanges y manómetros que median la temperatura.

A lo largo de la instalación se encontraron varias trampas de vapor tipo cubeta y flotador (3), las cuales se chequearon en cuanto a su funcionamiento para evitar la inundación de condensados en las líneas de alimentación, si presentaba una falla se chequeaba que componentes internos como cubeta y asiento de la misma, contaran aún con un buen ajuste libre de holguras.

Se verificó el buen funcionamiento, tanto de reguladores de presión, como de los manómetros a la entrada y salida del mismo, (4) precedidos por válvulas de paso, con el fin de abrir o cerrar únicamente cuando fueran utilizados en la toma de datos.

#### **4.3.3. Desempeño**

Gracias al empleo de tuberías y accesorios, el aprovechamiento del vapor generado por calderas vas más allá del empleo de este en una sola área o tarea, ya que además de ser un medio práctico, efectivo y útil, ofrece la ventaja de poder desplazarlo hasta grandes distancias, sin sufrir pérdidas en el sistema.

Figura 42. **Instalaciones en central de aceite**



Fuente: instalaciones de Frito Lay.

Ejecución: (1) otra de las líneas de vapor procedentes del Manifold principal se dirigía hacia una estación que contaba con 5 depósitos de forma cilíndrica fabricados de acero inoxidable, en los cuales se contenía el aceite vegetal utilizado para los procesos de cocina.

Estos depósitos también contaban con un sistema de trampeo en su parte inferior en los cuales se desarrollaron pruebas en su funcionamiento y toma de datos en cuanto a presión.

Estos depósitos (2) contaban con un sistema individual encargado del precalentamiento del aceite en su interior, el cual a su salida, para mantener dicha temperatura, contaba con tuberías recubiertas por un espiral fabricado de cobre de 3/8", que haciendo uso del vapor, recorría las mismas hasta el lugar de la entrega del aceite.

En este tipo de instalación se realizó el recorrido para verificar que dicho espiral térmico no se viera interrumpido en algún momento, descubriendo que este solo funcionaba hasta cierto punto de la longitud total de la tubería ya que se encontraba quebrado y mostraba el desaprovechamiento e inutilidad de la instalación, pero a su vez el buen funcionamiento de las estaciones de paso, compuestas por un cheque, una trampa y una válvula de paso, encargadas de abrir o cerrar por sectores, el paso del vapor.

Cada mecanismo de precalentamiento en la estación de tanques de aceite (3) era alimentada por la línea principal de vapor, pero de manera seccionada, de modo que cada uno de los 5 tanques contaba con su propio sistema de regulación o bloqueo al paso de vapor, previsto para situaciones donde no fuera necesario, en alguno de estos. En este se chequearon las válvulas de paso a la salida, y a la entrada en la parte superior de cada tanque. (4) Para los distribuidores de vapor en los conductos de cobre se contaba con un regulador de presión, precedido por un filtro.

Se encontró que a la salida del correspondiente al tanque número 2, la llave de paso se encontraba cerrada, luego de seguir esta línea del espiral, se encontró que el tubo de cobre se encontraba doblado y esto no hacía posible la circulación del vapor, corrigiendo con un alicate la estructura de este, se procedió a abrir el paso de nuevo al fluido.

Al fondo (5) puede observarse que la válvula encargada de liberar el condensado de manera manual, arrojaba este directamente sobre el suelo, haciendo la observación y recomendación, de instalar una rejilla con algún tipo de ruta de evacuación o bien un balde que lo contuviera, esto con la finalidad de contar con un área de trabajo más limpia y libre de riesgo para los operarios.

#### **4.3.4. Modificaciones**

Durante el tiempo en que se estuvo en la empresa se manejó más allá de un programa de mantenimiento, una inspección general de las instalaciones, donde se llevaron a cabo pruebas de funcionamiento en sus componentes, además de realizar modificaciones que ayudaran a mantener un sistema más eficiente y libre de pérdidas, como:

- La colocación de sistemas de trampeo en algunos sectores, donde para realizar pruebas de funcionamiento se tenían que desmontar algunos accesorios en la tubería, mientras que al contar con este, era suficiente con abrir y cerrar algunas llaves y conectar una manguera directa a un balde para la toma de datos.
- La reducción en el diámetro de algunos tubos conductores de vapor, que además de encontrarse muy retirados al punto de entrega de este, daban lugar a una pronta y mayor acumulación de condensado y al uso de un mayor número de accesorios como trampas, reguladores, cheques y filtros.

