



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

**CÁLCULO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR Y AGUA CALIENTE
PARA RASTRO MUNICIPAL ZARAGOZA, CHIMALTENANGO**

Julio Roberto Ramírez Romero

Asesorado por Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga

Guatemala, mayo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CÁLCULO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR Y AGUA CALIENTE
PARA RASTRO MUNICIPAL ZARAGOZA, CHIMALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JULIO ROBERTO RAMÍREZ ROMERO

ASESORADO POR EL ING. LUIS ALFREDO ASTURIAS ZÚÑIGA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MAYO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
EXAMINADOR	Ing. Carlos Enrique Sanabria Solchaga
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:

CÁLCULO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR Y AGUA CALIENTE PARA RASTRO MUNICIPAL ZARAGOZA, CHIMALTENANGO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha de 26 de enero de 2011.

Julio Roberto Ramírez Romero.

Guatemala, 08 de Noviembre de 2011

Ingeniero
Roberto Guzmán
Coordinador Área Térmica
Escuela de Ingeniería Mecánica

Estimado Ingeniero:

Por este medio le informo que he revisado el trabajo de graduación titulado **“Cálculo del sistema de generación de vapor y agua caliente para rastro municipal Zaragoza, Chimaltenango”**, elaborado por el estudiante Julio Roberto Ramírez Romero.

El mencionado trabajo de graduación llena los requisitos para mi aprobación, e indicarle que el autor y mi persona somos los responsables por el contenido y conclusiones de la misma.

Atentamente,


Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga.



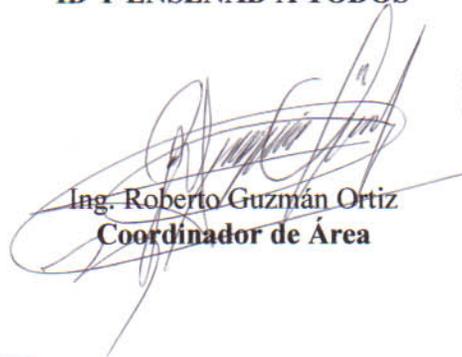
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Coordinador del Área Térmica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado CÁLCULO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR Y AGUA CALIENTE PARA RASTRO MUNICIPAL ZARAGOZA, CHIMALTENANGO, del estudiante **Julio Roberto Ramírez Romero**, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Coordinador de Área



Guatemala, febrero de 2012.

/behdei

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Térmica, al Trabajo de Graduación titulado CÁLCULO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR Y AGUA CALIENTE PARA RASTRO MUNICIPAL ZARAGOZA, CHIMALTENANGO del estudiante **Julio Roberto Ramírez Romero**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Julio César Campos Paiz', written over a horizontal line.

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, mayo de 2012

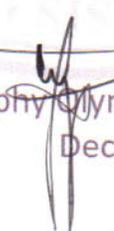
JCCP/behde



DTG. 224.2012

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: **CÁLCULO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR Y AGUA CALIENTE PARA RASTRO MUNICIPAL ZARAGOZA, CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario **Julio Roberto Ramírez Romero**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 23 de mayo de 2012.

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** A Él, que me ha dado sabiduría y siempre me ha acompañado a lo largo de mi vida en los momentos buenos y malos.
- Mis padres** Macedonio Ramírez Hernández y Juliana Romero, por haberme apoyado a través de mi largo camino, guiarme y darme consejos para seguir, no claudicar y lograr mis metas.
- Mis hermanos** Mayra Ramírez y sobre todo a mi hermano Alejandro Ramírez, gracias por tus consejos y siempre apoyarme en todo sentido, gracias hermano.
- Mis amigos** A todos aquellos que convivieron conmigo durante todo este camino, a Estuardo Higueros por su apoyo incondicional durante la elaboración de este trabajo, y a todos mis amigos gracias por su ayuda y su amistad.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrir sus puertas y permitirme formar parte de ella, brindándome formación académica.
Facultad de Ingeniería	Por representar mi hogar profesional y brindarme los conocimientos y conceptos para la aplicación de la ingeniería.
Ing. Luis Asturias	A quien agradezco su apoyo incondicional, consejos y paciencia durante la realización de esta tesis.
Municipalidad de Zaragoza	Por permitirme realizar este trabajo de graduación y aportar al desarrollo de la producción de carne para beneficio de la población del municipio.
Escuela de Ingeniería Mecánica	A todos sus docentes y personal administrativo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. GENERALIDADES DE LOS RASTROS MUNICIPALES	
1.1. Antecedentes	1
1.1.1. Definición de rastro o matadero	1
1.1.2. Rastros municipales	1
1.1.3. Municipalidad de Zaragoza, Chimaltenango	2
1.1.4. Situación actual de los rastros	4
1.1.5. Clasificación de los rastros.....	5
1.2. Funcionamiento de un rastro.	7
1.3. Reglamento para rastros de bovinos y porcinos, Acuerdo Gubernativo	8
1.4. Procesos del faenado del rastro	8
1.4.1. Sangría y desangrado	9
1.4.2. Eliminación del cuero	10
1.4.3. Corte de cabeza, ligado del esófago y corte del esternón	11
1.4.4. Evisceración.....	12
1.4.5. División de la canal	12

1.4.6.	Inspección de la canal	13
1.4.7.	Limpieza de la canal	13
1.4.8.	Flujograma completo de las operaciones de sacrificio de bovinos	14
1.4.9.	Utilización del vapor y agua caliente en los rastros	15

2. GENERACIÓN DE VAPOR Y TUBERÍAS

2.1.	Equipo de generación.....	17
2.1.1.	Calderas, calderines y otros	17
2.1.2.	Clasificación de las calderas.....	18
2.1.2.1.	Por la posición de los gases calientes y el agua.	18
2.1.2.1.1.	Pirotubulares	18
2.1.2.1.2.	Acotubulares	19
2.1.2.2.	Por la posición de los tubos	20
2.1.2.2.1.	Verticales	21
2.1.2.2.2.	Horizontales	21
2.1.3.	Bomba de agua de alimentación.....	21
2.1.4.	Tanque de condensado	22
2.1.5.	Termómetros.....	22
2.1.6.	Manómetros.....	23
2.1.7.	Trampas de vapor.....	24
2.1.8.	Válvulas	26
2.1.9.	Aislantes	32
2.2.	Equipos que utilizan vapor.....	32
2.2.1.	Tanque de agua caliente	33
2.2.2.	Esterilizadores.....	33
2.3.	Tuberías	34

2.3.1.	Tipos de tuberías	34
2.3.2.	Características de las tuberías	35
2.3.3.	Códigos y normas para tuberías	36
2.3.4.	Diámetros de las tuberías	37
3.	CÁLCULO DEL SISTEMA DE VAPOR Y AGUA CALIENTE	
3.1.	Cálculo del generador de vapor	39
3.1.1.	Balance de cargas térmicas	39
3.1.2.	Consumo de vapor del rastro	41
3.1.3.	Presión de trabajo del generador de vapor	45
3.1.4.	Factores de selección del generador	48
3.1.5.	Selección del generador.....	49
3.1.6.	Control de generación de vapor	51
3.2.	Cálculo del sistema de combustible del generador	53
3.2.1.	Combustibles usados en los generadores	53
3.2.2.	Selección del combustible a utilizarse.....	55
3.2.3.	Demanda de combustible del generador.....	56
3.2.4.	Capacidad del tanque	57
3.2.5.	Bomba de combustible.....	60
3.2.6.	Quemadores de combustible	61
3.3.	Cálculo del agua de alimentación	62
3.3.1.	Demanda del agua del generador	63
3.3.2.	Tanque de alimentación de agua (condensado)	63
3.3.3.	Selección de bomba de agua	65
3.3.4.	Problemas del agua de alimentación	67
3.3.5.	Suavizador del agua de alimentación.....	68
3.4.	Cálculo de tuberías de distribución de vapor	71
3.4.1.	Parámetros para la selección de tuberías	71

3.4.2.	Dimensiones de las tuberías.....	72
3.4.3.	Espesor de la tubería.....	79
3.4.4.	Junta de dilatación.....	80
3.4.5.	Aislante para tuberías.....	82
3.5.	Retorno del condensado.....	85
3.5.1.	Tubería de retorno de condensado.....	86
3.5.2.	Selección de trampas de vapor.....	90
3.5.3.	Posición de las trampas de vapor.....	93
3.6.	Cálculo del tanque de agua caliente.....	96
3.7.	Tubería para línea de agua caliente.....	101
3.7.1.	Dimensionamiento de la tubería de recirculación de agua caliente.....	101
3.7.2.	Aislante para tubería de agua caliente.....	104
4.	ESPECIFICACIONES PARA EL MONTAJE DEL EQUIPO	
4.1.	Condiciones generales.....	105
4.2.	Dimensiones mínimas.....	105
4.3.	Montaje y anclaje del generador.....	109
4.4.	Instalación del tanque de agua caliente.....	111
4.5.	Instalación de las tuberías.....	112
4.5.1.	Tuberías de vapor.....	113
4.5.2.	Tuberías de agua caliente.....	115
4.6.	Diversos tipos de soportes para tuberías.....	116
4.7.	Aislamientos para tuberías.....	122
4.7.1.	Tipos de aisladores.....	123
4.8.	Instalación del tanque de condensado.....	124
4.9.	Equipo de tratamiento de agua.....	126
4.10.	Otros componentes del sistema de vapor.....	129

5.	MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	
5.1.	Rutinas de mantenimiento preventivo	133
5.1.1.	Tareas a realizar diariamente	133
5.1.2.	Mantenimiento mensual	134
5.1.3.	Mantenimiento general.....	136
5.2.	Mantenimiento correctivo del sistema de vapor	138
5.2.1.	Determinación de las fallas que se dan con frecuencia.....	138
5.2.2.	Aislamiento del sistema.....	140
5.2.3.	En otros elementos que presenten fallas	140
5.3.	Tratamientos del agua	141
5.3.1.	Causas del tratamiento químico del agua	142
5.3.1.1.	Incrustaciones	142
5.3.1.2.	Corrosión.....	143
5.3.1.3.	Remoción de gases disueltos.....	143
5.3.1.4.	Fragilidad caustica	144
5.3.1.5.	Espumeo y arrastre	144
5.3.2.	Tratamiento externo	144
5.3.2.1.	Proceso de intercambio iónico	145
5.3.3.	Limpieza del generador y componentes.....	145
5.3.4.	Purga.....	145
5.3.4.1.	Tipos de purga	146
5.4.	Importancia de la seguridad industrial.....	147
5.5.	Seguridad industrial	148
5.5.1.	Causa de los accidentes	149
5.6.	Normas generales de prevención de accidentes	149
5.7.	Equipo y elementos de protección personal y del grupo de trabajo.....	151

5.8. Señalización para los sistemas de vapor.....	155
CONCLUSIONES.....	157
RECOMENDACIONES.....	159
BIBLIOGRAFÍA.....	161
ANEXOS.....	163

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Rastro municipal Petén	2
2.	Palacio Municipal Zaragoza, Chimaltenango	4
3.	Sangría y desangrado.....	10
4.	Eliminación del cuero	11
5.	División de la canal	13
6.	Flujograma de las operaciones de sacrificio de bovinos.....	14
7.	Caldera pirotubular.....	19
8.	Caldera acuotubular.....	20
9.	Manómetro con sifón tipo R	23
10.	Trampa de vapor termostática	25
11.	Trampa de vapor mecánica	25
12.	Trampa de vapor termodinámica	26
13.	Válvula de compuerta	27
14.	Válvula de globo	28
15.	Válvula de bola	29
16.	Válvula de retención.....	30
17.	Válvula de seguridad.....	31
18.	Departamentos abastecidos de vapor en la producción de carne	40
19.	Consumo de vapor en un matadero mediano	42
20.	Calderas <i>Cleaver Brooks</i>	50
21.	Tanque principal de combustibles para <i>fuel oil</i> No.6.....	60
22.	Bomba de engranajes	61

23.	Tanque para agua de alimentación (condensado)	64
24.	Bomba tipo turbina.....	66
25.	Equipo de tratamiento de agua.....	70
26.	Tubería principal.....	72
27.	Planta de producción del rastro	74
28.	Junta de dilatación.....	81
29.	Distancias recomendables de las guías para junta de expansión	82
30.	Capas de fibra de vidrio (cañuela amplio rango)	84
31.	Partes de la trampa de vapor de flotador.....	95
32.	Posición de las trampas de vapor.....	96
33.	Vista lateral de la caldera	108
34.	Vista frontal de la caldera	108
35.	Vista frontal y lateral de los rieles del soporte	109
36.	Deposito colector de condensado.....	115
37.	Diversos tipos de soporte	121
38.	Instalación correcta de la tubería de succión.....	126
39.	Estación reductora de presión	132
40.	Señales de salvamento	152
41.	Señales de prohibición	153
42.	Señales de peligro o advertencia.....	153
43.	Señales de obligación.....	154
44.	Señal contra incendios	154

TABLAS

I. Categoría de los rastros.....	6
II. Consumo máximo de vapor de cada operación	43
III. Factores de conversión (BHP)	45
IV. Factores de evaporación.....	47
V. Propiedades del <i>fuel oil</i> No.6 (Bunker)	55
VI. Diámetro del tanque de combustible según su capacidad.....	58
VII. Impurezas más comunes en aguas de alimentación para calderas..	67
VIII. Velocidades permisibles para tuberías de vapor	73
IX. Presiones permisibles para tuberías de vapor	73
X. Coeficientes de Holborn & Day	81
XI. Factores de seguridad para trampas de vapor	91
XII. Guía para seleccionar trampas de vapor	92
XIII. Factor de capacidad de almacenamiento de edificaciones	99
XIV. Consumo de agua y desechos sólidos rastro La Libertad Petén	99
XV. Velocidades y perdidas por fricción en tuberías cédula 40	102
XVI. Longitud equivalente sistema de recirculación de agua caliente	103
XVII. Dimensiones y medidas.....	107
XVIII. Dimensiones de rieles de soporte para montaje de caldera	109
XIX. Espaciamientos adecuados entre soportes	121

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
<i>BHP</i>	Boiler Horse Power (caballos caldera)
D	Diámetro
FE	Factor de evaporación
gpg	Granos por galón
GPM	Galones por minuto
GTD	Granos total de dureza
<i>HP</i>	Horse Power (caballos de fuerza)
Hz	Hertz
Kw	Kilovatios
M	Metros
Mm	Milímetros

MAGA	Ministerio de Agricultura y Alimentación
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
ppm	Partes por millón
RPM	Revoluciones por minuto

GLOSARIO

Agua Dura	Aquella que contiene un alto nivel de minerales, en particular sales de magnesio y calcio.
Poder calorífico	Cantidad de energía que la unidad de masa de materia puede desprender al producirse una reacción química de oxidación.
Inocuidad	Condición de los alimentos que garantiza que no causarán daño al consumidor cuando se preparen y consuman de acuerdo con el uso al que se destinan.
Cimentación	Conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados a éste, distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales.
Condensación	Efecto térmico de los fluidos en que existe un cambio, estado gaseoso a líquido.
Gases de combustión	Gases producidos como resultado de la combustión de gasolina, petróleo, diésel o carbón. Se descarga a la atmósfera a través de una tubería o chimenea.

Golpe de ariete	Onda de presión que se produce por un cierre brusco de una compuerta y parada de la corriente agua, mediante una vibración ruidosa.
Esterilización	Proceso de eliminación de toda forma de vida, incluidas las esporas. Es un término absoluto que implica pérdida de la viabilidad o eliminación de todos los microorganismos contenidos en un objeto o sustancia, acondicionado de tal modo, que impida su posterior contaminación.
Evaporación	Proceso físico, por el cual una sustancia en estado líquido pasa al estado gaseoso, tras haber adquirido energía suficiente para vencer la tensión superficial.
Pulverización catódica	Proceso físico en el que se produce la vaporización de los átomos de un material sólido denominado "blanco" mediante el bombardeo de éste por iones energéticos.
Radiación	Propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material.
Combustión	Reacción química en la cual, generalmente, se desprende una gran cantidad de calor y luz.

Sedimento	Residuo acumulado causado por minerales en el agua de la caldera.
Termostato	Regulador de temperatura del agua en un sistema.
Convección	Se caracteriza porque se produce por intermedio de un fluido que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas.
Serpentín	Tubo de forma frecuentemente espiral utilizado, comúnmente, para enfriar vapores provenientes de la destilación en una caldera y así condensarlos en forma líquida.
Hierro fundido	Uno de los materiales ferrosos más empleados y su nombre se debe a la apariencia de su superficie al romperse. Esta aleación ferrosa contiene, en general, más de 2% de carbono y 1% de silicio, además de manganeso, fósforo y azufre.

RESUMEN

La ayuda de la tecnología en la industria guatemalteca es de vital importancia, gracias a ella, las empresas han ido evolucionando paulatinamente en mejoras continuas en sus procesos. En este caso la aplicación de calderas de vapor es de suma importancia por el aprovechamiento de la energía calorífica utilizada en los distintos procesos dentro de la industria ganadera.

A lo largo de los cinco capítulos se describirán los antecedentes del rastro, como los de la Municipalidad de Zaragoza, Chimaltenango, el capítulo 2 contiene una introducción del equipo básico para generar vapor, accesorios y sistema de distribución del vapor. Es importante mencionar que no se debe operar la caldera sino hasta que se haya leído y entendido como funciona y tomar en cuenta las especificaciones de los equipos descritos en este trabajo de graduación.

El cálculo del sistema de vapor está dividido en varias etapas comenzando desde un balance de cargas térmicas, consumos máximos en cada operación de la planta de producción del matadero, este consumo servirá como primer paso para el dimensionamiento del generador de vapor, que en este caso será una caldera, sin dejar de tomar en cuenta una serie de factores de importancia tales como: presión de trabajo, factor de evaporación y factor de seguridad. En las siguientes etapas del cálculo serán dimensionados los equipos complementarios del sistema de vapor tales como: consumo de combustible, tanque de combustible, combustible recomendado a utilizar, entre otros. Los otros equipos importantes de complemento calculados son: el tanque de

condensado, bombas de agua de alimentación y combustible, la red de distribución de vapor, y por último el tanque de agua caliente, éste último utilizado para los lavados en el proceso de destace de reses y evitar así la contaminación de la carne.

Es importante conocer cómo montar el equipo en un sistema de vapor, para no dejar en mal funcionamiento el generador como sus equipos auxiliares. El capítulo 4 proporciona una serie de recomendaciones para el correcto montaje y anclaje del equipo, tanto del generador como del sistema de distribución de vapor.

El capítulo 5 se enfoca en el mantenimiento preventivo, correctivo para el generador de vapor, rutinas diarias, mensuales y generales. También contiene los problemas típicos del agua de alimentación, purgas, y finalmente la información importante acerca de la seguridad industrial en la planta y señalización de un matadero.

OBJETIVOS

General

Calcular un sistema de vapor para el rastro, que brinde las condiciones seguras y de calidad en el proceso de destace de reses, además, que se utilice como una guía para el cálculo de un sistema generación de vapor.

Específicos

1. Presentar la propuesta del generador de vapor, accesorios y otros equipos a utilizarse.
2. Facilitar a las autoridades de la municipalidad encargadas del proyecto, este cálculo para su implementación.
3. Brindar especificaciones que sirvan de guía para el montaje correcto del equipo.
4. Proveer un documento que facilite la realización del mantenimiento adecuado de la caldera y la señalización para la seguridad industrial de la planta de destace.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio de ingeniería es un documento técnico de apoyo para el diseño y montaje del sistema de vapor para el proyecto del rastro de la Municipalidad de Zaragoza, Chimaltenango. Contiene el cálculo desarrollado con base en los datos de campo, como también en manuales de sistemas de vapor, generadores y calderas. Cada parte del documento contiene su respectiva teoría, sus objetivos, figuras explicativas, técnica operatoria, aplicaciones en la industria y, finalmente, cómo hacer el montaje y el mantenimiento del sistema de vapor.

Uno de los objetivos del trabajo es que sirva como referencia a los encargados del proyecto de dicha municipalidad, como también para aquellas personas que lleven a cabo un diseño de distribución de vapor. Asimismo, busca que el sistema de vapor del proyecto sea de la mejor calidad y siempre con el enfoque de eficiencia para beneficio de los diferentes procesos, entre ellos la lavandería y los lavados del rastro.

Dentro de los beneficios que ofrece este diseño está el mantenimiento adecuado de los equipos generadores y sus componentes, el montaje correcto de los equipos. Este estudio de ingeniería representa un valor agregado para la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por la ayuda tecnológica que le brinda al país y a la Municipalidad de Zaragoza, Chimaltenango, para llevar a cabo el proyecto con una buena referencia y guía técnica.