#### **4.4. Estructuras**

Al dirigir la mirada a nuestro alrededor pueden encontrarse estructuras metálicas que van desde las más sencillas hasta las más complejas, ya que independientemente, ya sea con fines civiles, mecánicos o comerciales, por mencionar algunos, el uso del metal conforma ya gran parte del diario vivir; debido a su utilidad, eficiencia, precio, resistencia y durabilidad, proporciona las condiciones necesarias para su empleo en cualquier tarea.

En relación con el uso de estructuras en el ensamblaje de equipos de ahorro energético, se mencionan a continuación algunos de los aspectos básicos relacionados para su desarrollo como, el diseño, selección de materiales, análisis de tensión y carga, aprovechamiento de recursos, tipos de uniones, entre otros.

##### **4.4.1. Tipos de estructuras**

Independientemente de la infinidad de estructuras que pudieran llegar a existir, en este capítulo únicamente se hará referencia a las requeridas en la instalación de equipos de ahorro energético, como paneles solares y calentadores accionados por el mismo medio, haciendo énfasis en los datos, procesos, y materiales necesarios para su ejecución.

##### **4.4.2. Selección de materiales**

El tipo de materiales necesarios para el desarrollo de estas estructuras dependerá directamente de factores como la cantidad de paneles, la superficie de colocación, altura requerida y diseño en cuanto a la posición que estos ocuparán.

Ejecución: con ayuda de la ficha técnica de estos equipos se logró obtener la información necesaria para proceder a la selección del tipo de materiales que más convengan, para el desarrollo de las estructuras.

Debido al peso relativamente bajo de estos equipos (18.5 kg), se tomó la libertad de enfocarse en aspectos más importantes como la selección de materiales, pero con base en otros factores como: resistencia, durabilidad, economía y fácil maniobra.

Al final del análisis se tomó la decisión de llevar a cabo la estructura, haciendo uso de los siguientes materiales:

- Tubo cuadrado de hierro negro chapa 18 de 2"x2" para las patas
- Hembra de 1 ½" de grosor por 3/16" de ancho, para las platinas
- Hembra de ¼" de grosor por 4" de ancho, para riel de enganche
- Pernos galvanizados completos de 3/8" x 4" para enganchar patas
- Pernos de anclaje Hilti de 3/8" x 4" para las platinas
- Electrodo E- 7018 de 1/8" de diámetro
- Discos de corte para pulidora de 7"
- Discos de corte para cortadora de 14"
- Pintura anticorrosiva



Figura 43. **Materiales empleados en la fabricación de estructuras**

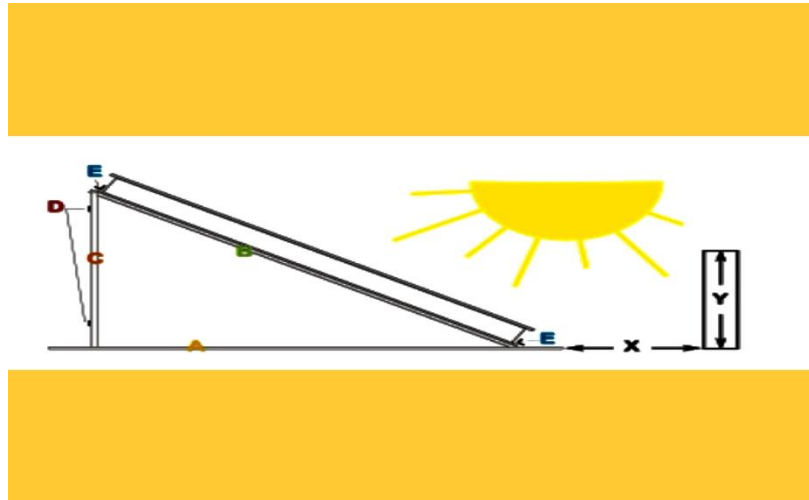


Fuente: instalaciones taller SIDASA.

#### **4.4.3. Diseño de la estructura**

Uno de los aspectos más importantes en el proceso de desarrollo de este tipo de estructuras, es el de diseñarla de manera correcta, con el fin de presentar estabilidad, seguridad y principalmente la inclinación adecuada para contar con un máximo aprovechamiento de luz solar, la cual dependerá de la latitud geográfica donde se realice la instalación (15° para Guatemala).

Figura 44. **Inclinación de la estructura**

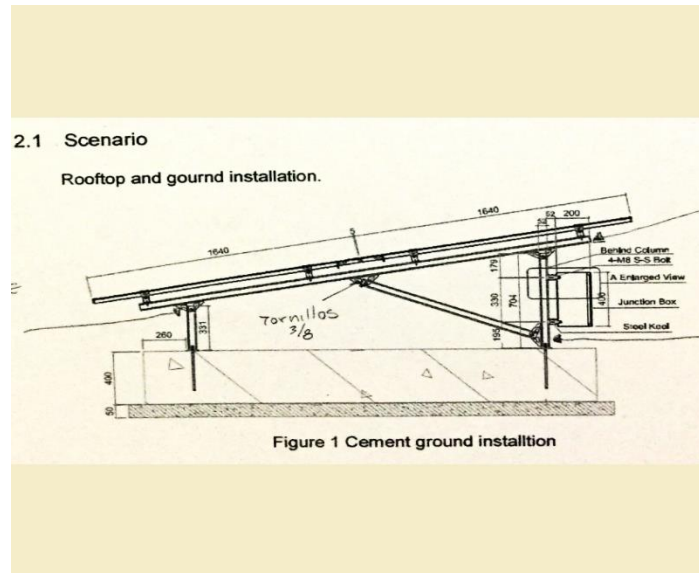


Fuente: MEGASUN HELIOAKMI S. A. *Manual de instalación y mantenimiento de equipos de ahorro energético* MEGASUN Helioakmi S. A., Nea Zoi, 19300. p. 9.

#### 4.4.4. **Cálculo de materiales y precios**

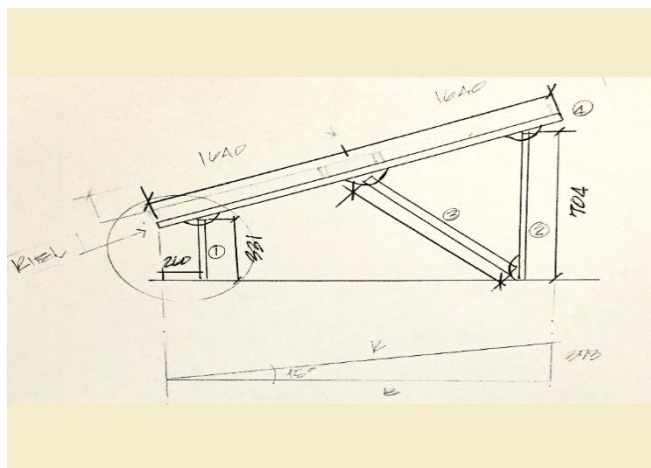
La cantidad de materiales requerida para este tipo de estructuras está a cargo del diseño de la misma. Tomando como referencia la estructura sugerida en el manual de instalación del equipo, se presentan a continuación los cálculos numéricos empleados en dicho proyecto:

Figura 45. **Diseño de estructura, según manual**



Fuente: MEGASUN HELIOAKMI S. A. *Manual de instalación y mantenimiento de equipos de ahorro energético MEGASUN Helioakmi S. A., Nea Zoi, 19300.* p. 9.

Figura 46. **Esquema de cálculos en estructura**



Fuente: elaboración propia.