1. GENERALIDADES DE LOS RASTROS MUNICIPALES

1.1. Antecedentes

Los rastros en el municipio de Chimaltenango son de baja calidad tanto en su estructura como en funcionamiento, debido a estas situaciones la Municipalidad de Zaragoza plantea la construcción del nuevo rastro. Este rastro se construirá con todas las necesidades de inocuidad y seguridad para la producción de la carne cumpliendo con todas las normas establecidas en el país, con el fin de darle a la población un producto de calidad.

1.1.1. Definición de rastro o matadero

Un rastro o matadero es una instalación industrial estatal o privada en el cual se sacrifica y destaza al ganado mayor y menor para el consumo humano, en este proceso la calidad del producto se asegura por medio de un control de normas establecidas.

1.1.2. Rastros municipales

Un rastro es considerado, también, como un equipamiento urbano-municipal, el cual brinda un servicio público de matanza de ganado mayor y menor. Garantizando condiciones de higiene para el consumidor ya que se supervisa la procedencia legal del ganado y la calidad del producto. El manejo de los rastros son una competencia que los municipios pueden ejecutar por ley y apegada a la ley. Como cualquier otro servicio público, las municipalidades asumen la titularidad y la responsabilidad legal sobre la prestación del mismo,

debiendo cumplir con el marco regulatorio y normativo existente en el país así como ofrecer un servicio a la comunidad, sin finalidad de lucro, que garantice que el ganado es sano, que cumple con las normativas higiénico sanitarias, que ha sido matado y destazado de forma apropiada y que es transportado adecuadamente. Finalmente este proceso ha sido realizado con las normas establecidas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).

Figura 1. Rastro municipal Petén



Fuente: REYES, Rafael. [en línea] <<http://www.verfotosde.org/guatemala/imagenes-de-La-Libertad-214.html>>. Consulta: 3 de marzo de 2011.

1.1.3. Municipalidad de Zaragoza Chimaltenango

La Municipalidad de Zaragoza se encuentra en el departamento de Chimaltenango, localizada a 64 kilómetros de la capital sobre la carretera Panamericana y a 10 kilómetros de la cabecera de Chimaltenango. La municipalidad es de tercera categoría, y está conformado por cuatro barrios locales que son: Nazareno, La Cruz, El Rastro, El Calvario. Además, ésta cuenta con doce aldeas, un caserío, dos comunidades, dos fincas y una villa.

El palacio municipal de Zaragoza es uno de los más completos y mejor construidos en el plano estructural, dentro de los palacios municipales del departamento de Chimaltenango, está formado por los siguientes ambientes:

- Primer nivel
 - Salón municipal, con capacidad para 1000 personas de pie o 600 sentados
 - Servicio sanitario para hombres y servicio sanitario para mujeres
 - Cinco locales comerciales y gradas de acceso al segundo nivel

- Segundo nivel
 - Biblioteca municipal
 - Oficina de Tesorería
 - Alcaldía Municipal
 - Secretaría y Registro Civil
 - Sala de espera
 - Bodega
 - Departamento de agua
 - Oficina Municipal de Planificación
 - Servicios sanitarios

Cualquier otro servicio público, la municipalidad de Zaragoza, asumirá la responsabilidad legal sobre la prestación del servicio del rastro, debiendo cumplir con el reglamento existente del país. Debido a que el rastro del lugar no cumple con las normas y leyes establecidas para los mataderos del país, como también la poca producción de carne. Surgió la idea del rastro municipal con el fin de tener un matadero industrial que cumpla con las normas establecidas y que las instalaciones sean de un matadero de mediano tamaño con pretensiones de llegar a ser uno de gran tamaño con instalaciones

modernas y así aumentar la calidad del producto para beneficio de la población de Zaragoza y poblaciones aledañas.

Figura 2. **Palacio Municipal Zaragoza Chimaltenango**



Fuente: calle principal, Zaragoza Chimaltenango.

1.1.4. Situación actual de los rastros

En el país existen 207 rastros; sin embargo, solo nueve privados poseen licencia del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, para operar. Esto, además de poner en riesgo la salud de los consumidores, se abre una discusión sobre la responsabilidad de acción contra este ilícito.

De los rastros no autorizados, 186 son municipales y 12 privados, según el informe del Jefe del Área de Inocuidad de los Alimentos no Procesados, de la Unidad de Normas y Regulaciones del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).

Sin embargo, según el Ministerio de Ambiente, ellos contabilizan que sólo 28 mataderos cuentan con estudio de impacto ambiental autorizados, cinco están en fase de análisis y 34 no están aprobados.

La realidad de los rastros en Guatemala es un tema de suma importancia, debido a que éstos en su gran mayoría, no cumplen ni llenan los requisitos de inocuidad, higiénicos y ambientales. La finalidad de estas entidades es proteger, principalmente, tanto el producto como a los consumidores de enfermedades tan serias y agresivas que puedan causar hasta la muerte del animal y del consumidor.

Un ejemplo de esto son las muertes causadas en otros países por enfermedades del ganado como la llamada vaca loca, brúcela, mal de la paleta, etc. Esto es algo que se ha podido controlar gracias a la buena administración y tecnología de estos lugares y entidades responsables a cargo. Es por eso que se debe llegar a tener esa buena calidad en todo lo que respecta a producción cárnica.

1.1.5. Clasificación de los rastros

La finalidad de los rastros es lograr por los medios técnicos higiénicos un mejor producto cárnico.

En la república de Guatemala existen 4 tipos de rastro, los cuales son:

- De aves
- De peces
- Ganado mayor (reses)
- Ganado menor (cerdos)

Éstos deben de cumplir con los reglamentos respectivos y guardar condiciones especiales para su funcionamiento. En este medio, se le da mayor importancia a los rastros de ganado mayor y menor. En algunas comunidades se utilizan las mismas instalaciones para ambas actividades, y esto no es permitido, ya que difieren en muchos aspectos, siendo fundamental el de la higiene.

Según el capítulo II artículo 7 del nuevo reglamento de los rastros, éstos se clasifican en 4 categorías:

Tabla I. **Categorías de los rastros**

	ANIMALES/DÍA	ANIMALES/DÍA	ANIMALES/DÍA
CATEGORIA	BOVINOS	PORCINOS	AVES
Grande "A"	100	75	10,000
Mediano "B"	50	50	5,000
Pequeño "C"	15	10	2,000
Local "D"	1	1	100

Fuente: Reglamento de rastros para bovinos, porcinos y aves Acuerdo Gubernativo No. 411-2002.

Aunque existe esta clasificación en toda la república los rastros, se les clasifica en: domiciliarios u obradores, municipales y privados o de exportación.

El rastro domiciliar u obrador es el utilizado en algunos municipios del interior de la república donde, por no existir rastro municipal, la municipalidad autoriza para que se destaque en viviendas particulares y, en otros casos que es su mayoría, destazan sin autorización los cuales se les llama clandestinos.

El rastro privado o de exportación son para abastecer directamente a las industrias de embutidos, conservas y productos cárnicos para la exportación; cuentan con personal médico veterinario para la inspección de sus productos y son sometidos a control de calidad y a requerimientos higiénicos de normas internacionales, dedicándose específicamente a un sólo tipo de destace de ganado mayor y menor.

1.2. Funcionamiento de un rastro

El funcionamiento conlleva una serie de procedimientos, los cuales empiezan desde que llega el animal al matadero, después es alojado en corrales de espera, donde normalmente pasa la noche y recibe la primera de una serie de inspecciones sanitarias a cargo de veterinarios acreditados por la autoridad gubernamental competente. Condiciones de bajo estrés, agua potable y barreras visuales ayudan en la recuperación del viaje. Luego del sacrificio, que debe ser lo más rápido e indoloro posible, el animal es colgado en ganchos que hacen en el camino interno en una línea de desmontaje. Se hace usualmente el retiro de la sangre, lavado con vapor y retiro de las vísceras y del cuero. En el caso del cerdo también se retira el pelo.

La res, luego de una inspección sanitaria, pasa a las cámaras de refrigeración, cuya temperatura se encuentra entre 0 °C y 5 °C, para restringir la contaminación por microorganismos, donde suele permanecer una noche. La carne está lista entonces, para recibir la preparación final, es dividida manualmente, empaquetada, refrigerada o congelada y almacenada hasta su destino final.

1.3. Reglamento para rastros de bovinos, porcinos y aves, Acuerdo Gubernativo No. 411-2002

El Acuerdo Gubernativo establecido por el MAGA, es el que regula la inspección y vigilancia higiénica y sanitaria de rastros particulares, municipales y estatales, tanto en las salas de deshuese como las almacenadoras de productos cárnicos bovinos. Según el Acuerdo, será competencia del Ministerio de Agricultura y Alimentación, a través de la Unidad de Normas y Regulaciones, velar por el cumplimiento del Reglamento.

En uno de los capítulos del Acuerdo también se establecen requisitos específicos para la construcción de estos establecimientos y detalla los requerimientos, para obtener las licencias sanitarias de funcionamiento.

El Acuerdo 411-2002 ha sido modificado por el Acuerdo 384-2010 en cuanto a rastros bovinos, pero siguen vigentes las normas para los porcinos y de aves. Con este nuevo reglamento, Guatemala es el primer país de Centroamérica y el segundo de América Latina que armoniza sus sistemas de inspección de rastros bovinos con EE.UU.

1.4. Procesos de faenado del rastro

Los procesos de faenado comprenden todas las operaciones o trabajos que se realizan en el proceso de la obtención de la carne. Estos procesos han sufrido una evolución muy importante en los últimos años que han convertido a los mataderos en verdaderos industrias cárnicas, consiguiéndose un importante grado de automatización.

Actualmente, los mataderos están altamente tecnificados y es necesario el conocimiento de la tecnología e ingeniería de las distintas operaciones que componen el proceso de sacrificio de los animales y de cómo pueden afectar éstas a la calidad de la carne producida.

Las primeras operaciones son el aturdimiento y el sangrado, éstas son claves y van a influir de una forma decisiva en la posterior calidad de la carne.

1.4.1. Sangría y desangrado

Una vez que los animales han sido aturdimientos, el sangrado debe de comenzar tan pronto como sea posible, y en cualquier caso antes de que el animal recobre la conciencia. El intervalo deseable entre el aturdimiento y el degüello debe ser de 20 segundos aproximadamente, aunque hay variaciones de una especie a otra.

El aturdimiento previo de los animales determina un aumento en la presión sanguínea que va acompañando por un aumento transitorio en la velocidad de los latidos cardiacos, lo que facilita el desangrado inmediato después del aturdimiento. Si se permite que transcurra demasiado tiempo entre la insensibilización y la sangría, ésta no se desarrollará convenientemente y pueden presentarse hemorragias musculares.

Todos los animales aturdimientos deben ser sangrados seccionando al menos una de las carótidas o los vasos de los que se originan. La persona responsable del aturdimiento, encadenado, izado y sangrado de los animales, debe realizar estas operaciones consecutivamente en un animal antes de comenzar con el siguiente.

Figura 3. **Sangría y Desangrado**



Fuente: BLANDÓN, Sandra. [en línea] <slbn.files.wordpress.com/2008/09/unidadii_sesion3_intro_ii1.ppt>. Consulta: 3 de marzo de 2011.

1.4.2. Eliminación del cuero

Se realiza suspendiendo la res en el riel. El animal pasa a la transferencia de miembros posteriores, en donde el miembro que se encuentra libre es descuerado y cortado en la articulación del tarso, arriba del tendón de Aquiles. La piel se separa suspendiéndola hacia abajo, evitando que el exterior de la misma entre en contacto con el interior. Ésta es la principal fuente de contaminación de la canal. La piel se separa en los miembros delanteros y el pecho, observando los mismos cuidados. La piel de todo el dorso del animal es separada de la canal por la tracción que ejerce el rodillo de una máquina descueradora. Esta actividad depende de la habilidad del operador, que

requiere que la piel sea extraída sin retirar los músculos y tejido adiposo subcutáneo, con el fin de incrementar el rendimiento de la canal y reducir el trabajo de proceso de las pieles.

Figura 4. **Eliminación del cuero**



Fuente: BLANDÓN, Sandra. [en línea] <slbn.files.wordpress.com/2008/09/unidadii_sesion3_intro_ii1.ppt>. Consulta: 3 de marzo de 2011.

1.4.3. Corte de cabeza, ligado del esófago y corte del esternón

Posteriormente, se separa la cabeza mediante un corte, entre los huesos, occipital y el atlas, quedando tan sólo suspendida por el conjunto del esófago y la tráquea. Después se utiliza una barra separadora de anillo para soltar el esófago desde la tráquea hasta el rumen. En el momento de la evisceración, todos los órganos de la cavidad abdominal deben ser extraídos antes de abrir la cavidad torácica; es importante entonces, que el esófago esté despegado de

la tráquea y el cardias para que pueda ser halado desde la cavidad abdominal. El esternón debe seccionarse en el centro utilizando una sierra sin cortar órganos ni el sistema digestivo, ya que éste tiene una alta carga contaminante. La línea media se debe trazar con un cuchillo antes de cortar el hueso, y esterilizar el cuchillo y la sierra entre cada res trabajada.

1.4.4. Evisceración

La evisceración de los bovinos es la parte más crítica del proceso. Cuando el animal se encuentra listo para la evisceración el primer paso es cortar alrededor del recto y ligarlo, de tal manera, que se evite la contaminación con heces. Deben ser esterilizados los cuchillos con agua caliente para evitar la contaminación cruzada.

1.4.5. División de la canal

Luego se procede a separar la canal en dos, utilizando una sierra de cinta, esterilizando la misma entre res y res. Esta actividad es crucial, debido a que la mejor carne del animal se encuentra localizada en la cercanía de la columna vertebral. Si el operario de la sierra comete un error, el daño normalmente será muy costoso. Terminado dicho proceso es necesario remover el rabo y la médula espinal de la columna vertebral, ya que ésta se contamina fácilmente.

Figura 5. **División de la canal**



Fuente: BLANDÓN, Sandra. [en línea] <slbn.files.wordpress.com/2008/09/unidadii_sesion3_intro_ii1.ppt>. Consulta: 3 de marzo de 2011.

1.4.6. Inspección de la canal

Una vez cortado el animal en dos medias canales, hay que remover el rabo y se preparan las medias canales para la inspección, donde en caso de ser necesario, son recortadas todas aquellas partes no aptas para consumo humano.

1.4.7. Limpieza de la canal

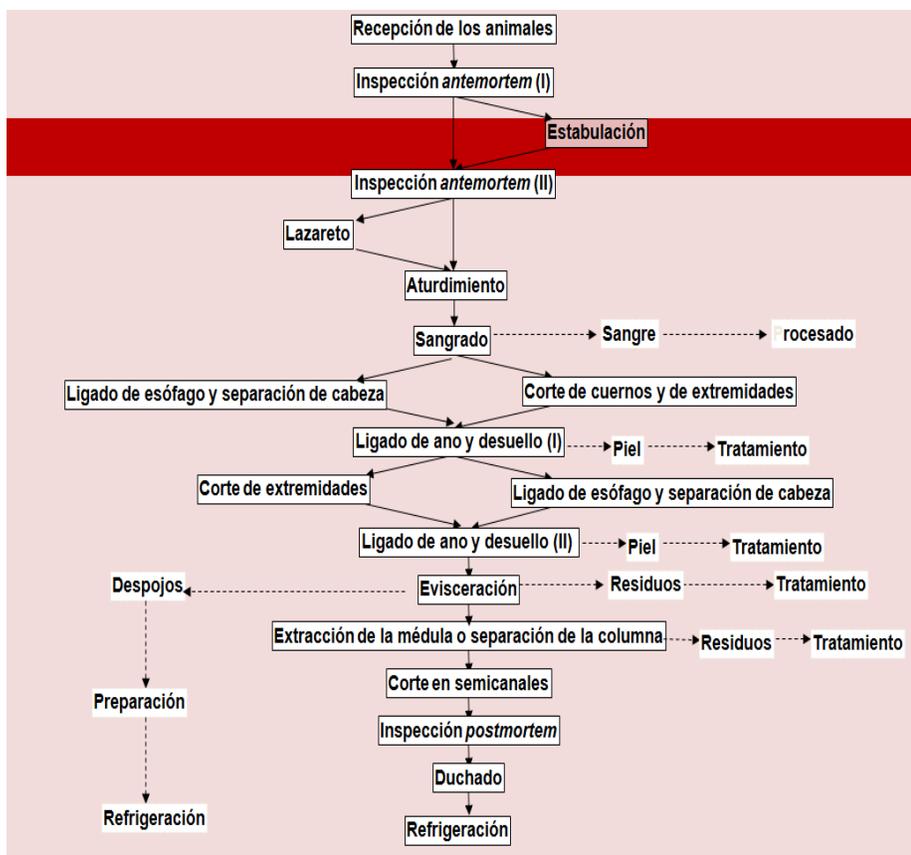
Se continúa con el lavado de la canal, siempre efectuándose de arriba hacia abajo con agua fría, ya que el agua caliente favorece la coagulación de la sangre. Durante el lavado de las canales, es importante remover todos los residuos de hueso que dejó la sierra, debido a que éstos causan contaminación de la carne. Se utiliza un sistema de cloración para dosificar el cloro en el agua

utilizada a 20 ppm, para reducir el crecimiento bacteriano alargando con ello la vida útil del producto.

1.3.7. Flujograma completo de las operaciones de sacrificio de bovinos

En el diagrama de flujo (figura 6), se muestra el proceso completo ejecutado en el sacrificio de bovinos y para la obtención de carne.

Figura 6. Flujograma de las operaciones de sacrificio de bovinos



Fuente: BLANDÓN, Sandra. [en línea] <slbn.files.wordpress.com/2008/09/unidadii_sesion3_intro_ii1.ppt>. Consulta: 3 de marzo de 2011.

1.4.9. Utilización del vapor y agua caliente en los rastros

El suministro de vapor o de agua caliente es tecnológicamente necesario en numerosos puntos del proceso de sacrificio, así como en la preparación de los despojos.

Las principales necesidades de vapor se dan en el procesado de los despojos y subproductos, y en menor medida en los locales de sacrificio, también en todos los puestos de trabajo para los esterilizadores de cuchillos o utensilios de trabajo. En los locales de sacrificio también va a ser necesaria una gran cantidad de agua caliente y fría. Se necesita gran cantidad de agua a lo largo del proceso de sacrificio para lavar las canales. Asimismo va a ser necesario vapor o agua caliente para limpiar la instalación después de finalizados los procesos, por lo que se debe suministrar vapor y agua caliente a todos los departamentos de un matadero.

2. GENERACIÓN DE VAPOR Y TUBERÍAS

2.1. Equipo de generación

La generación industrial de vapor es el proceso mediante el cual se produce vapor a presiones por encima de la atmosférica, a partir de la energía de un combustible, o de energía eléctrica. El vapor producido será posteriormente utilizado en diferentes funciones de la fábrica, tales como aportación de calor en procesos o movimiento de máquinas.

2.1.1. Calderas y calderines

La caldera es un dispositivo para generar vapor, energía para procesos industriales y calefacción o agua caliente para uso general.

En términos generales, a la caldera se le considera un generador de vapor. Sin embargo, muchas calderas diseñadas para generar vapor, pueden convertirse en calentadores de agua. La función principal de la caldera propiamente dicha, es proporcionar un medio por el cual el calor procedente de la combustión de un combustible se trasmite al agua o al vapor que debe ser calentado.

Esto se logra eficientemente, teniendo en consideración la mejor disposición de la superficie de la calefacción, de acuerdo a las limitaciones en cuanto al espacio disponible y los arreglos necesarios entre el horno y los demás componentes. La superficie requerida depende de su clase: si es primaria (lo que comúnmente se conoce como el número de pasos de la

caldera), de supercalentamiento, recalentamiento, economizadores o calentamiento de agua. El calderin es un cuerpo cilíndrico de acero de un termo eléctrico destinado a contener agua. En el interior tiene un proceso de vitrificación a 850 °C para evitar la corrosión.

2.1.2. Clasificación de las calderas

Cada una de las calderas trabaja de forma diferente, la disposición de su mecanismo interno permite clasificarlas de manera distinta, atendiendo a la estructura de los tubos, la posición de los gases y el agua que circulan en su interior.