Con base en la figura anterior se procede a encontrar los datos en ella enumerados:

Dato # 4:

$$\operatorname{sen} 15^{\circ} = \frac{373}{R}$$

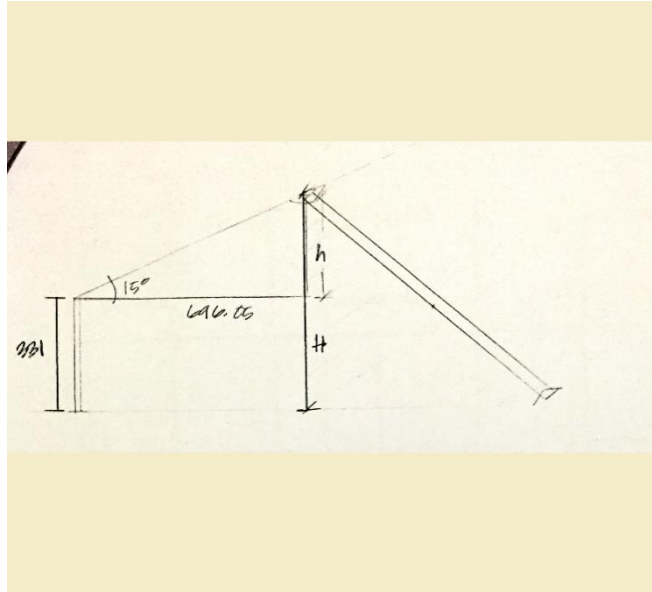
$$R = \frac{373}{\operatorname{sen} 15^{\circ}} = 1441,16 \text{ mm}$$

$$\tan 15^{\circ} = \frac{373}{B}$$

$$B = \frac{373}{\tan 15^{\circ}} = 1392,1$$

$$B/2 = 696,05 \text{ mm}$$

Figura 47. **Cálculo de longitud en parales**



Fuente: elaboración propia.

$$\tan 15^\circ = \frac{h}{696,05}$$

$$h = 696,05 \times \tan 15^\circ = 186,5 \text{ mm}$$

$$H = 331 + 186,5 = 517,5 \text{ mm}$$

Dato # 3:

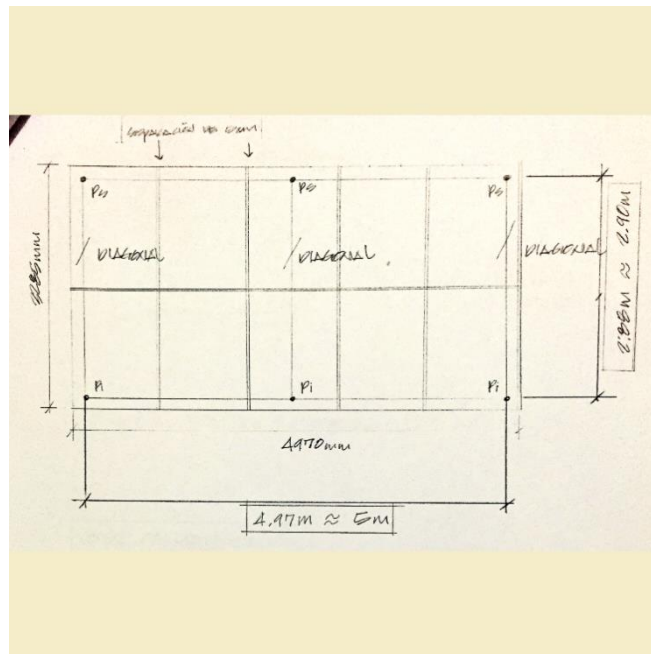
$$S = \sqrt{696,05^2 + 517,5^2}$$

$S = 867,35 \text{ mm}$
-------------------------

Dimensiones del panel:

1640 cm x 990 cm

Figura 48. **Plano de estructura total, asiento de paneles**



Fuente: elaboración propia.