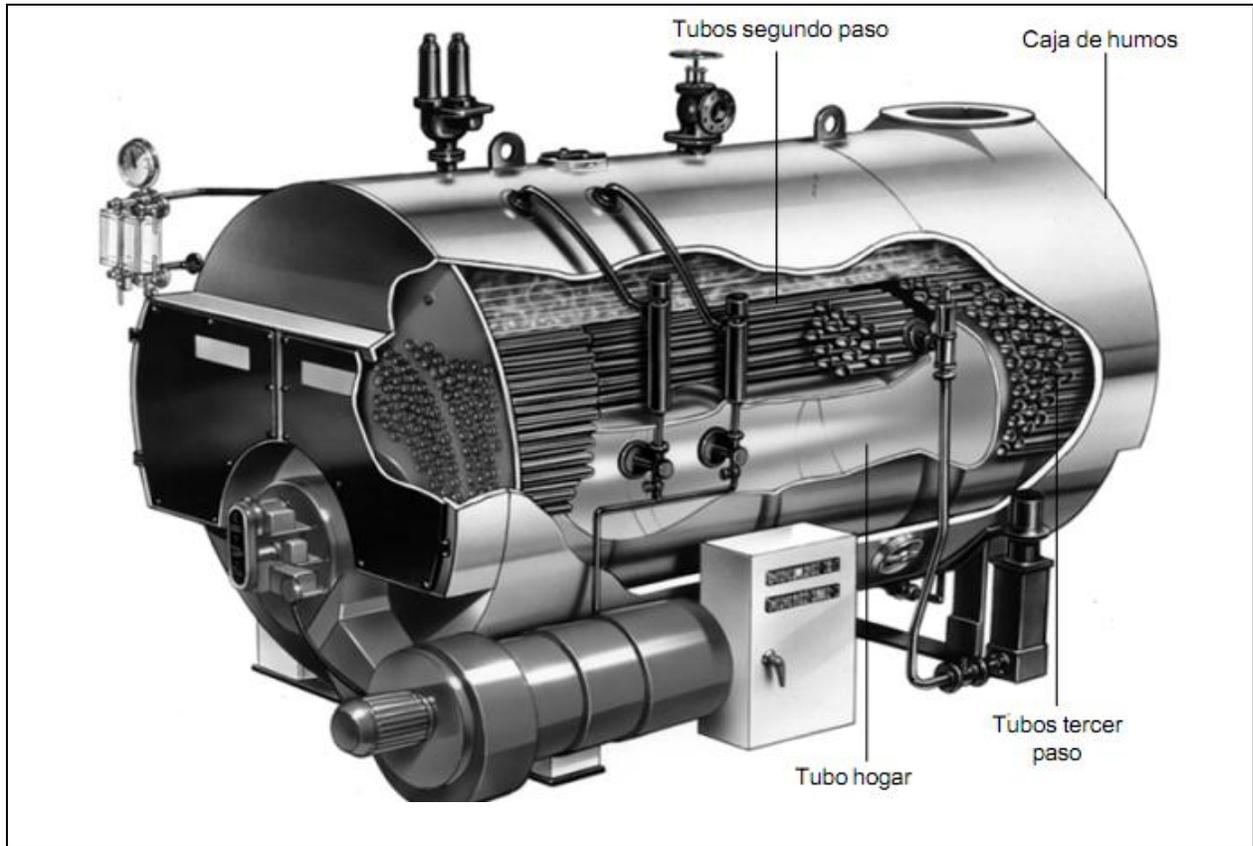
2.1.2.1. Por la posición de los gases caliente y el agua

Las calderas se clasifican como pirotubulares y acuotubulares, de acuerdo a la forma de circulación de los gases y el agua en su interior.

2.1.2.1.1. Pirotubulares

Son aquéllas que tienen la particularidad de que los gases calientes pasan por el interior de los tubos y por la parte exterior están rodeados de agua. Este tipo de calderas es adecuado únicamente para presiones bajas. Las calderas pirotubulares son de disposición horizontal, tres pasos de gases y cámara posterior de inversión totalmente refrigerada por agua. Los hogares son de baja carga térmica y amplias dimensiones para facilitar el cumplimiento de la normativa medio ambiental. Están desplazados del eje vertical de la caldera para mejorar la circulación del agua y, al mismo tiempo, permitir una optimización en el reparto de las superficies de calefacción y volúmenes de agua y vapor.

Figura 7. **Caldera pirotubular**



Fuente: Guía de referencia técnica de calderas y accesorios Spirax Sarco. p. 12.

2.1.2.1.2. Acuotubulares

Contrario a las pirotubulares, en las calderas acuotubulares por la parte interna de los tubos circula el agua y por la otra parte externa de los mismos, los gases calientes de la combustión. Por tener un diámetro menor en el separador de vapor, este tipo de caldera es adecuado para trabajar a altas presiones.

En estas calderas, los tubos longitudinales interiores se emplean para aumentar la superficie de calefacción, y están inclinados para que el vapor a mayor temperatura al salir por la parte más alta, provoque un ingreso natural del agua más fría por la parte más baja. Originalmente estaban diseñados para quemar sólidos.

Figura 8. **Caldera acuotubular**



Fuente: CABALLANO, José. [en línea] <[http://www.caballano.com/calderas_archivos/ image004 .jpg](http://www.caballano.com/calderas_archivos/image004.jpg)>. Consulta: 23 de marzo de 2011.

2.1.2.2. Por la posición de los tubos

Las calderas pirotubulares y acuotubulares tienen similitud en cuanto a su estructura interna, sin embargo; en ambas merece atención la posición de los tubos que conducen los gases calientes y el agua. Las calderas están construidas con tubos de hierro fundido, que pueden estar colocados de forma: horizontal, vertical o inclinada.

2.1.2.2.1. Verticales

Las calderas verticales, esencialmente, constan de dos envolventes, una dentro de la otra, la interior contiene el haz de tubos. El espacio comprendido entre las dos constituye el cuerpo de agua y vapor, y los gases calientes circulan entre los tubos.

Las calderas de tubos verticales pueden ser de tope seco o de tope húmedo y se usan, principalmente, para trabajos portátiles.

2.1.2.2.2. Horizontales

Las calderas de tubos horizontales de paso simple son de combustión interna por medio de gas, carbón o derivados del petróleo. Con este tipo de caldera se logran producir cantidades de vapor adecuadas para pequeñas instalaciones, como estaciones rurales.

2.1.3. Bomba de agua de alimentación

La bomba de agua de alimentación succiona del tanque agua para llevarla hasta la caldera y generar vapor.

Para generadores de tubos de fuego, la operación de la bomba de agua de alimentación es, en la mayoría de los casos intermitente, arrancando o parando dependiendo del nivel del agua, debiendo dirigirse a la tubería de descarga directamente hacia la caldera sin restricción en esta línea. Los rangos de temperatura del agua a la succión de la bomba puede variar aproximadamente entre 88 °C y 104 °C.

Existen dos tipos de bombas usadas para el agua de alimentación de generadores de vapor: tipo de turbina y tipo centrifuga, para este diseño se utilizara la tipo turbina (capitulo 3) y es seleccionada para operación intermitente, con una capacidad de 1.5 a 2 veces la capacidad de evaporación de la caldera.

2.1.4. Tanque de condensado

El tanque de condensado es utilizado para almacenar la reserva de agua mínima que ha de ser suministrada a la caldera para recibir los retornos de condensados de baja presión, esto debido a que el agua de alimentación de las calderas debe estar a la temperatura más alta disponible para evitar problemas de dilatación, contracciones y choques térmicos dentro de la caldera. Al tanque de condensando se le inyecta vapor a presión, esto tiene 2 fines:

- Calentar el agua en el interior del tanque para que la temperatura del agua de alimentación sea alta, y de esta manera se logra ahorro en el combustible.
- Remover los gases no condensables, elimina el oxígeno. La presencia de aire en el sistema afecta al consumo energético del mismo.

2.1.5. Termómetros

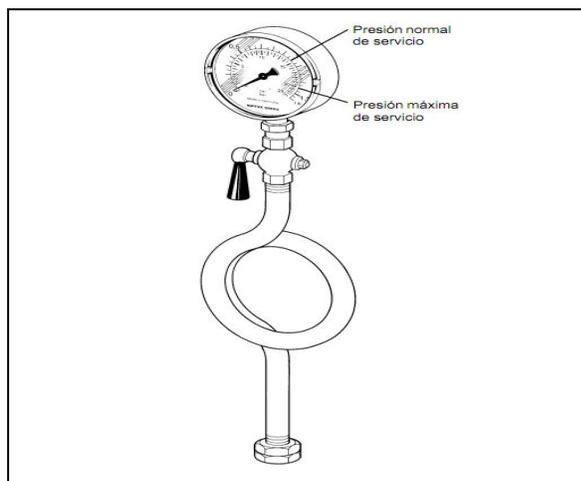
Permiten tomar lecturas de la temperatura del tanque de condensado, combustible y gases en la chimenea, pueden ser en escalas de grados centígrados o grados fahrenheit.

2.1.6. Manómetros

Permiten tomar lecturas de la presión del agua de alimentación, combustible y vapor en la caldera. El rango de lectura en los manómetros se pueden encontrar en psi (libras por pulgada cuadrada) o en bar, $1 \text{ bar}=14.7 \text{ psi}$. Estos manómetros deben estar capacitados para medir, como mínimo 75 psi más que la presión de trabajo, por ejemplo: se tiene una caldera que trabaja a una presión de 100 psi, el rango de lectura del manómetro de vapor debe tener como mínimo 175 psi, para evitar que se deteriore.

El manómetro más utilizado en sistemas de vapor es el tipo burdon, este manómetro debe tener marcado la presión de trabajo normal (indicado por una línea roja) y la presión de diseño de trabajo máximo permisible (indicado por una línea morada). Los manómetros, normalmente, se conectan al espacio vapor de la caldera por un tubo sifón en R que está lleno de vapor condensado para proteger el mecanismo de altas temperaturas.

Figura 9. Manómetro con sifón tipo R



Fuente: Guía de referencia técnica de calderas y accesorios Spirax Sarco. p. 33.

2.1.7. Trampas de vapor

Son equipos auxiliares en líneas o equipos de calentamiento de vapor, la función principal consiste en drenar el condensado que se forma de la condensación del vapor en sistemas de calentamiento, sin permitir fuga de vapor, para así asegurar que la temperatura deseada del proceso no varíe. Adicionalmente, una buena trampa debe ser capaz de descargar el aire y gases no condensables atrapados en el sistema.

Las trampas de vapor son de mucha importancia, uno de sus atributos es el de economizar grandes cantidades del combustible requerido para calentar las inmensas cantidades de agua, lo que conlleva a un ahorro los costos de operación.

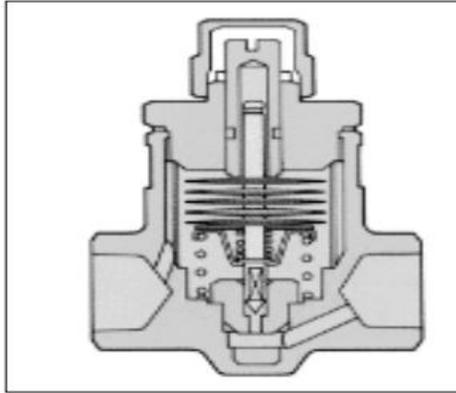
Tan pronto como el vapor deja la caldera, empieza a ceder parte de su energía a cualquier superficie de menor temperatura. Al hacer esto, parte del vapor se condensa convirtiéndose en agua, prácticamente a la misma temperatura.

Las trampas de vapor se dividen en los siguientes grupos:

- Termostática

Operan mediante un sensor de temperatura, el que identifica la temperatura del vapor y el condensado. Como el vapor se condensa adquiere una temperatura menor a la del vapor, cuando esta temperatura del condensado llega a un valor específico, la trampa se abrirá para drenar el condensado.

Figura 10. **Trampa de vapor termostática**



Fuente: Trampas de vapor Armstrong Catalogo No. 108-CS. p. 25.

Éstas trabajan con la diferencia de densidad entre el vapor y el condensado. Estas trampas trabajan mediante un flotador, el cual hace de válvula, en la que, cuando se acumula condensado, ésta se abre descargándolo.

Figura 11. **Trampa de vapor mecánica**



Fuente: Trampas de vapor Armstrong Catalogo No. 108-CS. p. 26.

- Termodinámica

Operan con el principio de diferencia entre el flujo de vapor sobre la superficie, comparado con el flujo de condensado. Al entrar el vapor, éste viene con una velocidad mayor y el disco que usan como válvula se cierra, y éste disco se abre al presentarse la baja velocidad del condensado.

Figura 12. **Trampa de vapor termodinámica**



Fuente: Trampas de vapor Armstrong Catalogo No. 108-CS. p. 36.

2.1.8. Válvulas

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico, el cual es un instrumento de control para la industria. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más

simples hasta los más corrosivos y tóxicos. Entre la gran variedad de válvulas que existen en la red de distribución de vapor, por lo regular se tienen las siguientes:

- Válvula de compuerta

Es utilizada para el flujo de fluidos limpios y sin interrupción, este tipo de válvula no es recomendable para estrangulamiento, ya que posee un disco que se alterna con el cuerpo lo que causaría una erosión arruinando su funcionamiento. En las válvulas de compuerta el área máxima del flujo es el área el círculo formado por el diámetro nominal de la válvula, debido a esto es que se recomienda el uso en posiciones extremas, o sea, completamente abierta o completamente cerrada, ya que de ser así ofrecen la mínima resistencia al paso del fluido y así su caída de presión es muy pequeña. También para mínimas cantidades de fluido o liquido atrapado en la tubería.

Figura 13. **Válvula de compuerta**

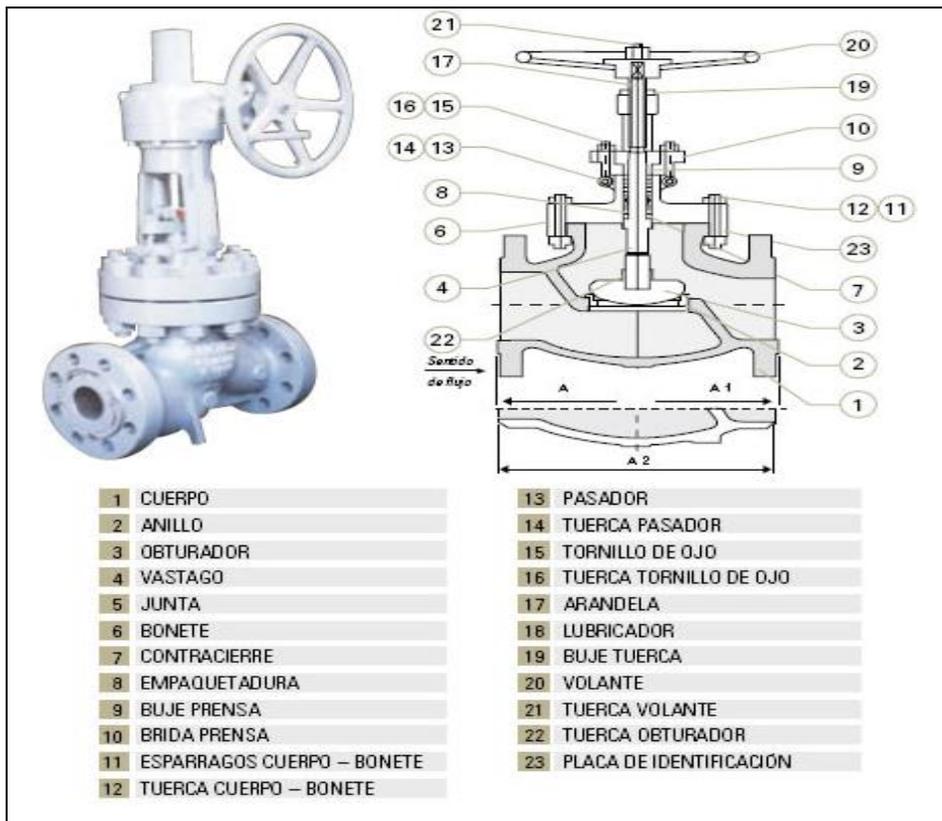


Fuente: YÉPEZ, Josselyn. [en línea] <<http://visitasdeinstrumentacion.blogspot.com>>. Consulta: 2 de abril de 2011.

- Válvulas de globo

La principal función de las válvulas tipo globo es regular el flujo de fluido, éstas regulan el fluido desde el goteo hasta el sellado hermético, debido a que la caída de presión es bastante fuerte (en todo caso siempre controlada) se utilizan en servicios donde la válvula de compuerta no puede estrangular o dar un servicio eficiente. Una de las características que posee esta válvula es la construcción interna, donde posee un disco o macho cuyo movimiento se alterna dentro del cuerpo.

Figura 14. Válvula de globo



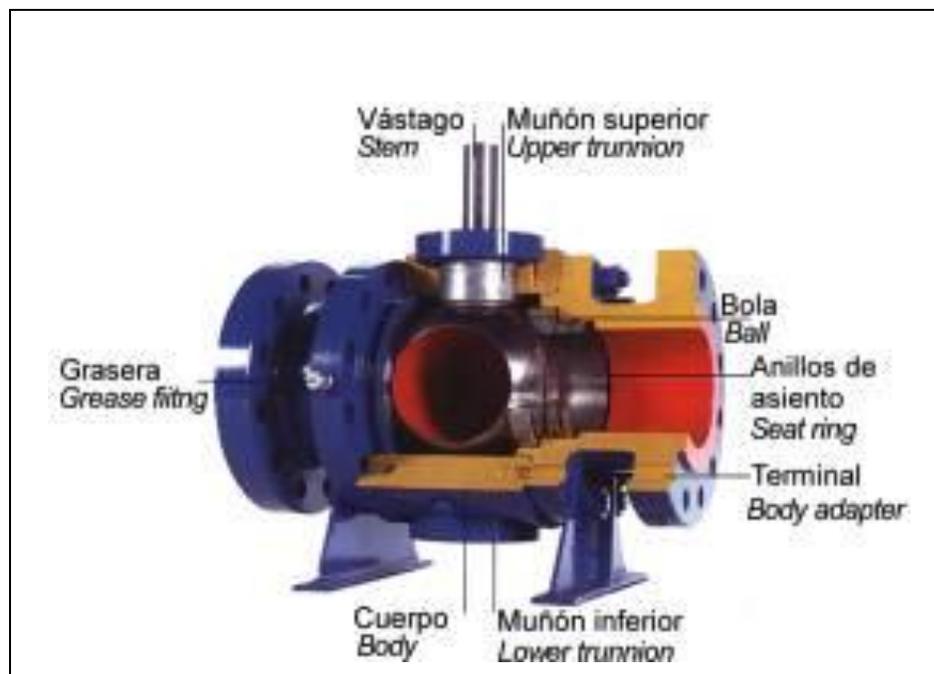
Fuente: YÉPEZ, Josselyn. [en línea] <<http://visitasdeinstrumentacion.blogspot.com>>. Consulta: 2 de abril de 2011.

- Válvula de bola

Las válvulas de bolas son de acción más rápida, y de cierre más hermético que las válvulas de globo o compuerta del tipo convencional, son una combinación de una esfera perfecta apoyada a muñones con asientos móviles. Se aplican muchos servicios en los que, con anterioridad se empleaban válvulas del tipo convencional.

La válvula de bola está limitada a las temperaturas y presiones que permite el material de asiento. Se puede emplear para vapor, agua, aceite, gas, aire, fluidos corrosivos, pastas aguadas y materiales pulverizados secos.

Figura 15. **Válvula de bola**



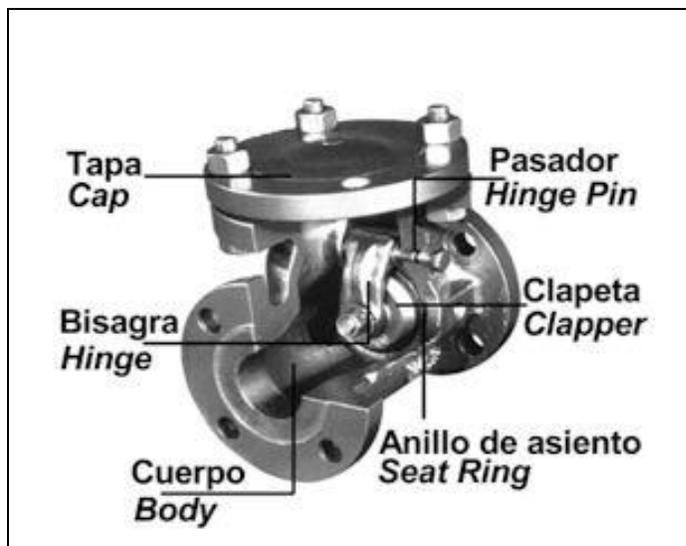
Fuente: GONZÁLEZ, Jorge. [en línea] <[www.Profesaulosuna.com /data/files/.../VALVULAS/VALVULAS.doc](http://www.Profesaulosuna.com/data/files/.../VALVULAS/VALVULAS.doc)>. Consulta: 6 de abril 2011.

- Válvula de retención (cheque)

Estas válvulas son de accionamiento automático, funcionan sin controles externos y dependen para su funcionamiento de sentido de circulación o de las presiones en el sistema de tubería. Como se utilizan en combinación con válvulas de control de circulación, la selección de la válvula, con frecuencia, se hace sobre la base de las condiciones para seleccionar la válvula de control de circulación.

Este tipo de válvula se recomienda, especialmente si se necesita resistencia mínima a la circulación, cuando hay cambios poco frecuentes del sentido de circulación de la tubería, para servicio en tuberías que tienen válvulas de compuerta, para tuberías verticales que tienen circulación ascendente.

Figura 16. **Válvula de retención**

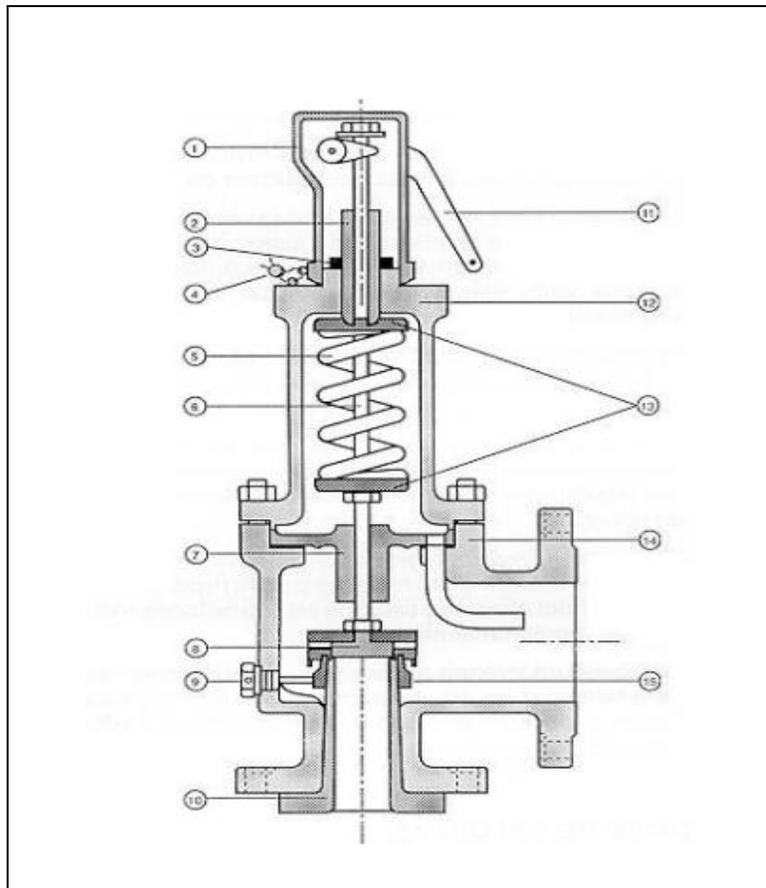


Fuente: GONZALEZ, Jorge. [en línea] <www.Profesaulosuna.com /data/files/.../VALVULAS /VALVULAS.doc>. Consulta: 6 de abril 2011.

- Válvulas de seguridad:

Son aquéllas que protegen a los equipos rotativos o estáticos, de presiones por encima de lo estipulado en su funcionamiento. En ningún caso se debe hacer el ajuste de la válvula de seguridad mientras está instalada. Estas válvulas desempeñan un papel muy importante en la seguridad de una unidad de proceso.

Figura 17. **Válvula de seguridad**



Fuente: CEJALVO, Lapeña. [en línea] <[www.insht.es/InshtWeb /contenidos/documentación/fichastécnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_342.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/contenidos/documentación/fichastécnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_342.pdf)>. Consulta: 6 de abril 2011.

2.1.9. Aislantes

El aislamiento en las tuberías se utiliza para reducir la pérdida de calor sobre consideraciones de tipo económico. Una conductividad térmica baja es la propiedad que distingue el aislamiento térmico.

El aislamiento térmico de tuberías conductoras de vapor y de equipos con camisas de vapor y accesorios es muy importante para lograr una eficiencia del vapor y a la vez ahorrar energía. Una tubería sin aislar o mal aislada, aparte de las pérdidas de energía, ocasiona problemas mecánicos por el incremento de condensados, tales como:

- Al tener condensados adicionales a los producidos por los intercambiadores, las trampas de vapor deberán desalojarlos teniendo que trabajar más, con mayor desgaste y mayor mantenimiento.
- Ocurre mayor desgaste de tuberías por el transporte de condensados.
- Riesgo grande de golpes de ariete, principalmente en las tuberías mal drenadas.

2.2. Equipo que utilizan vapor

Entre los equipos que utilizan vapor en los rastros industriales se pueden mencionar los empleados en la planta de subproductos (si el rastro lo tiene), como equipo de secado de sangre, hornos de cocción y fundidores, depósitos de grasas, máquinas centrifugas etc.

Entre otros equipos utilizados están, el o los tanques de agua caliente utilizados en mayor proporción en el área de matanza y producción de la carne, como también para la limpieza del rastro. Otros equipos son los esterilizadores, utilizado para la limpieza de herramientas utilizadas en el proceso de matanza de las reses, también el vapor es utilizado en otros servicios como lavandería y limpiezas generales del matadero, para evitar problemas de sanidad en los equipos y en el lugar de operación.

2.2.1. Tanque de agua caliente

El acumulador de agua caliente es un tanque con hierro forrado con aislante adaptado con un serpentín en su parte inferior, por donde circula el vapor y en la parte superior, por donde retorna el condensado a su línea de retorno.

En un rastro necesitan, normalmente suministros constantes de agua caliente, para los lavados y procesos en la producción de carne diariamente. Por lo regular se clasifican los tanques de agua caliente por su tamaño y capacidad para satisfacer las demandas máximas, aunque el uso algunas veces excede el rendimiento del calentador. Esto se logra seleccionando un tanque de tamaño suficiente, con el aislamiento adecuado y diseñado para impedir que el agua fría entrante se mezcle con el suministro del agua caliente, estos tanques, normalmente se diseñan para prevenir la oxidación.

2.2.2. Esterilizadores

Son equipos especiales para la esterilización de las herramientas utilizadas en el faenado del bovino, como cuchillos y otros utensilios. El funcionamiento de un esterilizador de un rastro es eliminar y limpiar la mayor

cantidad de microbios que tienen las herramientas utilizadas anteriormente en los procesos de sacrificio de los bovinos.

2.3. Tuberías

El medio de conducción y distribución del vapor es la tubería, la cual transporta el fluido a presiones altas que causan esfuerzos de trabajo sobre las paredes de los tubos. La adecuada disposición de la tubería da un buen aspecto a la instalación y tiene como fin reducir al mínimo las resistencias por fricción. En la instalación se encuentra una tubería de la cual otras de menor diámetro transportan el vapor hasta los equipos individuales.

2.3.1. Tipos de tuberías

- Tuberías de acero y hierro dulce: éstas se utilizan para transportar vapor, agua, aceites y gases, como también en aquellos casos donde haya altas temperaturas y presiones. Las tuberías de acero y hierro dulce, se especifican por el diámetro nominal, el cual es siempre menor que el diámetro interno (DI) real de la tubería. Hasta hace poco este tipo de tuberías sólo se conseguía en tres clases: standard, extrafuerte y doble extrafuerte. Para usar accesorios comunes en estas tres clases de tuberías, el diámetro externo (DE) es el mismo y el metal adicional se añade interiormente, disminuyendo el diámetro interior (DI), para aumentar el espesor de las tuberías extrafuerte y doble extrafuerte.

Debido a la demanda de una gran variedad de tuberías en uso en donde se encuentran presiones y temperaturas muy elevadas, el ASA y la CSA distinguen diez clases diferentes de tuberías, cada una de ellas identificada por el número de cédula, la tubería estándar se conoce como tubería cédula

40 y la tubería extrafuerte se conoce como tubería cédula 80. Las tuberías con diámetros superiores a 12 pulgadas se conocen como tuberías de diámetro externo (DE) y el diámetro nominal se conoce como diámetro externo de la tubería.

- Tuberías de hierro fundido: éstas se instalan generalmente, bajo tierra para transportar agua, gas y aguas negras. También se usan para la conducción de vapor a bajas presiones. Los acoplamientos de tubería de fierro fundido, generalmente, son del tipo de bridas y del tipo de campanas y espigo.
- Tuberías sin costura de latón y cobre: éstas se usan extensamente en instalaciones sanitarias debido a sus propiedades anticorrosivas. Tienen el mismo diámetro nominal de las tuberías de acero o fierro, pero el espesor de sus paredes es menor.
- Tuberías de cobre: se usan en instalaciones sanitarias y de calefacción en donde hay que tener la vibración y el desalineamiento como factores de diseño, por ejemplo: en diseño automotriz, hidráulico y neumático.

2.3.2. Características de las tuberías

Las tuberías generalmente se identifican por:

- La clase de material
- El tipo de unión
- El diámetro interior
- La presión nominal de trabajo
- El espesor del material (depende de la presión nominal).

La presión máxima de trabajo a la que la tubería podrá estar sometida será una fracción de la presión nominal; el valor fraccionado depende de la temperatura máxima que puede alcanzar el fluido conducido.

2.3.3. Códigos y normas para tuberías

Las normas más utilizadas en el análisis de sistemas de tuberías son las normas conjuntas del American Estándar Institute y la American Society of Mechanical Engineers ANSI/ASME B31.1, B31.3, etc. Cada uno de estos códigos recoge la experiencia de numerosas empresas especializadas, investigadores, ingenieros de proyectos e ingenieros de campo en áreas de aplicación específicas:

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

En lo que concierne al diseño, todas las normas son muy parecidas, existiendo algunas discrepancias con relación a las condiciones de diseño, al cálculo de los esfuerzos y a los factores admisibles.

2.3.4. Diámetros de las tuberías

El tubo estándar norteamericano de acero o de hierro dulce o forjado hasta 12 pulgadas de diámetro se designa por su diámetro interno nominal, el cual difiere algo del diámetro interno real.

Todos los tubos de diámetro mayor de 12 pulgadas, se designan por sus diámetros exteriores y se especifican por su diámetro exterior y el espesor de pared. Los tubos para calderas, de todos los tamaños, se designan por sus respectivos diámetros exteriores.

Para la determinación del diámetro de la tubería de vapor es necesario conocer algunas características del sistema de vapor, las cuales dependen fundamentalmente de las condiciones del proceso, es decir, del caudal, la velocidad y la presión del fluido.

3. CÁLCULO DEL SISTEMA DE VAPOR Y AGUA CALIENTE

3.1. Cálculo del generador de vapor

Lo primero que debe tomarse en cuenta para determinar la capacidad del generador de vapor, es precisamente, la demanda de vapor existente en el proceso, teniendo presente que la selección de un generador de vapor con capacidad excesiva con respecto a la demanda resultaría antieconómica; así mismo, si la capacidad del generador de vapor es menor que la requerida, nunca se llegaría a cubrir la demanda y por lo tanto serviría solamente de una forma parcial.

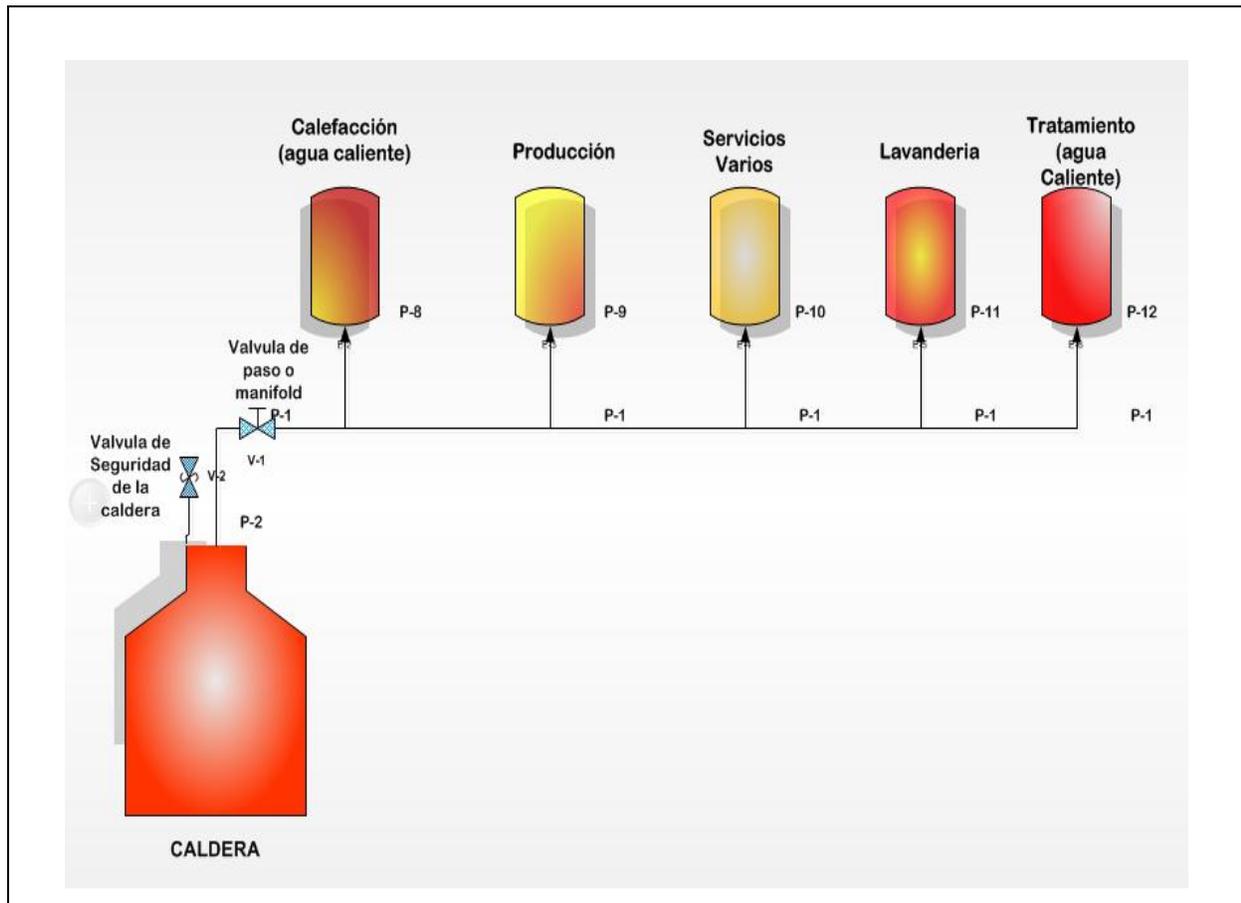
Otro factor importante a considerar, es la presión de vapor que se requiere en el proceso térmico en donde se va a utilizar el generador de vapor. Además, la selección del generador de vapor debe ser tal, que éste funcione y preste el servicio de manera eficiente.

3.1.1. Balance de cargas térmicas

El balance térmico se refiere a la determinación de las cargas caloríficas existentes en el proceso, expresadas en unidades de potencia (Kcal/h o caballos caldera BHP) o en cantidad de vapor (kg/h o lbm/h). En el proceso de la producción de la carne existen varios equipos térmicos y departamentos que necesitan ser abastecidos de vapor y éstos son:

- Equipo de calefacción, agua caliente
- Equipo de producción
- Lavandería
- Servicios varios (esterilizadores, etc.)
- Tratamientos, agua caliente

Figura 18. **Departamentos abastecidos de vapor en la producción carne**



Fuente: elaboración propia.

Las pérdidas de energía por radiación y convección natural de estos equipos son difíciles determinar, pero como regla general puede estimarse que éstas son del 10% de la carga térmica de cada equipo cuando éstos se encuentran aislados correctamente y, del 20% cuando éstos no poseen ningún aislamiento térmico.

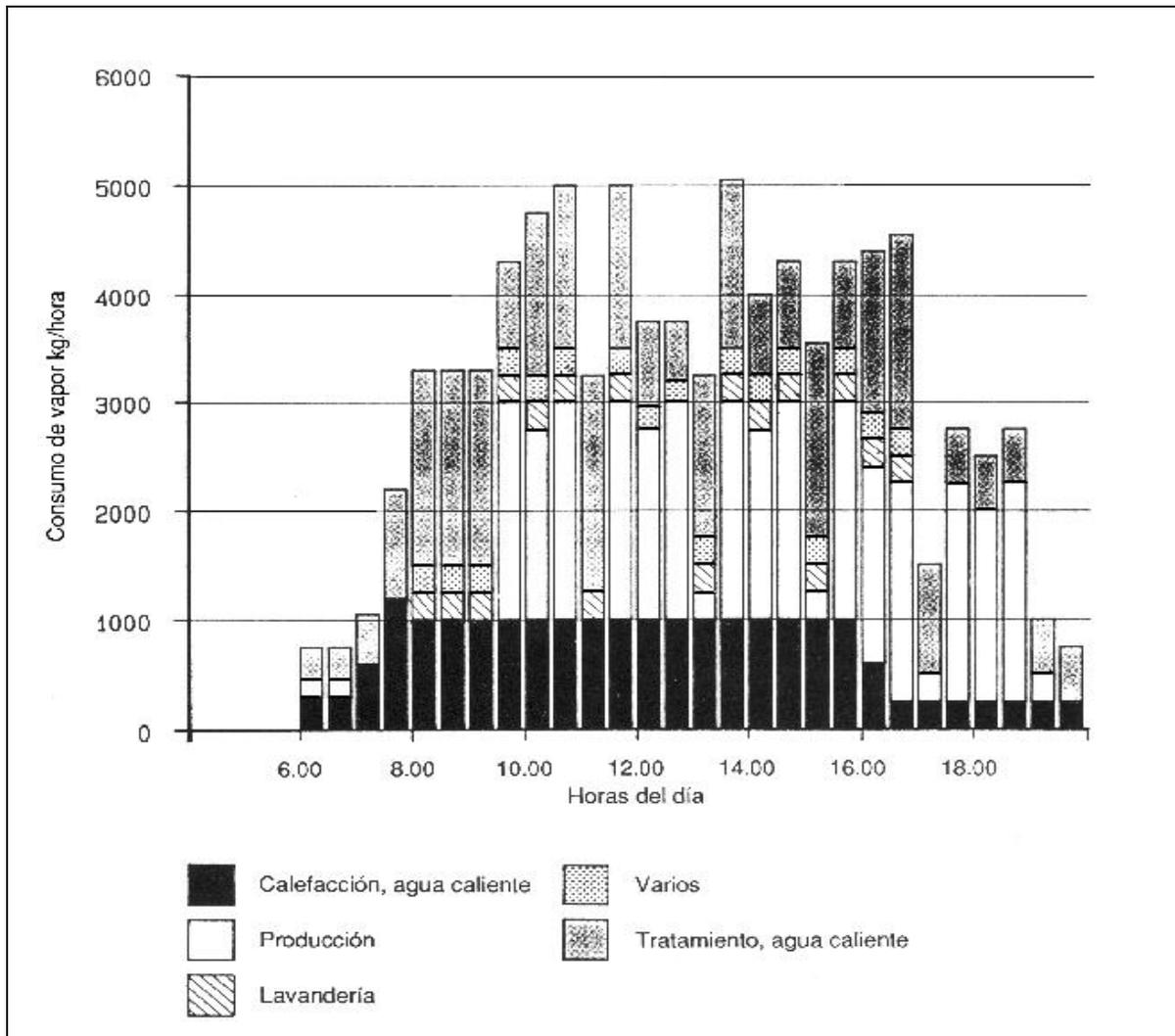
Como en toda industria, se tiene por objetivo operar con bajos costos operativos, su principal interés es ahorrar evitando pérdidas de energía innecesarias en los equipos; por lo tanto, se va a considerar que estos equipos se encuentran aislados correctamente y que las pérdidas de calor por radiación y convección serán del 10% de la carga térmica que demande.

3.1.2. Consumo de vapor del rastro

El vapor requerido para un rastro de mediano tamaño es utilizado en varias etapas del procesamiento de carne y es exclusivamente para fines de calentamiento directo e indirecto. El matadero municipal de Zaragoza pretende ser un rastro industrializado a los más altos niveles de los países desarrollados, empezando como un rastro de mediano tamaño con intenciones en un futuro de ampliar las instalaciones a un rastro de tamaño grande.