Diagonal = 867,35 mm

3 diagonales por estructura

$$D = \frac{3 \times 867,35 \text{ mm}}{1000} = 2,60 \text{ m}$$

Pata superior = 704 mm

3 patas por estructura

$$P_s = \frac{3 \times 704}{1000} = 2,11 \text{ m}$$

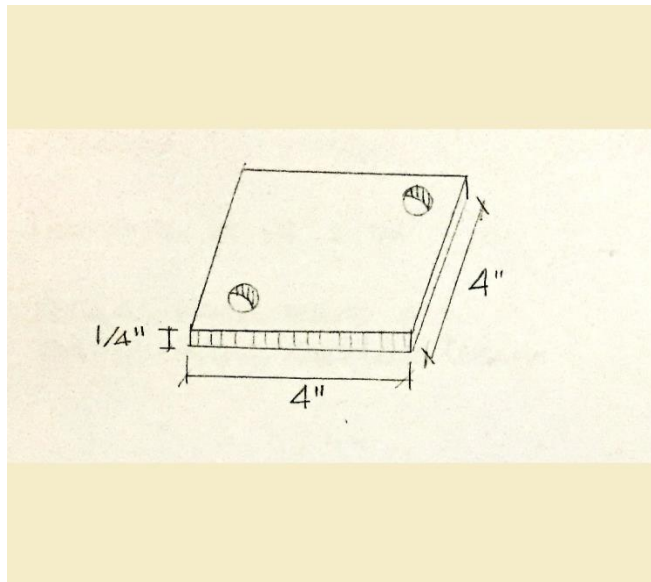
Pata inferior = 331 mm

3 patas por estructura

$$P_i = \frac{3 \times 331}{1000} = 0,993 \text{ m}$$

6 x 4" = 24" de longitud totales

Figura 49. **Diseño de platina**



Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Total de materiales por estructura**

<b>Cantidad</b>	<b>Material</b>	<b>Longitud total</b>
1	Tubo cuadrado chapa 18 de 2x2	13,60 $\cong$ 14 m
2	Hembra de 1 ½" x 3/16"	0,82 m
1	Hembra de 4" x ¼"	0,696 $\cong$ 0,61 m
12	Pernos Hilti 3/8" x 4"	12 unidades
4	Electrodo E-7018 de 1/8"	4 libras
12	Tornillos de galv. completos 3/8" x 4"	12 unidades

Fuente: elaboración propia.

#### **4.4.5. Ensamblaje**

Después de presentada la lista de materiales necesarios para la fabricación de la estructura se procedió a la cotización de los mismos, y una vez teniéndolos a disposición se dio inicio al proceso de ensamblaje, partiendo del corte, perforación y pulido de tubos y hembras, para dar paso por último a la unión de piezas, por medio de soldadura y pernos en algunos sectores.



Figura 50. **Fabricación de la estructura**



Fuente: instalaciones taller SIDASA.

#### **4.4.6. Instalación**

Después de terminada la estructura se procedió a su instalación, donde por medio de pernos de anclaje Hilti se fijaron sus bases a la superficie designada, tomando en cuenta en este punto la orientación, que será la principal encargada de que la irradiación solar sea aprovechada al máximo sin importar la estación del año, siempre y cuando no exista ningún tipo de obstáculo que se interponga de por medio.

Nota: la orientación óptima de los paneles para obtener un mayor rendimiento es hacia el sur, para lugares en el hemisferio norte y hacia el norte, para el hemisferio sur, permitiendo una desviación máxima en ambas, no mayor a 30° hacia el sureste.

## **5. FASE DE DOCENCIA**

En esta etapa se proporcionó el apoyo didáctico al área de taller, a partir de información recolectada a nivel de gerencia de la división de servicios, es decir, al grupo de técnicos que desempeñan la labor de proporcionar y desarrollar de manera correcta los servicios técnico-mecánicos para cada una de las áreas que en la empresa se manejan.

Desde otro punto de vista, en esta fase se procedió a la aplicación de programas de seguimiento técnico-laboral, en el cual se verificaron los desempeños, normas de seguridad, funcionamientos, eficiencias y cumplimiento de tareas asignadas, como parte de los factores más importantes al momento de prestar un servicio. En este proceso fue de suma importancia la comunicación establecida entre operarios, técnicos y superiores, para poder lograr en conjunto las disposiciones requeridas por la empresa, como política de integración en el que se involucraron cada uno de los procesos y propuestas, como métodos de cálculo numérico, cotización y desarrollo.

### **5.1. Objetivos de esta fase**

Hacer del conocimiento a la empresa y partes interesadas, sobre cada uno de los avances y factores importantes, los cuales se implementaron o modificaron en la búsqueda de una mejor presentación, desempeño y aprovechamiento de materiales referentes al área de servicios, de manera independiente al tipo de equipo con el que se estuviese trabajando en su momento (para fines del EPS se hizo énfasis en el área de calderas, bombas, válvulas, accesorios y estructuras).

## **5.2. Acciones a tomar**

A continuación se dan a conocer las acciones que se llevarán a cabo en relación con esta propuesta.

### **5.2.1. Presentación de resultados**

Se tomó en cuenta el propio interés de los integrantes de la empresa, involucrados en el proceso de obtención de resultados positivos, a partir de las modificaciones y propuestas brindadas durante el lapso de 6 meses correspondientes al EPS, por lo cual de manera pertinente se logró coordinar una reunión, con la finalidad de exponer a las partes interesadas, los beneficios del implemento de dichos procesos.

### **5.2.2. Capacitación al personal de la empresa**

Esta actividad debe ser coordinada en conjunto con la gerencia de la división de servicios y encargado de taller; quedó estipulado el día, hora y lugar en el que se informaría a los integrantes del taller sobre la forma en que debían recabarse los datos para la obtención de resultados a partir del uso de métodos numéricos, así como la interpretación de resultados para brindar la explicación justa sobre la notable mejora en los servicios.

## **5.3. Recursos**

- Colaboración por parte de la gerencia de servicios
- Participación de los técnicos del área de servicios
- Información de productos por parte del área de bodega
- Material impreso y manuales de equipo

- Catálogos de repuestos
- Fotografías de los equipos en servicio
- Experiencia por parte del personal
- Internet
- Acceso a la biblioteca de la empresa

#### **5.4. Programa de ejecución**

##### Calderas

- Introducción sobre generación de vapor y sus componentes.
- Descripción de materiales utilizados en servicios de mantenimiento a calderas.
- Con base en el manual proporcionado, se llevó a cabo la inducción de los métodos numéricos requeridos para la obtención de resultados en el cálculo de materiales, tanto refractarios como absorbentes, distribuyéndose de la siguiente manera:
  - Recaudación de datos con base en la capacidad de la caldera.
  - Toma de medidas en componentes de la caldera, especificados en el manual.
  - Sustitución de datos numéricos en ecuaciones.
  - Cálculo de volúmenes.
  - Con base en el volumen total encontrado, se procede al cálculo de materiales requeridos para los diferentes servicios (cemento de insulación, material refractario, libras de cal, entre otros).
  - Métodos de aplicación de los mismos.

#### Estructuras:

- Introducción sobre tipos de estructura existentes y su diseño.
- Factores de inclinación y cardinalidad tomados en cuenta en el desarrollo de estructuras para equipos de ahorro energético.
- Información sobre su colocación a partir de la posición geográfica en la que se deseen instalar.
- Capacitación referente a procedimientos numéricos para el diseño y cálculo de materiales necesarios para el tipo de estructura.
- Selección y cotización de materiales.

#### **5.5. Resultados esperados**

- Aprobación y aceptación de resultados por parte de Gerencia.
- La obtención de resultados positivos referentes a seguridad industrial por parte de los técnicos.
- Se estableció un ambiente agradable de confianza y respeto entre técnicos y superiores, logrando un gran avance en cuanto a la calidad de servicios prestados por los mismos.
- Se logró la aprobación y utilización de manuales de procedimientos numéricos, para el cálculo de materiales utilizados en los diferentes tipos de servicios a calderas.
- Satisfacción por parte de encargados del área de equipo de ahorro energético, por los procedimientos en el diseño de estructuras requeridas, para la instalación de los mismos.