El consumo de vapor requerido en un rastro, depende del horario de trabajo, del tamaño y de la cantidad de trabajadores en la producción de la carne; todos estos factores hacen que en cierto tiempo habrá mayor y menor consumo de vapor, en la figura 19 se presenta una gráfica con el consumo de vapor requerido para un rastro de mediano tamaño, según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Figura 19. Consumo de vapor en un matadero mediano



Fuente: VEALL, Frederick. [en línea] <www.fao.org/DOCREP/004/T0566S/T0566S00.HTM#TOC>. Consulta: 15 de abril 2011.

Es importante aclarar que la reglamentación que utiliza el MAGA en Guatemala es diferente a la de otros países, pero en algunas cosas similares a las que utiliza FAO, ejemplo de una de las diferencias es la gráfica anterior que es utilizada para el consumo de vapor de un rastro mediano según FAO, pero

para la reglamentación en Guatemala esta gráfica de consumo de vapor puede ser utilizada para un rastro de tamaño grande según la clasificación de los mataderos del país (tabla I).

Como el rastro está contemplado al iniciar con poca producción de carne, las reses faenadas diarias serán 20 y paulatinamente aumentar la producción hasta tener un rastro mediano, con capacidad de 50 reses diarias destazadas. La municipalidad y su administración tiene como objetivo en un futuro, llevar el rastro a que pueda utilizarse también para sacrificio de porcinos, que tenga planta de subproductos y que las instalaciones sean lo más completas en su funcionamiento. Debido a estas circunstancias el consumo de vapor utilizado será la mitad de lo que indica la gráfica (figura 19), por la variación de las Normas de MAGA y FAO, y considerando que el matadero tendrá una capacidad mediana, en la tabla II se muestran los requerimientos de vapor máximos para cada una de las operaciones de producción de carne.

Tabla II. **Consumo máximo de vapor de cada operación**

Utilización del vapor	Consumo de vapor
Calefacción, agua caliente	$1,218.76 / 2 = 609.38$ kg/hora
Producción	$2000 / 2 = 1,000$ kg/hora
Lavandería	$250 / 2 = 125$ kg/hora
Varios	$250 / 2 = 125$ kg/hora
Tratamientos, agua caliente	$2000 / 2 = 1,000$ kg/hora

Fuente: elaboración propia, con datos de FAO.

El consumo de vapor del rastro en su punto máximo según se muestra en la figura 19, es 5,062.5 kg/h, aproximadamente entre las 13,00 y 14,00 horas del día, pero el consumo que se utilizará para la selección del generador será la suma de los consumos de vapor en sus puntos máximos de cada operación, los cuales se muestran en la tabla II.

Demanda de vapor = suma de consumos de vapor máximos

Demanda de vapor = 2,859.38 kg/h

Estimando pérdidas de energía por radiación y convección natural en un 10% resulta:

Demanda de vapor= 1,1 (2,859.38 kg/h) = 3,145.32 kg/h

Para esta aplicación no se tomó en cuenta el factor de 25% para futuras ampliaciones, debido a que la administración del rastro, como anteriormente se había mencionado, piensa en crecer paulatinamente con la producción de carne, también, conociendo que Guatemala no es un país ganadero por excelencia, se decidió no tomar en cuenta este factor con el fin de no sobredimensionar la caldera y evitar riesgos y gastos innecesarios de sentido económico.

Comercialmente, las calderas son proporcionadas por los caballos caldera (BHP) que puede desarrollar. Para obtener la demanda de vapor en términos de BHP se usará la tabla III.

Tabla III. Factores de conversión BHP

Capacidad de la caldera	Factor de conversión (HP)
Libras de Vapor por hora	Divide / 34.5
BTU's	Divide / 33,475
Pies cuadrados - tubo de agua	Divide / 10
Pies cuadrados - tubo de humo	Divide / 12

Fuente: Manual de la calidad de agua para generadores de vapor de Sisteagua. p. 12.

Para el factor en 34.5 se debe tener el consumo de vapor en lb/hora entonces: 3,145.32 kg/h equivalen a 6,919.70 lb/h, con este valor se puede calcular la demanda de la caldera en BHP y se obtendrá:

$$\text{Demanda de vapor} = (6,919.70 \text{ lb/h}) / 34.5$$

$$\text{Demanda de vapor} = 200 \text{ BHP}$$

3.1.3. Presión de trabajo del generador de vapor

Los generadores de vapor son recipientes cerrados, y a medida que se va generando más vapor dentro de este recipiente, más espacio se necesita, por lo que tiene que comprimirse. Por este motivo, el vapor se expande en todas las direcciones ejerciendo presión sobre las paredes del generador y sobre la superficie del agua, conociéndose ésta como presión de vapor o trabajo.

Los generadores de vapor pirotubulares operan, generalmente, entre las presiones de 150 psi y 300 psi. Si se desea una presión menor lo recomendable es colocar un banco reductor de presión, pero en lugar donde se requiere dicha presión más no a la salida de la caldera. Debe evitarse trabajar

con presiones menores que las del diseño, debido a que esto puede causar formación de burbujas del lado del agua del caldero, éstas incrementan su tamaño y reducen el espacio determinado para el vapor, esto ocasiona una aceleración en la salida, por lo que puede causar desgaste en las válvulas próximas al generador de vapor, y un dimensionamiento mayor de las tuberías principales, por el contenido de humedad que arrastraría el vapor.

El suministro de vapor o de agua caliente para todos los niveles de la producción es tecnológicamente necesario y las aportaciones de vapor suelen dividirse en dos o tres categorías: de alta y baja presión. Las principales necesidades de vapor se dan en los departamentos de tratamiento o de subproductos (cuando están incorporados) y en menor grado en los pisos donde se efectúa la matanza. La primera carga de vapor es de alta presión, que llega hasta 7 bar (102 psi), y la última es principalmente una carga térmica de baja presión, que llega hasta 2 bar (29 psi).

Si se desprecian las pérdidas de presión en la tubería de vapor y accesorios, el generador de vapor según lo anterior debe ser capaz de desarrollar una presión absoluta mínima de 7 bar, es decir, 102 psi.

Por otro lado, un caballo caldera se define como la producción de 15,65 kg/h de vapor saturado a 100 °C utilizando agua de alimentación a 100 °C. Como el agua de alimentación ingresa a la caldera a una presión ligeramente mayor que la presión de operación, que en este caso la presión de operación o de diseño de la caldera será de 150 psi, como también el agua de alimentación ingresa a una temperatura aproximadamente de 80 °C, que es menor a la temperatura de saturación correspondiente a la presión de operación, es por eso que se va a necesitar calor adicional (calor sensible) para calentar el agua hasta obtener líquido saturado.

Este calor adicional es calculado por medio de la tabla IV, en donde se involucra un factor de evaporación FE, que depende de las condiciones de presión de operación de la caldera y de la temperatura del agua de alimentación; para este caso 150 psi y 80°C. Este factor de evaporación se define como:

$$FE = \text{evaporación nominal} / \text{evaporación real}$$

Tabla IV. Factores de evaporación

TEMP °C	PRESION (Psi)														
	5	10	20	50	70	90	100	110	130	150	170	190	200	225	250
0	1.19	1.19	1.2	1.214	1.219	1.223	1.225	1.226	1.229	1.231	1.233	1.235	1.236	1.237	1.239
4.4	1.18	1.18	1.19	1.206	1.211	1.215	1.217	1.218	1.221	1.223	1.225	1.227	1.227	1.229	1.231
10	1.17	1.17	1.18	1.196	1.201	1.205	1.206	1.208	1.211	1.213	1.215	1.216	1.217	1.219	1.22
15.6	1.16	1.16	1.17	1.185	1.19	1.194	1.196	1.198	1.2	1.202	1.204	1.206	1.207	1.209	1.21
21.1	1.15	1.15	1.16	1.175	1.18	1.184	1.186	1.187	1.19	1.192	1.194	1.196	1.196	1.198	1.2
26.7	1.14	1.14	1.15	1.162	1.17	1.174	1.176	1.177	1.18	1.182	1.184	1.185	1.186	1.188	1.189
32.2	1.13	1.13	1.14	1.154	1.16	1.164	1.165	1.167	1.17	1.172	1.173	1.175	1.176	1.178	1.179
37.8	1.12	1.12	1.13	1.144	1.149	1.153	1.155	1.156	1.159	1.161	1.163	1.165	1.166	1.167	1.169
43	1.11	1.11	1.12	1.134	1.139	1.143	1.145	1.146	1.149	1.151	1.153	1.155	1.155	1.157	1.159
49	1.1	1.1	1.11	1.124	1.129	1.133	1.134	1.136	1.139	1.141	1.143	1.144	1.145	1.147	1.148
54	1.09	1.09	1.1	1.113	1.118	1.123	1.124	1.126	1.128	1.13	1.132	1.134	1.135	1.137	1.138
60	1.08	1.08	1.09	1.103	1.108	1.112	1.114	1.115	1.118	1.12	1.122	1.124	1.125	1.126	1.128
66	1.07	1.08	1.08	1.093	1.098	1.102	1.104	1.105	1.108	1.11	1.112	1.114	1.114	1.116	1.118
71	1.06	1.07	1.07	1.082	1.088	1.092	1.093	1.095	1.097	1.1	1.102	1.103	1.104	1.106	1.107
77	1.05	1.05	1.06	1.072	1.077	1.081	1.083	1.084	1.087	1.089	1.091	1.093	1.094	1.095	1.097
82	1.04	1.04	1.05	1.062	1.067	1.071	1.073	1.074	1.077	1.079	1.081	1.083	1.083	1.085	1.087
88	1.03	1.03	1.04	1.052	1.057	1.061	1.062	1.064	1.066	1.069	1.071	1.072	1.073	1.075	1.076
93	1.02	1.02	1.03	1.041	1.047	1.05	1.052	1.053	1.056	1.058	1.06	1.062	1.063	1.064	1.066
99	1.01	1.01	1.02	1.031	1.036	1.04	1.042	1.043	1.046	1.048	1.05	1.052	1.052	1.054	1.056

Fuente: ALVARADO, Rommel. *Cálculo de sistema de vapor para la industria de concentrado de maracuyá*. p. 169.

La evaporación real se refiere a la demanda de vapor en todos los puntos de consumo en el proceso, este valor ya fue calculado anteriormente y es de 200BHP, con la temperatura 80 °C y presión de operación de 150 psi se obtiene de la tabla IV un factor de evaporación de 1,083.

Por lo tanto, la evaporación nominal o capacidad nominal deberá ser de:

Capacidad nominal= (200 BHP) (1,083)

Capacidad nominal= 216,6 BHP

Es decir, el generador de vapor a elegirse deberá ser capaz de transferirle 217 BHP (2,128.70 Kw), al agua de alimentación que entra a una temperatura de 80 °C.

3.1.4. Factores de selección del generador

Además de la capacidad y de la presión de trabajo, los factores que se consideran para seleccionar un generador de vapor son:

- Agua de alimentación disponible
- Tiempo de operación diaria del generador
- Tipo de caldera a usar
- Número de unidades
- Tipo de combustible a usar
- Espacio disponible
- Disponibilidad de energía eléctrica

3.1.5. Selección del generador de vapor

La selección del generador de vapor debe hacerse una vez analizados todos los factores de selección de calderas, no hay que prescindir de ninguno, ya que una mala selección representaría egresos económicos innecesarios para una empresa.

Analizando cada uno de los factores de selección de calderas, se tiene que Chimaltenango tiene una buena red de distribución de agua potable que opera todo el día. El suministro de energía eléctrica en el municipio de Zaragoza es ininterrumpido; sin embargo, es necesario contar con una fuente de suministro propia para posibles cortes.

La disponibilidad de espacio no presenta problema debido a que el sector donde será construido el rastro cuenta con suficientes extensiones de terrenos posibles. En Guatemala hay una gran diversidad de combustibles por el cual este aspecto no es ningún problema a tomar en cuenta. La jornada de trabajo diaria será de 12 horas, por lo que el tiempo de funcionamiento de la caldera será de 12 horas.

Tomando como guía la figura 20, se tiene que para una presión de 150 psi y una demanda de vapor de 217BHP (7,486.5 lb/h), es recomendable usar una caldera pirotubular. De acuerdo también, con la figura que proporciona una variedad de calderas que ofrece la empresa Cleaver Brooks, se recomienda comprar un generador de vapor con una potencia de salida de 250BHP, es decir, para que funcione alrededor de un 80% a 85% de la capacidad máxima.

Figura 20. **Calderas Cleaver Brooks**

	Caballo Caldera	Presión de Diseño		Capacidad de Generación
	H. P.	PSI.	PSI.	lb/hr.
	125	de 150		4312.5.
	150	de 150	a 300	5175.
	200	de 150	a 300	6900.

	Caballo Caldera	Presión de Diseño		Capacidad de Generación
	H. P.	PSI.	PSI.	lb/hr.
	250	de 150	a 300	8625
	300	de 150	a 300	10350
	350	de 150	a 300	12075.

Fuente: Cleaver Brooks México. *Catálogo* [en línea] <www.cleaverbrooks.com.mx>. Consulta: 16 de abril de 2011.

A continuación se detallan las principales características del generador de vapor, marca Cleaver Brooks, a utilizarse según los requerimientos:

- Capacidad real de generación de vapor: 250BHP.
- Por la presión de diseño: de baja presión (150 psi).

- Por la presión máxima de operación en el matadero: 120 psi.
- Por la disposición de los tubos: tubos rectos.
- Por el número de pasos: 4 pasos.
- Por la situación relativa de los espacios de combustión y agua: pirotubular.
- Por la posición de las calderas: horizontal.
- Por la energía consumida: energía química, *fuel oil* conocido también, como bunker N° 6.

La recomendado es, cuando los planes futuros de ampliar las instalaciones a un matadero de tamaño grande, lo mejor opción será instalar otra caldera de las mismas características con los beneficios que esto traerá, por ejemplo, tener un mejor control debido que al tener 2 generadores se asegura tener siempre vapor en las instalaciones y así facilitar el mantenimiento de los equipos.

3.1.6. Control de generación de vapor

Los controles automáticos de los generadores de vapor cumplen dos funciones básicas: regulación y seguridad. La verificación de la eficiencia de operación de cada uno de ellos debe ser frecuente y rigurosa, ya que las calderas son equipos industriales de alto peligro; esta verificación puede ser efectuada a través de instrumentos de medición de temperatura, presión, composición química de gases de combustión, etc.

Como a la caldera se le exige mantener una presión de trabajo constante para la gran variedad de caudales de consumo, ésta debe ser capaz de: aportar una energía calorífica suficiente a través de la combustión del combustible con el aire; desde el punto de vista de seguridad, el nivel debe estar controlado y

mantenido dentro de ciertos límites; y por último, garantizar una llama segura en la combustión.

A continuación se describen los dispositivos de control más importante del generador de vapor:

- Control de la combustión

La regulación de la combustión es requerida para mantener constante la presión de vapor en la caldera. Sus variaciones son tomadas como una medida de la diferencia entre el calor que produce la caldera en forma de vapor y el calor que se suministra con la combustión. Generalmente, el controlador de la presión de vapor en las calderas, ajusta la válvula de control de combustible. La señal precedente del caudal de aire es modificada por un relé de relación para ajustar la relación entre el aire y el combustible, para luego pasar a un controlador que la compara con la señal de caudal de combustible. Si la proporción no es correcta, se emite una señal al servomotor de mando del ventilador o a la válvula de mariposa que regula el paso del aire, para que el caudal de aire se ajuste hasta que la relación combustible-aire sea correcta.

- Control de la llama

El control de la llama es muy importante desde el punto de vista de seguridad en la operación de los generadores de vapor. Para que el funcionamiento de los quemadores sea correcto, éstos necesitan que la llama producida por el combustible sea estable y de calidad, además se mantenga en estas condiciones mientras el quemador se encuentre en marcha.

- Presostatos

Los presostatos son dispositivos de control de presión con fines de proporcionar la seguridad operacional de los generadores de vapor su función es limitar los excesos de presión de vapor actuando en combinación con el circuito eléctrico, que está a su vez conectado con el motor del quemador. Los presostatos, también pueden ser usados en el circuito de combustible para detectar fallas por baja presión de combustible, la misma que no sea suficiente para mantener una adecuada combustión.

3.2. Cálculo del sistema de combustible del generador

Se entiende por sistema de combustible de una caldera al conjunto de componentes requeridos para proveer de combustión a la misma. Los principales componentes de un sistema de combustible son:

- Tanque de combustible
- Bomba de combustible
- Quemadores de combustible
- Accesorios

3.2.1. Combustibles usados en los generadores

Para los ingenieros que están directamente involucrados con el área de diseño y operación de calderas, es necesario definir términos relacionados con la combustión. La combustión puede considerarse como la unión química del combustible y el oxígeno del aire. El aire es la fuente común de oxígeno para la combustión en las calderas; es una mezcla de oxígeno, nitrógeno y pequeñas cantidades de vapor de agua, dióxido de carbono, argón y otros elementos.

Los combustibles son sustancias orgánicas utilizadas, principalmente, para la producción de calor útil, y se clasifican en sólidos, líquidos y gaseosos. Los combustibles utilizados en la operación de las calderas en el país son:

- Carbón
- Madera
- Gas
- Kerosene
- Bagazo de caña de azúcar
- *Fuel oil* (No.2)
- *Diesel oil* (No. 6)

El carbón y la madera son combustibles que no son utilizados para generar vapor a nivel industrial, el gas tampoco es utilizado para generar vapor por su costo elevado, sólo se usa en cocinas a gas, es decir, en aplicaciones domésticas y en algunas industrias alimenticias. El bagazo de caña de azúcar complementariamente lo usan los generadores de vapor de los ingenios de azúcar.

El *diesel oil* es recomendable en calderas de hasta 80 BHP, con un tiempo de operación de 10 a 16 horas por día, siendo un combustible limpio y fácil de almacenar, no requiriendo de gran cantidad de equipo para su manipulación.

El *fuel oil* es un combustible más barato que el *diesel oil*, y a pesar que presenta varias dificultades en su almacenamiento y manipulación (por su alta viscosidad), es recomendable en calderas de capacidades mayores a 80 BHP, con un tiempo de operación de 24 horas por día, es decir en centrales térmicas, también es usado en ciertas industrias que tienen calderas de mediana y gran capacidad.

3.2.2. Selección del combustible a utilizarse

La selección del combustible deberá hacerse, no solamente tomando en consideración su costo de adquisición, sino también la disponibilidad en el mercado durante todo el año, seguridad durante el transporte y almacenamiento, calidad y, su costo de operación, el cual dependerá de la facilidad de almacenamiento, mantenimiento del quemador y de los demás componentes del sistema de combustible. Para el presente caso, se seleccionara el *fuel oil* o búnker, ya que es el más recomendado para calderas arriba de 80BHP; a pesar de sus dificultades en su almacenamiento y manipulación, pero su costo es menor en comparación al diesel *oil*.

Tabla V. **Propiedades del *Fuel oil* 6 (bunker)**

PROPIEDADES	<i>FUEL OIL</i>
Viscosidad	3714-3805
Gravedad específica	0.9503-0.9535
Grados API	16.9-17.4
Punto de inflamación (°F)	285
Punto de fluidez (°F)	30
Poder calorífico (Kcal/kg)	10,900
Contenido de azufre %	1.50
Contenido de vanadio (ppm)	120
Contenido de cenizas %	0.04-0.1

Fuente: ALVARADO, Rommel. *Cálculo de sistema de vapor para la industria de concentrado de maracuyá*. p. 61.

3.2.3. Demanda de combustible del generador

La demanda de combustible en el generador de vapor depende principalmente, de la temperatura de entrada del agua de alimentación y de la cantidad de vapor que requiera el proceso industrial. El consumo máximo de combustible de una caldera resulta al dividir la potencia nominal entre el poder calorífico del combustible.