## CONCLUSIONES

1. Gracias al uso de cálculos numéricos en el diseño y fabricación de estructuras para equipos de ahorro energético, se pudo obtener resultados positivos en cuanto al máximo aprovechamiento de luz solar para los mismos.
2. Debido a la constante generación de vapor, es posible que muchos componentes de la caldera sufrieran un deterioro, por lo cual a través de servicios de mantenimiento previamente programados, se pudo lograr el desempeño, eficiencia y ahorro requerido.
3. Al efectuar el cálculo de material refractario se obtuvieron resultados más exactos en cuanto a la cantidad a utilizar en el servicio, cotización del mismo y su aplicación.
4. Partiendo de una buena selección, instalación y accionamiento en cuanto a válvulas y accesorios utilizados en el manejo de flujos a través de tuberías, se pudo lograr la distribución, regulación y control de avance requeridos a lo largo de su recorrido.
5. Al encontrarse con la necesidad de desarrollar un programa más exacto sobre la aplicación de material absorbente para la paralización extendida de calderas, se pudo obtener resultados positivos a partir del uso de métodos numéricos, empleados en el cálculo del volumen y la cantidad de material requerida en su aplicación.

6. Gracias a procedimientos como inspección y desmontaje, para la reparación de bombas, tomando en cuenta factores como tipo de falla, despiece de la bomba, chequeo de partes y ubicación del problema, se obtuvo satisfactoriamente la su solución previa a su reinstalación.
7. Al establecer un ambiente de igualdad, respeto y convivencia, con la responsabilidad y compromiso en el cumplimiento de tareas asignadas, se logró la obtención de resultados positivos en cuanto al crecimiento personal y conjunto de la empresa.

## RECOMENDACIONES

1. Al gerente general de la división de servicios se sugiere proporcionar un mayor número de herramientas, ya que estas se encuentran limitadas en relación con el número de técnicos y demanda de trabajo.
2. Al personal encargado en la ejecución de servicios mayores a calderas se recomienda, tomar en cuenta aspectos importantes como la selección adecuada del tamaño de algunos materiales (empaques tipo baffle entre algunos), para evitar contratiempos en la ejecución de la tarea, teniendo que posponer su proceso al realizar el cambio.
3. También se sugiere realizar los cálculos necesarios en la aplicación de material absorbente en la paralización extendida de calderas, ya que cabe la posibilidad de que pueda incluso dañar algunos componentes debido a la falta o exceso en la aplicación de este.
4. A los técnicos que ejecutan el servicio a bombas de alta presión de varias etapas, se recomienda tomar las medidas de precaución pertinentes en la extracción de sus impulsores, ya que debido a que no se cuenta con equipo especial para ello, se realizan por medio de pequeños golpes en estos, pudiendo ocasionar incluso su fractura.
5. Se recomienda al personal encargado en la fabricación de estructuras para equipo de ahorro energético, utilizar la cantidad y calidad de material necesario para su ejecución, ya que podría darse, que con la intención de ahorrar en estas, se fabriquen muy débiles y lleguen a



presentar el riesgo de desplomarse ya instaladas, provocando un mayor gasto por daño a los equipos, que son los de mayor costo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Cleaver-Brooks. *Manual de operaciones, servicios y partes.*  
USA: Packaged Boiler125 Through 200 HP, 1998. 138 p.
2. \_\_\_\_\_. *Manual de operaciones y mantenimiento de calderas.*  
SIDASA, 2001. 57 p.
3. HIDROMAC. *Catálogo de productos Hidromac – Malmedi*  
60  
Hz. Venezuela: 2012. 948 p.
4. MCNAUGHTON, Kenneth. *Bombas, selección, uso y*  
*mantenimiento.* México: McGraw Hill. 1989. 371 p.