Como se conoce la capacidad nominal de la caldera, la cual es de 250 BHP, que es equivalente a 8,373,500 btu/h, esta energía total tiene que ser suministrada por el combustible, para este caso *fuel oil* 6 (bunker), el cual entrega aproximadamente 150,000 btu/gal de poder calorífico. Entonces, el caudal de combustible es calculado con la siguiente relación:

$$Q_{\text{combustible}} = \text{capacidad de la caldera} / \text{poder calorífico del combustible}$$

$$Q_{\text{combustible}} = (8,373,500 \text{ btu/h}) / (150,000 \text{ btu/gal})$$

$$Q_{\text{combustible}} = 55,8 \text{ gal/h}$$

Considerando una eficiencia del generador de vapor del 80%, se tiene finalmente una demanda de combustible de:

$$Q_{\text{combustible}} = 55,8 \text{ gal/h} / 0,80$$

$$Q_{\text{combustible}} = 70 \text{ gal/h}$$

3.2.4. Capacidad del tanque de combustible

Los tanques de combustible usados en las plantas industriales que operan con generadores de vapor pueden clasificarse de dos maneras:

- Según su forma
 - Cilíndricos verticales
 - Cilíndricos horizontales
 - Rectangulares

- Según su ubicación
 - Sobre el piso
 - Subterráneos

El material de estos tanques es de acero, pueden ser instalados a una altura superior a la que se encuentren los quemadores de vapor, y éstos son denominados tanques de gravedad. El número de tanques y la capacidad de los mismos dependen del consumo de combustible y del número de calderas existentes en la planta. Además del tanque de servicio diario, es recomendable tener un tanque principal.

Los tanques recomendados para este generador son clasificados según su forma cilíndricos horizontales y, según su ubicación el tanque de servicio diario será ubicado sobre el piso y el tanque principal será ubicado de forma subterránea, ésta es sólo una recomendación, debido a que el tanque puede funcionar de igual manera dependiendo de factores como el espacio y el diseño la planta. El tanque de servicio diario tendrá una capacidad mínima de

almacenamiento, que el combustible pueda durar 12 horas (tiempo de trabajo diario) de operación de la caldera, las dimensiones del tanque son determinadas con base a la tabla VI.

Tabla VI. **Diámetro de tanque de combustible según su capacidad**

Capacidad (gal)	Diámetro Max (m)	Espesor (pulg)
Menos de 1321	1,5	3,5
1322-2642	1,85	4
2643-3963	2,33	4,5
3964-6605	2,65	5
6606-13210	3,16	6,5
13211-19815	4	8

Fuente: ALVARADO, Rommel. *Cálculo de sistema de vapor para la industria de concentrado de maracuyá*. p. 80.

$$V_{\text{combustible}} = (70 \text{ gal/h})(12 \text{ h})$$

$$V_{\text{combustible}} = 840 \text{ gal} = 3.18 \text{ m}^3$$

Conociendo su diámetro de la tabla VI, entonces se calcula su longitud.

$$V_{\text{tanque}} = V_{\text{combustible}}$$

$$V_{\text{tanque}} = \pi D^2 L / 4$$

$$3.18 \text{ m}^3 = \pi (1.5)^2 L / 4$$

$$D = 1,5 \text{ m} \quad L = 1,8 \text{ m} \quad \text{espesor} = 3,5 \text{ pulg}$$

El tanque principal tendrá una capacidad de almacenamiento de combustible para un mes de trabajo, con días laborados de lunes a viernes (22 días al mes), es decir 264 horas de operación del generador de vapor, las dimensiones también son determinadas en la tabla VI.

$$V_{\text{combustible}} = (70 \text{ gal/h})(264 \text{ h})$$

$$V_{\text{combustible}} = 18,480 \text{ gal} = 69.95 \text{ m}^3$$

Con la tabla VI se puede determinar el diámetro y proceder a determinar la longitud del mismo.

$$V_{\text{tanque}} = V_{\text{combustible}}$$

$$V_{\text{tanque}} = \pi D^2 L / 4$$

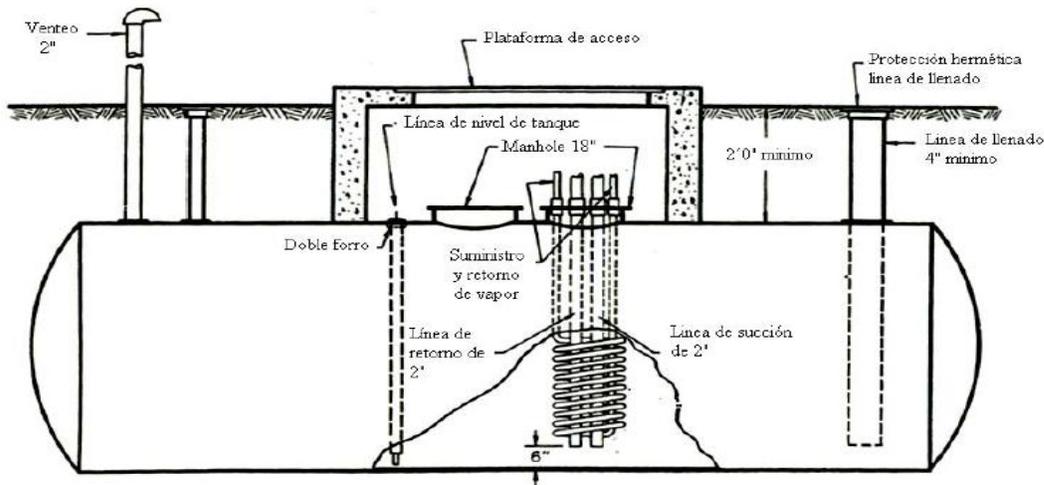
$$69.95 \text{ m}^3 = \pi (4)^2 L / 4$$

$$D = 4 \text{ m} \quad L = 5.6 \text{ m} \quad \text{espesor} = 8 \text{ pulg}$$

Por lo general, el tanque de servicio diario no debe ser ubicado dentro de la sala de calderas, sino en un lugar inmediato a la caldera. Este tanque provee de combustible a la caldera y en su interior hay un flote que cuando censa bajo nivel de bunker automáticamente succiona combustible del tanque principal.

El tanque principal es recomendable ubicarlo de manera subterránea. Debido a que el combustible que se usa es muy viscoso cuando éste está a una temperatura muy baja, es necesario calentar el combustible almacenado en el tanque, en la parte superior del tanque usualmente hay un *man hole* de 18 pulgadas de diámetro como se muestra en la figura 21.

Figura 21. Tanque principal de combustible para *fuel oil* No.6 (bunker)



Fuente: LÓPEZ, Mario. *Montaje, instalación, mantenimiento y principios de operación de una caldera pirotubular de 600bhp, para la generación y suministro de vapor a una fábrica dedicada a la producción de sopas instantáneas.* p. 29.

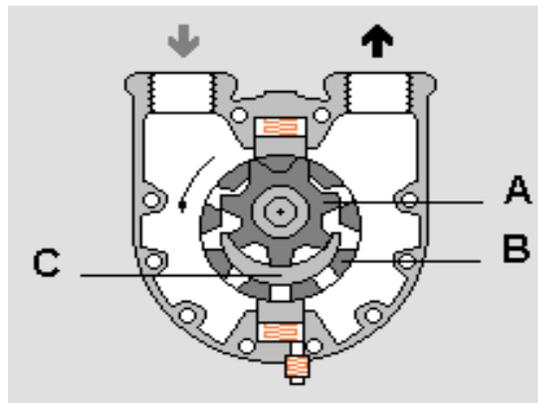
3.2.5. Bomba de combustible

La bomba de combustible de la caldera suministra bunker a los quemadores para llevar a cabo el proceso de combustión en el hogar; son del tipo de desplazamiento positivo, rotativo y de engranajes como se puede ver en la figura 22, este tipo de bomba es la requerida debido a la intermitencia de operación de la bomba.

Las condiciones del combustible se utilizan para conocer la potencia de la bomba a utilizar en el sistema de combustión, entre las condiciones se tienen un caudal de 70 gal/h de *fuel oil* No.6 (Bunker C), la presión de descarga de la bomba puede fluctuar entre 40 a 170 psi, dependiendo del arreglo de las tuberías del sistema de combustible, es recomendable usar 100 psi, con estas condiciones la bomba que se apega más a las necesidades del sistema está

entre una potencia de 1 hp, según los catálogos de los diferentes fabricantes de bombas para sistemas de vapor como se pueden ver en el anexo 2.

Figura 22. **Bomba de engranajes**



Fuente: Servicios hidráulicos. *Catálogo* [en línea] <www.serviciohidraulico.com.mx>. Consulta: 17 de abril 2011.

3.2.6. Quemadores de combustible

Los quemadores proveen un medio para pulverizar el combustible dentro del hogar y la mezcla íntima del combustible, finalmente pulverizado con suficiente aire, para mantener la combustión.

La atomización del combustible tiene por objetivo dividirlo en partículas muy extremadamente finas, para asegurar un mejor contacto con el oxígeno carburante, la atomización se realiza en el quemador cuya función principal es la de hacer que la mezcla aire-combustible sea la más homogénea posible, de tal forma que la proporción de estos dos elementos suministre el máximo de eficiencia térmica.

Existen tres tipos de quemadores de combustibles de las calderas, éstas son:

- Con atomización de vapor
- Con atomización por aire
- Con atomización mecánica

Para este sistema, en el cual se seleccionó una caldera Cleaver Brooks de 250 bhp, ésta viene con su quemador típico, que es un quemador construido integralmente por atomización de aire. El quemador es de tipo modulante, es decir, que no es necesario encender y apagar la caldera cuando hay variación en la demanda de vapor, este quemador puede pasar de fuego bajo a fuego medio, y a su vez de fuego alto dependiendo la necesidad de vapor.

Es decir, al seleccionar la caldera automáticamente se está seleccionando el quemador requerido, actualmente, los fabricantes incluyen los quemadores y su bomba de combustible, así como algunos accesorios.

3.3. Cálculo del agua de alimentación del generador

La materia prima para la generación de vapor es el agua de alimentación, por lo tanto, este recurso debe ser suministrado ininterrumpidamente a la caldera a fin de mantener una generación constante de vapor. Los componentes básicos de un sistema de agua de alimentación son:

- Tanque de agua de alimentación
- Bomba de agua de alimentación
- Equipo de control

3.3.1. Demanda de agua del generador

La demanda de agua de alimentación en la caldera depende directamente de la demanda de vapor. Se sabe que para satisfacer la demanda de un caballo caldera se requiere 0,07 galones americanos de agua por minuto (12), como el generador de vapor que se seleccionó tiene una capacidad de 250 BHP, la demanda se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{agua}} = 4.14 \cdot \text{bhp} / 60 \quad (12)$$

$$Q_{\text{agua}} = 4.14 \cdot 250 / 60$$

$$Q_{\text{agua}} = 17.25 \text{ gal/min}$$

3.3.2. Tanque de alimentación de agua (condensado)

Como la generación de vapor de una caldera depende de la cantidad que se suministra a ésta, es recomendable que la cantidad de agua de reserva y la capacidad del tanque de alimentación, una mínima cantidad de agua suficiente para sostener la evaporación de la caldera, por lo menos durante un promedio de 20 min, entonces se tiene:

$$V_{\text{agua}} = 17.25 \text{ gal/min} \cdot 20 \text{ min}$$

$$V_{\text{agua}} = 345 \text{ gal}$$

Además, el tanque de almacenamiento de agua de alimentación no deberá estar nunca al 100%, sino que es recomendable que éste se encuentre solamente con un nivel de agua que cubra un 70% de la capacidad del tanque, por lo tanto:

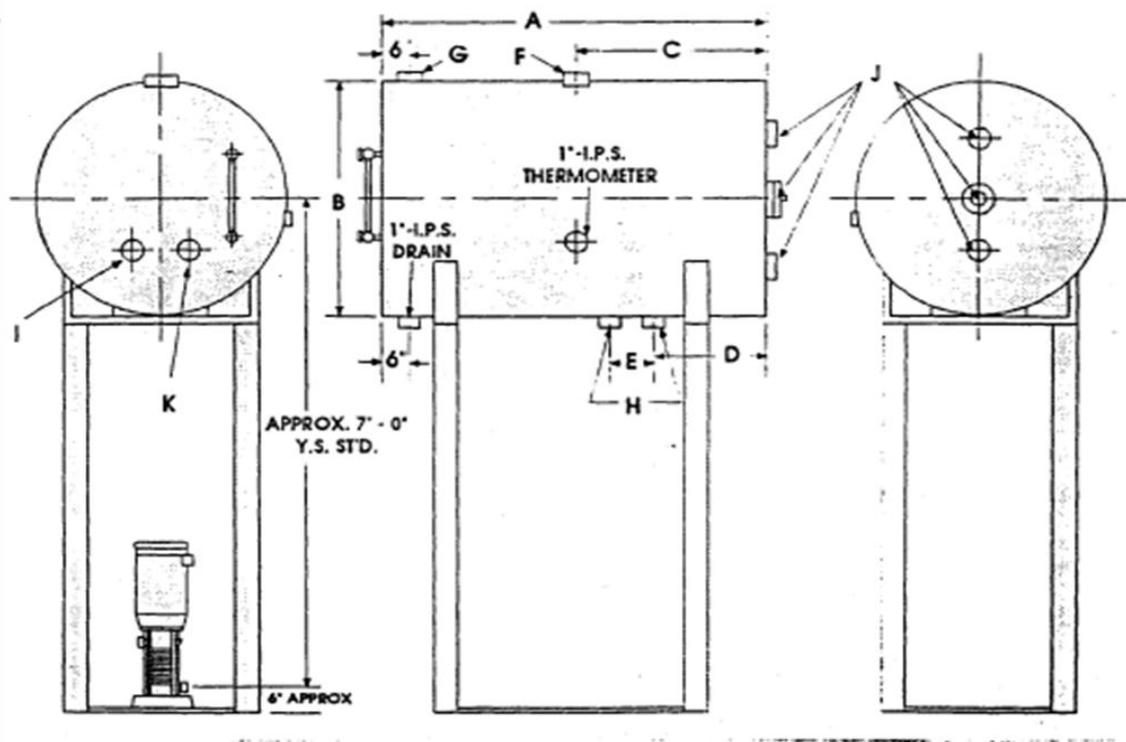
$$V_{\text{tanque}} = V_{\text{agua}} / 0.70$$

$$V_{\text{tanque}} = 345 \text{ gal} / 0.70$$

$$V_{\text{tanque}} = 493 \text{ gal}$$

Lo recomendable es que el tanque de agua de alimentación sea de acero inoxidable, de forma cilíndrica; por la forma que tendrá el tanque se procede a seleccionar el tanque que alimentará a la caldera con las características indicadas en la figura 23 y complementadas con el anexo 3. Las recomendaciones para las condiciones de instalación del tanque de condensado serán ampliadas en el capítulo 4.

Figura 23. **Tanque para agua de alimentación (condensado)**



Fuente: DÍAZ, Dennys. *Selección e Instalación de vapor para una fábrica de yogurt y de crema de leche*. p. 84.

3.3.3. Selección de bomba de agua de alimentación

La función de la bomba de agua es de succionar agua tratada del tanque y llevarla hasta la caldera para generar vapor. Para generadores de vapor de tubos de fuego, la operación de la bomba de agua de alimentación es, en la mayoría de los casos intermitente, arrancando y parando dependiendo del nivel del agua.

La presión de descarga de la bomba de agua de alimentación es siempre mayor que la presión de operación del generador de vapor, esta presión debe ser superior en 2 kg/cm² (28 psi) con respecto a la presión de trabajo de la caldera (8) la cual es de 102 psi (presión máxima a utilizar en los equipos, la de trabajo será de 120 psi) más los 28 psi recomendados, se obtiene una presión de 130 psi.

Entre los tipos de bombas usadas para el agua de alimentación de generadores de vapor se encuentran: tipo turbina y tipo centrífuga. Para este sistema se selecciona la bomba tipo turbina, ya que es la utilizada para operación intermitente, con una capacidad de 1.5 a 2 la capacidad de evaporación de la caldera; este factor también es usado en sustitución del factor de intermitencia y el factor de retorno de condensado de la bomba. Para el presente caso se tomará el valor de 2 para determinar el flujo volumétrico de la misma:

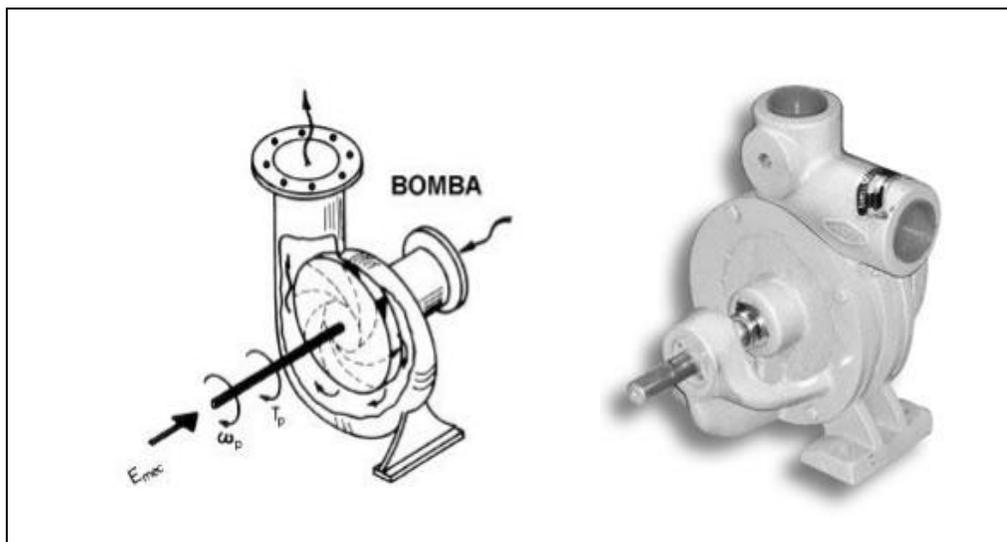
$$Q_{\text{agua}} = 2 \text{ (17.25 gal/min)}$$

$$Q_{\text{agua}} = 34.5 \text{ gal/min}$$

Para elegir la bomba de agua adecuada, en este caso para la caldera Cleaver Brooks de 250 BHP, y con los factores expuestos anteriormente, se procede a seleccionar la bomba. Conociendo que se necesita inyectar 34,5 gal/min (7,830 lts/h), y que la presión descarga es de 130 psi, se busca en el catálogo del fabricante, anexo 4. La bomba que más se adecúa de acuerdo con el requisito indicado es la siguiente:

- Bomba para caldera tipo turbina
- Caudal 7,800 lts/h
- Presión nominal 10 kg/cm² (142 psi)
- Motor eléctrico de 10 Hp, 440 V, 60 Hz
- Velocidad 1,440 rpm

Figura 24. **Bomba tipo turbina**



Fuente: Bombas de turbina Pelton. *Catálogo* [en línea] <<http://www.pelton.com.ar>>. Consulta: 22 de abril de 2011.

3.3.4. Problemas del agua de alimentación

El agua por ser un solvente universal no se encuentra en estado de puro en la naturaleza; por tal motivo, toda fuente de suministro de agua va a contener sustancias extrañas, denominadas impurezas, las cuales son perjudiciales debido a que ocasionan inconvenientes durante el funcionamiento del generador de vapor, teniendo que ser tratadas química o mecánicamente para su remoción y o eliminación. Las impurezas en el agua de alimentación están constituidas por sustancias disueltas y suspendidas, de origen orgánico e inorgánico, las mismas que causan en la caldera problemas de incrustaciones, corrosión, fragilidad cáustica, espumeo y arrastre problemas que se verán a fondo en el capítulo 5.

Tabla VII. **Impurezas comunes en el agua de alimentación de la caldera**

Impurezas más comunes encontradas en aguas de alimentación			
Nombre	Fórmula	Nombre común	Efecto que provoca
Bicarbonato de calcio	Ca(HCO ₃) ₂	-----	Incrustación
Bicarbonato de magnesio	Mg(HCO ₃) ₂	-----	Incrustación Corrosión
Bicarbonato de sodio	Na(HCO ₃) ₂	-----	Espumado
Carbonato de calcio	CaCO ₃	Caliza o calcita	Incrustación
Carbonato de sodio	Na ₂ CO ₃	Sosa común, Soda ash	Alcalinidad
Cloruro de calcio	CaCl ₂	-----	Corrosión
Cloruro de magnesio	MgCl ₂	-----	Corrosión
Cloruro de sodio	NaCl	Sal común	Electrólisis
Dióxido de silicio	SiO ₂	Sílice	Incrustación
Hidróxido de magnesio	Mg(OH) ₂	-----	Incrustación
Hidróxido de sodio	NaOH	Sosa cáustica	Cristalización
Sulfato de calcio	CaSO ₄	Yeso de París	Incrustación
Sulfato de magnesio	MgSO ₄	Sales Epsom	Incrustación
Sulfato de sodio	Na ₂ SO ₄	Sales Glauber	Incrustación

Fuente: Manual tratamiento de agua para su utilización en calderas (CONAE, México). p. 26.

3.3.5. Suavizador de agua de alimentación

El tratamiento del agua por suavizador, consiste en eliminar las impurezas conocidas con el nombre de durezas y reemplazarlas por otras impurezas que no revisten este carácter (sodio soluble). Este tratamiento se efectúa por medio de reacciones del tipo químico. El dispositivo frecuentemente usado para el ablandamiento de agua de caldera es el intercambiador iónico ciclo sódico.

El procedimiento para seleccionar un suavizador adecuado para la alimentación del agua a la caldera, muchas consideraciones deben ser revisadas. De entrada y es básico obtener un análisis del agua, siendo este análisis efectuado por un ingeniero químico o un técnico conocedor del tema que proporcione los datos técnicos, por este motivo sólo se indicará cómo se calcula un ablandador para conocer las características que necesitarán para la selección adecuada, del equipo. Otro factor son los caballos de vapor de la caldera y la información pertinente sobre la recuperación de vapor en condensados. Cada una de estas áreas deberá ser calculada antes de comenzar el proceso de selección del suavizador.

El orden para seleccionar un suavizador de agua, comienza con determinar como primer paso la cantidad de dureza, siendo ésta conocida con el análisis previo del agua de alimentación. Muchos de los análisis del agua expresan la dureza en partes por millón (ppm). Las partes por millón deben convertirse a granos por galón (gpg), para poder calcular el tamaño del suavizador. Para convertir la dureza expresada en ppm a gpg hay que dividir los ppm entre 17.1.

$$\text{gpg} = \text{dureza en ppm} / 17.1$$

Es necesario determinar el volumen de agua de reemplazo. Establecer la capacidad del generador en caballos de fuerza caldera (BHP), por cada BHP la caldera requiere alimentarse con 4,25 galones por hora de agua, de esta manera se obtiene el consumo por hora de acuerdo al caballaje de la caldera.

$$\text{Consumo/hora} = \text{bhp} * 4.25$$

El último paso en la recopilación de información para este proceso de selección de un suavizador, es obtener el número de horas al día en que la caldera está en operación. Esto no es sólo importante en la determinación del volumen de agua para alimentar la caldera, sino también para determinar el diseño del sistema de suavización. Una caldera que opera 24 horas al día, necesitará agua suavizada todo el tiempo, por lo tanto en el diseño se deben considerar dos unidades. En sistemas en donde la operación es solamente 16 horas al día, un suavizador sencillo o de una unidad cumple con las necesidades de la caldera. El tiempo típico para regenerar un suavizador es menor a tres horas.

$$\text{Consumo/día} = (\text{consumo/hora}) * (\text{horas operación caldera})$$

Esto primero, para poder determinar la cantidad de condensados que se recuperan. La cantidad de condensado recuperado en una caldera es una información vital en la selección de un suavizador. La cantidad de condensados recuperada es restada del consumo diario de la alimentación a la caldera, calculada de los caballos vapor. La cantidad neta se obtiene del resultado del consumo diario con base a los caballos de vapor, menos la cantidad de condensados recuperados en el sistema.

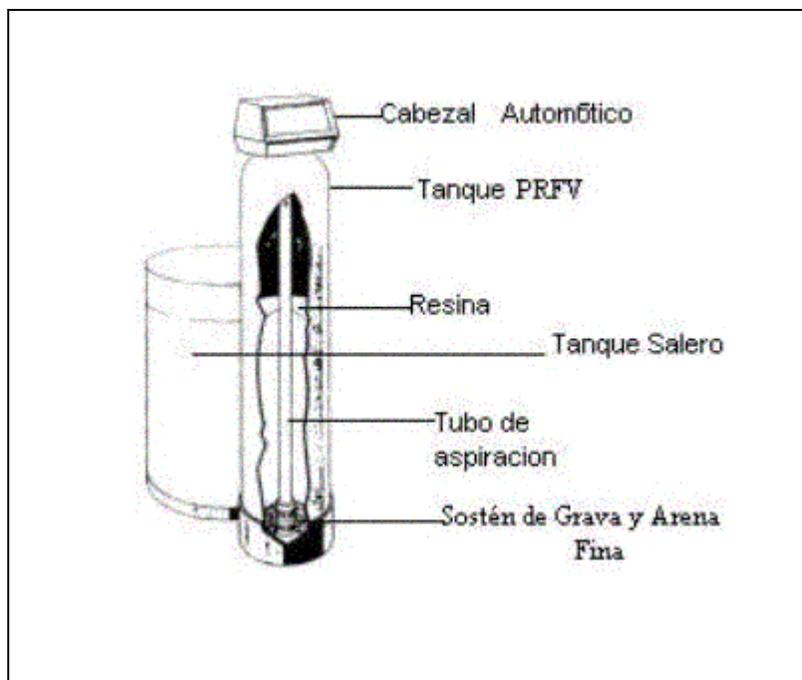
$$\text{Consumo neto} = (\text{consumo/día}) - (\text{recuperación condensado})$$

Con la información obtenida anteriormente, se puede realizar el cálculo de cuántos granos totales de dureza (GTD) deben ser removidos al día.

$$\text{GTD} = (\text{consumo neto}) * \text{gpg}$$

La información lograda en los pasos anteriores, da la cantidad de dureza a remover al día, esto ofrece la información básica para poder seleccionar el suavizador. Debido a la natural importancia de obtener agua suavizada como alimentación a la caldera, hay que considerar un margen de error en la selección del suavizador. Este margen es común el 15%, por lo tanto se multiplica el resultado de $\text{GTD} * 1.15$ para obtener un resultado más confiable.

Figura 25. **Equipo de tratamiento de agua**



Fuente: Excelwater. *Catálogo* [en línea]. <http://www.excelwater.com/spa/b2c/water_soft.php>. Consulta: 23 de abril 2011.

3.4. Cálculo de tuberías de distribución de vapor

La red distribución del vapor desde la caldera al lugar de utilización es de gran importancia, porque es la encargada de conducir, precisamente, el vapor generado en la caldera hacia los diferentes puntos de demanda existentes en el proceso industrial. Sus dimensiones deben ser las adecuadas, de tal modo que el vapor llegue a los equipos térmicos a las condiciones requeridas.

Para este sistema de distribución de vapor sólo se calcularán las dimensiones de la tubería principal (tubería de la caldera hacia el manifold) y la tubería secundaria de vapor la cual es la requerida en la producción de carne. Sólo serán calculadas éstas debido a que el crecimiento del rastro será paulatinamente y la cantidad de equipos instalados se hará hasta que el proyecto esté a punto de comenzar y se decida si la planta tendrá instalada desde un comienzo la planta de subproductos, el área de servicios y lavandería, entre otros requerimientos que necesita un matadero industrial certificado.

3.4.1. Parámetros para la selección de tuberías

Para dimensionar e instalar, hay que tomar en cuenta ciertos parámetros, ya que el vapor no llega a los equipos en las condiciones de presión y temperatura esperada. Los parámetros necesarios para dimensionar tuberías de vapor son:

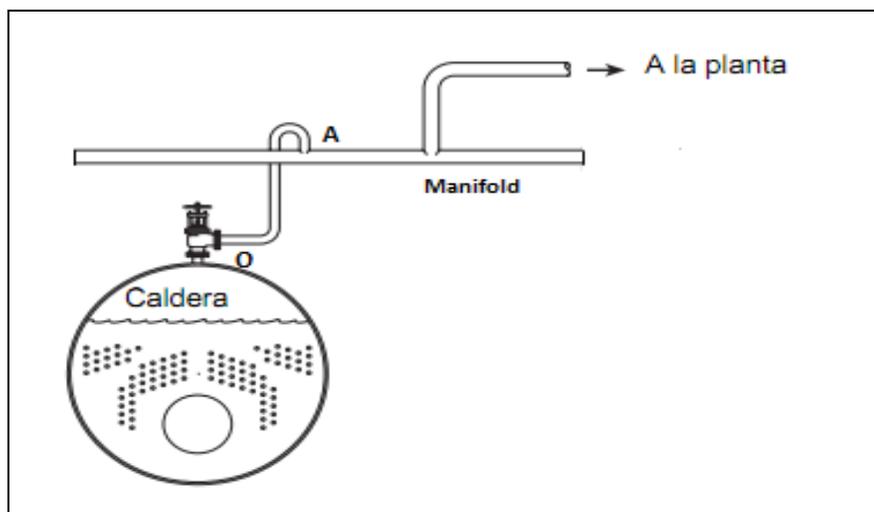
- Caudal másico: es la cantidad de vapor que fluye a través de la tubería de vapor que se quiere dimensionar.
- Presión de vapor: es la presión al comienzo del tramo de la tubería a calcular teniendo en cuenta no tomar tramos mayores a 100 m.

- Caída de presión admisible: es la máxima caída de presión que se puede admitir en el tramo de tubería que se está dimensionando.
- Longitud total de la tubería: es la longitud de la tubería más la longitud de la tubería equivalente por la presencia de accesorios en la misma (válvulas, codos, conexiones, etc.).

3.4.2. Dimensionamiento de las tuberías

La distribución de tubería depende directamente de las máquinas que usan vapor, para poder distribuirla con mejor facilidad. Deberá elegirse la que asegure un buen funcionamiento y considerando que no se produzcan caídas de presión significativas, y evite pérdidas excesivas de calor por radiación y convección. En la figura 26 se muestra un esquema de la distribución de tubería de vapor principal hacia el manifold, el tramo mostrado O-A tendrá una longitud de 7,5m.

Figura 26. **Tubería Principal**



Fuente: elaboración propia.

El método para calcular y dimensionar las tuberías de vapor se basa en diagramas experimentales, éstos son usados en caldera industriales de capacidad mediana. Para realizar los cálculos se tiene que hacer uso de los diagramas ilustrados en los anexos 5 y 6.

Tabla VIII. **Velocidades permisibles para tuberías de vapor**

Tipo de vapor	Práctica Americana m/s	Práctica Francesa m/s
Vapor sobrecalentado	40 a 75	30 a 35
Vapor saturado	25 a 35	20 a 25
Vapor de escape	30 a 45	20 a 30
Vapor de los evaporadores	35 a 50	25 a 30
Vapor al vacío	45 a 60	40 a 50

Fuente: VEGA, Luis. [en línea] <www.ciencias.Holguin.cu/2007/Septiembre/articulos/ARTI5.htm>. Consulta: 28 de abril 2011.

La tabla IX muestra los rangos de presiones permisibles para tuberías de distribución de vapor.

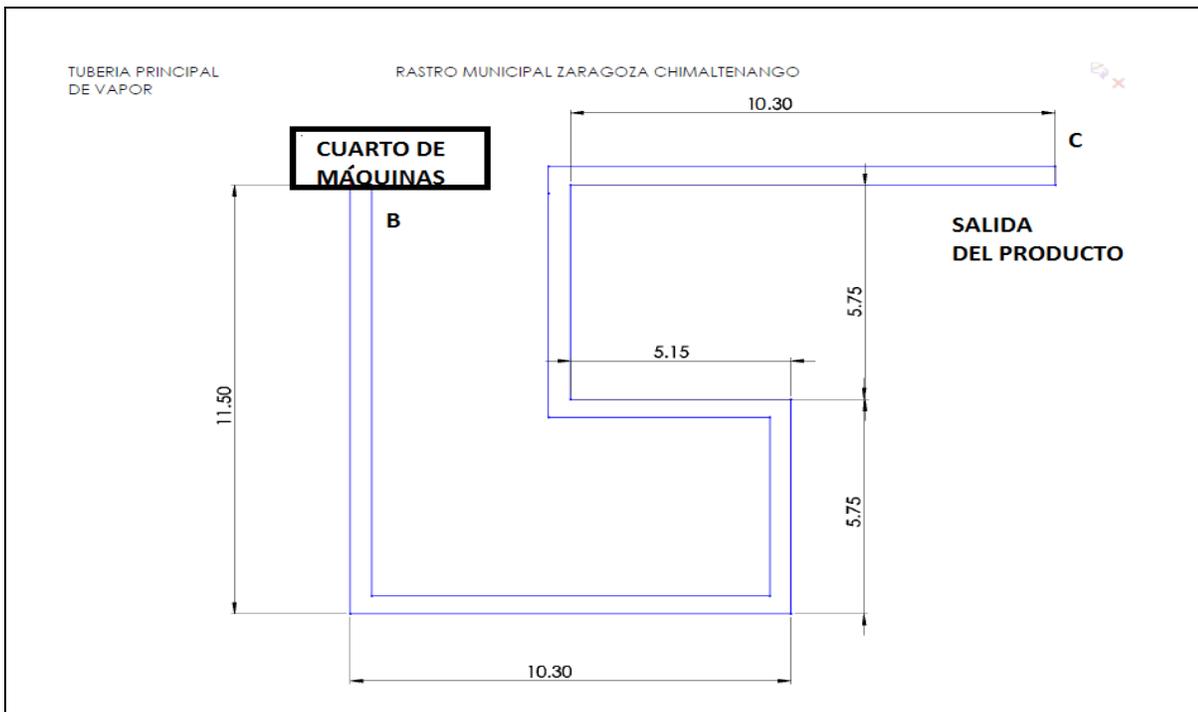
Tabla IX. **Presiones permisibles para tuberías de vapor**

Presión de vapor en kg/cm^2	Velocidad m/s
De 1 a 1,5	25 a 30
De 1,5 a 5	30 a 35
De 5 a 10	35 a 40
De 10 a 25	40 a 50
De 25 a 100	50 a 60

Fuente: VEGA, Luis. [en línea] <www.ciencias.Holguin.cu/2007/Septiembre/articulos/ARTI5.htm>. [Consulta: 28 de abril 2011].

Las velocidades convenientes para tuberías de vapor fluctúan entre los 25 y 35 m/s. Normalmente en tuberías principales y tramos cortos de distribución se pueden tomar velocidades mayores hasta un 20% que las establecidas en la tabla VIII, y en tramos largos se utiliza una velocidad de 20 m/s. Según la Norma ASTM A-53 para conducciones de fluidos, la presión de prueba va desde 700 hasta 2500 psi, de acuerdo al diámetro de la tubería a elegir. En el apéndice 5 se muestran las características para tuberías de vapor cédula 40, recomendada por Cleaver Brooks, es del tipo de acero al carbono 53, recubrimiento negro, la cual es la elegida de acuerdo a su diámetro nominal. El procedimiento para seleccionar tuberías de vapor se especifican en varios pasos y se debe tener en cuenta las figuras 26 y 27, las cuales nos proporcionarán varios datos de la misma.

Figura 27. **Planta de producción del rastro**



Fuente: Municipalidad de Zaragoza, Chimaltenango.

Para calcular tuberías de vapor se debe especificar, primero el tramo de tubería de vapor a dimensionar y los valores de los parámetros necesarios para el dimensionamiento (sección 3.4.1). Los pasos a seguir son:

- Paso 1: se entra en la gráfica del anexo 5 por la parte inferior izquierda con el caudal en lb/h que debe circular por la tubería, luego es necesario desplazarse horizontalmente hasta interceptar la línea de presión a la que corresponda el caudal.
- Paso 2: a partir de este punto de intersección se asciende verticalmente en el diagrama hasta interceptar con una línea de velocidad (la de menor valor) que se encuentre dentro del rango recomendado.
- Paso 3: inmediatamente se deberá leer el diámetro de la tubería, el cual se indica en las líneas inclinadas. Si el punto de intersección se encuentra entre dos de estas líneas, se deberá tomar el diámetro inmediato superior.
- Paso 4: posteriormente, se calcula la caída de presión empleando el anexo 6. Para dicho efecto, se entra al diagrama por la parte inferior con el caudal de vapor, luego se asciende verticalmente hasta interceptar la línea inclinada correspondiente al diámetro de la tubería escogida anteriormente.
- Paso 5: a partir de este punto de intersección es necesario desplazarse horizontalmente hacia la izquierda para leer la caída de presión por cada 100 pies de tubería que es igual a 30,48 m de tubería.
- Paso 6: luego hay que multiplicar esta caída de presión por la longitud de la tubería recta, recordando que es recomendable adicionar un 10% más de la

longitud para incluir las caídas de presión debidas a los accesorios (codos, válvulas, etc.). La gráfica del anexo 6 está hecha para vapor saturado a 100 psi, para otras presiones se debe multiplicar la caída de presión obtenida por el factor de corrección.

- Paso 7: si la suma de las caídas de presión en cada uno de los tramos de tubería resulta superior a la máxima permisible, se deberán repetir los pasos a base de velocidades inferiores, con lo que se tendrían tuberías de mayor diámetro.

De acuerdo a las figuras 26 y 27, el circuito de vapor de distribución de vapor está compuesto por un tramo principal (manifold), y un tramo secundario (planta de producción). El tramo principal es O – A (figura 26), y el tramo secundario es B – C (figura 27). Los cálculos del diámetro y caídas de presión de cada tramo se detallan a continuación:

- Tubería de vapor principal

Al seleccionar la caldera marca Cleaver Brooks de 250 BHP, y de acuerdo a las especificaciones entregadas por la empresa, como se indica en la tabla del anexo 1, se requiere una tubería de diámetro 152 mm (6") para el tramo denominado O-A. Esta dimensión debe ser utilizada para tramos cortos, y en el caso del rastro municipal este tramo sería solamente de la caldera hacia el manifold.

Para el cálculo de la caída de presión de la tubería principal se usará el caudal de vapor nominal y no el de diseño. La presión utilizada al inicio del tramo es la presión de trabajo y ésta debe ser aproximadamente 20% debajo de

la presión de diseño. La presión de diseño es 150 psi entonces, la presión de trabajo que se utilizará es de 120 psi (8.4 kg/cm²).

- Tramo O – A

Caudal de vapor (caudal nominal) = 7,485.50 kg/h

Presión de vapor al inicio del tramo = 120 psi=105 psig

Velocidad permisible = 25 m/s (5000 ft/min) – 35 m/s (7000 ft/min)

Longitud del tramo = 7.5 m

Diámetro de la tubería = 6 pulg

De la gráfica mostrada en el anexo 6 se tiene:

Factor de corrección = 0,96

Caída de presión = ((0,14 psig)/30,48 m)*(0,96)) = (0,004409 psig)/m

Presión final de vapor = (105 psig)-(7,5+0,75 m)(0.004409 psig)/m

Presión final de vapor = 104 psig=119 psi

- Tubería de vapor secundaria (producción)

- Tramo B – C

Caudal de vapor = 2,420 lb/h

Presión de vapor al inicio del tramo = 104 psig (119 psi)

Velocidad permisible = < 4000 ft/min

Longitud del tramo = 48,75 m

De la gráfica mostrada en el anexo 5 se tiene:

Diámetro de la tubería = 3 pulg

Velocidad del vapor = 14 m/s

De la gráfica mostrada en el anexo 6 se tiene:

Factor de corrección = 0,94

Caída de presión = $((0,47)/30,48)*(0,94) = (0,014495 \text{ psig})/m$

Presión final de presión = $(104 \text{ psig}) - (48,75 + 4,875 \text{ m})(0,014495 \text{ psig})/m$

Presión final de presión = 103 psig (118 psi)

Las pérdidas de presión no sobrepasan a las presiones permisibles y las velocidades, también están entre los rangos permisibles (tablas VIII y IX), entonces se puede concluir que los diámetros calculados para las tuberías son los necesarios para este sistema de distribución de vapor, y con los pasos descritos anteriormente se podrán calcular las dimensiones para las otras tuberías cuando se implante todos los equipos que utiliza el rastro en su funcionamiento.

Una vez determinada la selección de tuberías, se tiene que considerar que será necesaria la utilización de válvulas reductoras de presión para regular el vapor a las presiones requeridas para los equipos consumidores.

3.4.3. Espesor de las tuberías

El mínimo espesor de pared para cualquier tubo sometido a presión interna o externa es una función de:

- El esfuerzo permisible para el tubo
- Presión de diseño
- Diámetro de diseño del tubo
- Diámetro de la corrosión o erosión

Además, el espesor de pared de un tubo sometido a presión externa es una función de la longitud del tubo, pues ésta influye en la resistencia al colapso del tubo. El mínimo espesor de pared de cualquier tubo debe incluir la tolerancia apropiada de fabricación.