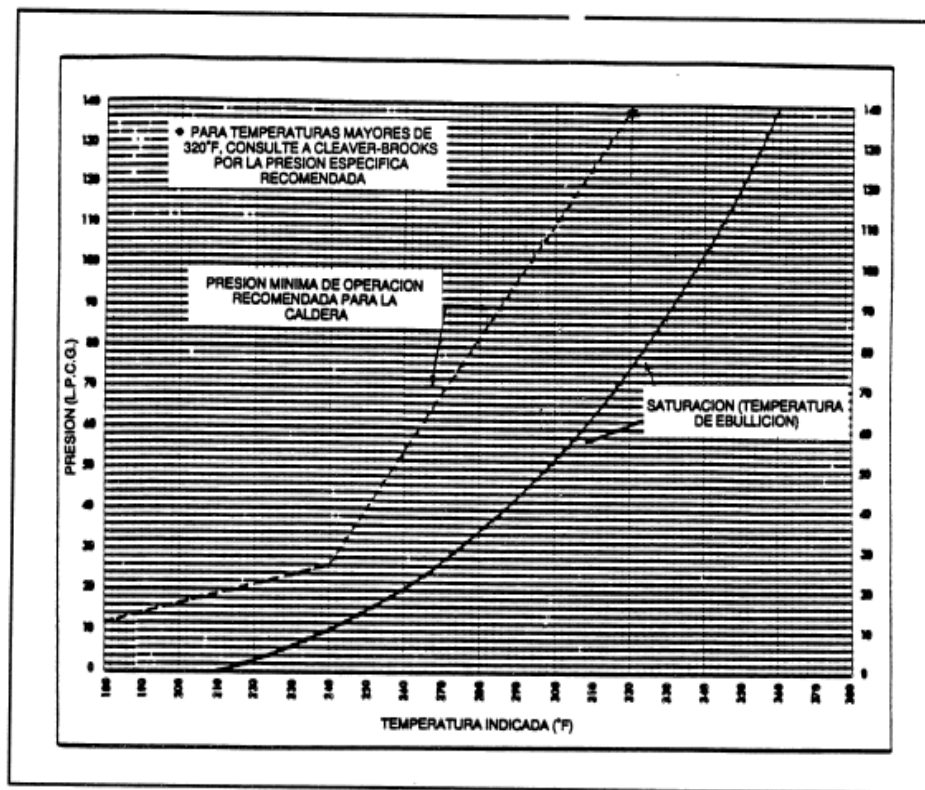
## ANEXOS

### Anexo 1. Cuadro de circulación máxima (GPM)

Tamaño de la Caldera (HPC)	Energía de Salida de la Caldera (1000) BTU/Hr	Caída de Temperatura del Sistema – Grados F									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		Capacidad de Máxima Circulación – GPM									
15	500	100	50	33	25	20	17	14	12	11	10
20	670	134	67	45	33	27	22	19	17	15	13
30	1.005	200	100	67	50	40	33	29	25	22	20
40	1.340	268	134	89	67	54	45	38	33	30	27
50	1.675	335	168	112	84	67	56	48	42	37	33
60	2.010	402	201	134	101	80	67	58	50	45	40
70	2.345	470	235	157	118	94	78	67	59	52	47
80	2.680	536	268	179	134	107	90	77	67	60	54
100	3.350	670	335	223	168	134	112	96	84	75	67
125	4.185	836	418	279	209	168	140	120	105	93	84
150	5.025	1.005	503	335	251	201	168	144	126	112	100
200	6.695	1.340	670	447	335	268	224	192	168	149	134
250	8.370	1.675	836	558	419	335	280	240	210	186	167
300	10.045	2.010	1.005	670	503	402	335	287	251	223	201
350	11.720	2.350	1.175	784	587	470	392	336	294	261	235
400	13.400	2.680	1.340	895	670	535	447	383	335	298	268
500	16.740	3.350	1.675	1.120	838	670	558	479	419	372	335
600	20.080	4.020	2.010	1.340	1.005	805	670	575	502	448	402
700	23.430	4.690	2.345	1.565	1.175	940	785	670	585	520	470
800	26.780	5.360	2.680	1.785	1.340	1.075	895	765	670	595	535

Fuente: Cleaver-Brooks. *Manual de operaciones, servicios y partes*. p. 40.

Anexo 2.      **Cuadro de presión-temperatura para calderas de agua caliente**



Fuente: Cleaver-Brooks. *Manual de operaciones, servicios y partes*. p. 42.

## Fabricación de anillos de refractario



Fuente: instalaciones taller SIDASA.