El espesor para las tuberías calculadas se muestra en el anexo 5, los cuales son:

- Espesor tubería principal = 0,28 pulg
- Espesor tubería secundaria = 0,21 pulg

3.4.4. Junta de dilatación

La dilatación no debe pasarse por alto en las tuberías de vapor y retorno, ya que lo común es dejar que ésta se acomode al momento de llegar su presión y temperatura de trabajo. Esto es limitado por condiciones de construcción, por lo cual se ancla en ciertos puntos, entonces la diferencia entre dilatación y compresión puede ser controlada. En lugares donde hay espacio para que se acomode se usan juntas de expansión, seleccionándolas en función de presión y temperatura de trabajo, espacio con que se cuenta y conociendo la diferencia entre su longitud inicial y final (a presión y temperatura de trabajo).

$$L_F = L_O [1.0 + \underline{a} (T_T - T_A) + \underline{b} (T_T - T_A)^2]$$

En donde:

L_F = longitud final a temperatura de trabajo.

L_O = longitud inicial a temperatura ambiente.

T_T = temperatura de trabajo de vapor.

T_A = temperatura ambiente.

\underline{a} y \underline{b} = coeficientes para material del tubo (adimensionales).

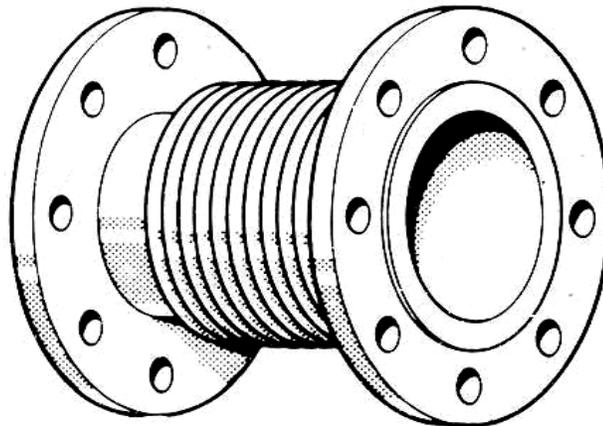
$L_F - L_O$ = capacidad de dilatación de la junta a utilizar

Tabla X. **Coefficientes de Holborn & Day**

Metal del tubo	Coefficiente <u>a</u>	Coefficiente <u>b</u>
Hierro fundido	$9.8 \cdot 10^{-7}$	$6.0 \cdot 10^{-9}$
Acero	$1.12 \cdot 10^{-5}$	$5.0 \cdot 10^{-9}$
Hierro forjado	$1.17 \cdot 10^{-7}$	$5.0 \cdot 10^{-9}$

Fuente: Material de apoyo, Curso Instalaciones Mecánicas. p. 25.

Figura 28. **Junta de dilatación**

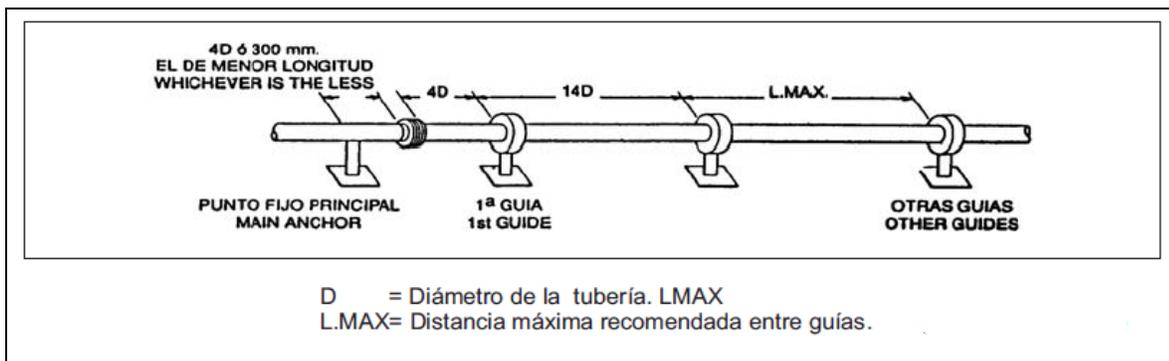


Fuente: Material de apoyo, curso Instalaciones Mecánicas. p. 26.

La junta recomendada es la de expansión metálica axial, ésta se compone de fuelles especiales y poseen carreras (distancias que puede absorber), en este tipo de juntas existen las MWA que son utilizadas con terminales de acero al carbono biselados para soldar y también las MFA que son utilizadas para bridas fijas o conexión por flange. La junta para conexión por flange para este sistema es mejor opción, debido a la facilidad de instalación y a la diversidad

diámetros medidas y presiones de diseño que se pueden encontrar en el mercado, son las más comunes en sistemas de distribución de vapor. Para su correcta instalación se necesitan soportes y guías, la distancia entre la junta y el soporte o guía más cercana debe ser de un máximo de 4 veces el diámetro nominal del tubo, ó 300 mm la que sea menor; el próximo no debe exceder de 14 veces el diámetro nominal del tubo como se muestra en la figura 29, y los otros de acuerdo con las normas relativas a los diámetros de los tubos y presiones de trabajo.

Figura 29. **Distancias recomendables de las guías para la junta expansión**



Fuente: Termodinámica control de fluidos. *Catálogo* [en línea]. <www.termodinamica.cl>. Consulta: 30 de abril 2011.

3.4.5. Aislante para tuberías

Para seleccionar el tipo de aislamiento se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El aislante deberá sea capaz de soportar la temperatura máxima de operación del fluido que circula por la tubería.
- El material aislante debe tener una alta resistencia a la transferencia de calor.
- El material aislante debe ser impermeable.
- Debe ser de fácil adquisición en el mercado.

El aislante más recomendado para sistemas de tuberías de vapor y condensado por los proveedores es la aplicación de aislamientos perforados en medias cañas y puede ser en una o varias capas dependiendo del espesor requerido. En la mayoría de los casos se utiliza una sola capa; sin embargo, varias capas pueden requerirse para el montaje de un aislamiento en espesores grandes, para tuberías con temperatura muy altas; en estos casos durante la instalación debe evitarse que coincidan las uniones y es recomendable dejar en la pared caliente de la tubería el mayor espesor de cañuela posible.

Entonces, para las tuberías de vapor y condensados de la planta, se recomienda utilizar el aislamiento denominado cañuela amplio rango que es un aislamiento compuesto de fibra de vidrio rígida, preformada en forma de medias cañas con un laminado de foil de aluminio de FRK, que puede soportar temperaturas de hasta 454 °F (350 °C). Sus principales características son las siguientes:

- Conductividad térmica: 0,035 W/°C. m²
- Temperatura máxima de aplicación: hasta 454 °F (850 °C)

- Absorción de humedad: máx 0,2% en volumen en 96 h a 120 °F (49 °C)
- Humedad relativa: 95%
- Característica de quemado superficial: FS/SD = 5/0

Figura 30. **Capas de fibra de vidrio (cañuela amplio rango)**



Fuente: Fiberglass. *Catálogo* [en línea] <www.fiberglasscolombia.com>. Consulta: 3 de mayo de 2011.

El espesor del aislamiento depende de las características del material, el espesor del aislamiento aumenta, según aumente el diámetro de la tubería. Para el caso del aislamiento con cañuelas se tiene un diámetro nominal de tubería que va desde ½ pulgada hasta 12 pulgadas, y para espesor de aislamiento de 1 pulgada a 3 pulgadas (anexo 7). Para las 2 tuberías se recomienda usar aislamientos con espesor de 3 y 2 pulgadas, respectivamente, según su temperatura de operación y diámetros de cada una.

3.5. Retorno del condensado

El retorno del condensado es un proceso productivo, cuando el vapor transfiere su calor a través de intercambiadores de calor o calefacción, éste cambia a la fase líquida, lo cual constituye lo que comúnmente se llama condensado.

Durante los procesos de transferencia de calor a partir de vapor saturado, éste entrega su calor latente (entalpía de la evaporación), que representa la mayor proporción del calor total que el vapor contiene.

Un sistema térmico de generación de vapor eficiente reutiliza el condensado. El desechar o botar el condensado es pérdidas de recursos financieros, y malas prácticas técnicas y medioambientales, por lo cual una de las acciones importantes para mejorar la eficiencia energética, es aprovechar la energía contenida en el condensado, el modo de utilizarlo es haciéndolo retornar al sistema de la caldera.

Junto a lo anterior, el condensado, además de contener energía térmica, es básicamente agua destilada, siendo ideal su uso como agua de alimentación para la caldera. Un sistema de vapor eficiente siempre recolectará este condensado y utilizará su calor. Ya sea que lo devuelva a un desaireador, o al tanque de alimentación del agua de la caldera, o lo use en otro proceso, o como agua en proceso caliente, o bien que pase por un intercambiador de calor, donde su contenido energético puede ser recuperado para otro proceso.

Para calcular las tuberías de retorno de condensado de este sistema se da a continuación una guía con los pasos detallados.

3.5.1. Tuberías de retorno de condensado

Las tuberías de retorno de condensado no se pueden dimensionar como si se tratara simplemente de tuberías de agua, el principal problema reside en el efecto de revaporizado. El condensado antes de ser descargado por las trampas de vapor, es agua caliente a la presión de trabajo de la instalación; una vez descargado pasa a ser agua caliente a la presión de la línea del condensado, más cierta cantidad de revaporizado.

No obstante, para casos prácticos y como aproximación se puede seguir un procedimiento de cálculo basado en tres períodos de funcionamiento de la planta de vapor los cuales son:

- Puesta en marcha: período durante el cual el aire y el condensado frío son descargados a través de las trampas de vapor.
- Precalentamiento: la trampa de vapor descarga gran cantidad de condensado frío (2 a 3 veces el de régimen), debido a que la instalación no llega a la temperatura de régimen. Durante este período, se tiene una gran caída de presión en el aparato, por lo que se producirá un cantidad muy pequeña de revaporizado.
- Régimen: es cuando realmente se alcanza el caudal operativo de la caldera. La instalación logra la temperatura normal de trabajo y el caudal de condensado se reduce normal al régimen, pero como el condensado tiene ahora una temperatura próxima a la del vapor, se tendrá revaporizado.

La experiencia indica que si se diseñan las tuberías de retorno de condensado como si se trataran de tuberías de agua con el caudal correspondiente a las condiciones de precalentamiento (2 veces el caudal de régimen), serán capaz de transportar el condensado y revaporizado del régimen.

Para el dimensionamiento de las tuberías de retorno de condensado se recomienda usar una velocidad de 25 m/s (5,000 pies/min), con la finalidad de que la mezcla condensado-revaporizado, circule sin producir presiones excesivas y deterioro en la tubería.

Por otro lado, para no reducir la capacidad de descarga de las trampas de vapor, especialmente en el momento de la puesta en marcha (bastante condensado y poca presión), se recomienda dimensionar las tuberías de retorno de condensado de caídas de presión menor a 0,1 kg/cm² (1,42psi) por cada 100 metros de recorrido.

La tubería a ser utilizada en el sistema de recuperación de condensado es de la misma calidad que la utilizada en vapor, es decir, acero al carbono, cédula 40.

- **Procedimiento de cálculo:** se debe especificar primero, el tramo de tubería de condensado a dimensionar. Los datos necesarios para el dimensionamiento son:
 - Caudal de condensado
 - Presión de vapor
 - Presión en la tubería de retorno
 - Velocidad permisible en la tubería de retorno (25 m/s)

Los pasos a seguir para calcular tuberías de condensado son:

- Paso 1: se debe encontrar la velocidad en el sistema (pies/min) por cada 100 lb/h de condensado, esto es:

$$V_{\text{sistema}} = V_{\text{permisible}} * 100 / \text{Caudal de condensado}$$

- Paso 2: con el dato de la presión de vapor (de suministro) y la presión de retorno de condensado, se utiliza el diagrama para dimensionar tubería de condensado (anexo 8) para encontrar el factor de escala.
- Paso 3: a la velocidad obtenida en el paso 1 se le corrige dividiéndola por el factor de escala, obteniendo la velocidad en pies/min por cada 100 lb/h de condensado.
- Paso 4: con el valor de la velocidad corregida se utiliza el diagrama de tuberías de retorno de condensado (anexo 8) para encontrar el punto de intersección que forme con el dato de la presión de vapor, leyéndose el diámetro de tubería. Si el punto de intersección se encuentra entre dos de estas líneas de diámetros, se deberá tomar el diámetro inmediato superior.
- Paso 5: posteriormente, se calcula la caída de presión empleando el diagrama caudal - caída de presión (anexo 9). Para dicho efecto, se utiliza el diagrama por la parte derecha con el caudal de condensado, luego hay que desplazarse horizontalmente hasta interceptar la línea inclinada correspondiente al diámetro de la tubería escogida anteriormente.

- Paso 6: a partir de este punto de intersección es necesario desplazarse verticalmente hacia arriba para leer la caída de presión por cada 100 metros de tuberías.
- Paso 7: luego hay que multiplicar esta caída de presión por la longitud de la tubería recta, recordando que es recomendable adicionar un 10% más de longitud para incluir las caídas de presión debidas a los accesorios (codos, válvulas, etc.).
- Paso 8: si la suma de caídas de presión en cada uno de los tramos de tubería resulta superior a la máxima permisible, se deberán repetir los pasos a base de velocidades inferiores, con lo que se tendría tuberías de mayor diámetro.
- Tubería de retorno de condensado: para el dimensionamiento de la tubería de retorno de condensado se tomará el mismo trayecto de la tubería principal (figura 27) de la distribución de vapor y tomando el 80% del caudal de esta tubería (regularmente el vapor que se considera que retorna como condensado es un poco menor al de distribución) se procederá hacer el cálculo para la línea de condensado y con una presión de retorno de 30 psi proceder a calcular.

- TRAMO B-C

Presión de vapor = 119 psi

Presión en la tubería de retorno = 30 psi

Caudal de condensado = 880 kg/h = 1936 lb/h

Velocidad permisible = 5000 ft/min (25 m/s) (tabla VIII)

Aplicando el procedimiento de cálculo se tiene:

$$V_{\text{sistema}} = (5000 \text{ ft/min}) \times 100 / (1936 \text{ lb/h}) = 258.26 \text{ ft/min}$$

Del anexo 8 se tiene:

Factor de escala = 0.2

$$V_{\text{corregida}} = (258.26 \text{ ft/min}) / 0.2 = 1291.30 \text{ ft/min}$$

Diámetro de la tubería = 1"

Con datos del anexo 9, cerciorar que la caída de presión está entre el rango permisible de caída de presión y que el diámetro seleccionado es el correcto. Con la siguiente condición se procede a confirmar lo anterior:

Caída de presión= 0,05kg/cm² por cada 100 metros de tubería

La caída de presión será de 0,05 kg/cm² debido a que el trayecto de la tubería de condensado es de 48,75 m. Esta caída de presión está entre lo permisible (tabla IX) y se concluye que el cálculo del diámetro de la tubería de condensado es funcional para el sistema, y se recomienda utilizar la tubería de 1" para el retorno de condensado.

3.5.2. Selección de trampas de vapor

Las trampas de vapor son muy diversificadas, por lo tanto al seleccionar la adecuada bastante delicado, hay que tener en consideración algunos parámetros los cuales se citan a continuación:

- Cantidad de condensado que debe separar la trampa
- Presión máxima permitida
- Presión diferencial entre la entrada y salida de la trampa
- Factor de seguridad

En la tabla XI se muestran los diversos factores de seguridad para cada tipo de trampas de vapor.

Tabla XI. Factores de seguridad para trampas de vapor

TIPO DE TRAMPA	FACTOR DE SEGURIDAD
Trampas termostáticas	2 a 4
Trampas de expansión líquida	2 a 4
Trampas de flotador y termostáticas	1.5 a 2.5
Trampas termodinámicas	1.2 a 2
Trampas de balde	2 a 4

Fuente: Trampas de vapor Armstrong Catalogo No. 108-CS. p. 5.

Para la selección de trampas de vapor, cada equipo tiene su trampa ya especificada de acuerdo a la tabla XII.

Tabla XII. **Guía para seleccionar trampas de vapor**

Serpentines de calefacción de aire baja y media presión, alta presión	Alternativa preferible	Alternativa tolerable
Calentadores de agua (instantáneos)	Flotador y termostática	-
Calentadores de agua (almacenamiento)	Flotador y termostática	-
Intercambiador de calor Pequeños-alta presión	Termodinámica	Flotador y termostática
Grandes-baja y media presión recalentadores	Flotador y termostática Flotador y termostática	- -
Recipientes con camisa de vapor Alta presión	Termodinámica	Flotador y termostática
Baja presión	Flotador y termostática	termodinámica
Trampas para drenar líneas principales de vapor		
0-15psi	Flotador y termostática	-
16-125psi	Termodinámica	Flotador y termostática
126-600psi	termodinámica	Balde invertido
Serpentines de tubería de vapor (calefacción de aire)	Termostática de presión equilibrada	Termodinámica
Radiadores de vapor	Termostática de presión equilibrada	Termodinámica

Continuación tabla XII.

Separadores de vapor 0-15psi 16-125psi 126-600psi	Flotador y termostática Termodinámica termodinámica	Flotador y termostática Balde invertido
Línea de tránsito de vapor	termodinámica	Expansión líquida
Serpentines de tanques de almacenamiento	Expansión líquida	termodinámica

Fuente: Fiberglass. *Catálogo* [en línea] <www.fiberglasscolombia.com>. Consulta: 3 de mayo de 2011.

Conociendo los parámetros necesarios y con la ayuda de las tablas XI y XII se puede hacer una correcta selección de las trampas para el sistema.

3.5.3. Posición de las trampas de vapor

Para un óptimo funcionamiento de las trampas de vapor, éstas deben ser ubicadas en los lugares más idóneos; teniendo presente las siguientes observaciones:

- Estar debajo del equipo o de la tubería que se quiere drenar para permitir al condensado fluir con gravedad.
- Estar cerca de los equipos que se desea drenar.
- Estar cerca del piso para facilitar su mantenimiento.

Las trampas de vapor a utilizar son las de flotador termostática (tabla XI) debido a que la presión de trabajo es de 102 psi y es para drenar línea principal de vapor, esta trampa se adecúa a las necesidades, también por las siguientes características:

- Sumamente compacta en relación a la gran capacidad de descarga; trabaja con la misma eficiencia con pequeñas o grandes cargas de condensado.
- Su diseño no le permite ser afectada por variaciones de presión o fluctuaciones de caudal. Devuelve el condensado 3 °C sobre cualquier trampa, ahorrando energía.
- Incorpora venteador termostático para el aire y/o eliminador de bloqueo por vapor (SLR) en forma individual o como conjunto, lo cual es una gran ventaja en el funcionamiento de cilindros papeleros, en textiles y en toda aplicación de procesos.

Esta trampa debe ser instalada con el mecanismo de palanca en plano horizontal y con la dirección de flujo indicada en el mecanismo. Debe instalarse un filtro tipo Y a la entrada de la trampa, y un visor en la descarga para observar su funcionamiento.

Figura31. Partes de la trampa de vapor de flotador

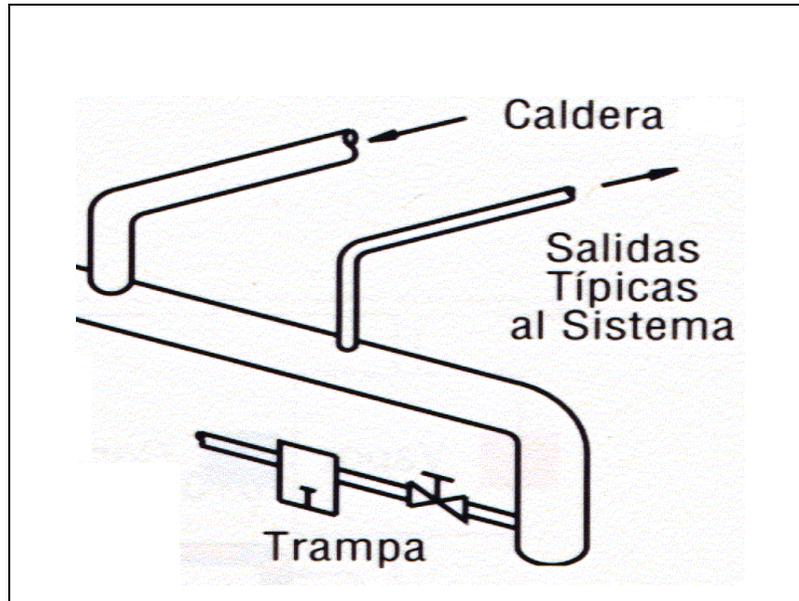
Materiales:

N	PARTE	MATERIAL
1	Cuerpo	Hierro fundido DIN 1691 GG 25
2	Bulones y tuercas de tapa	Acero BS 3692 GR. 8.8
3	Junta de tapa	Grafito reforzado
4	Tapa	Hierro fundido DIN 1691 GG 25
5	Conjunto obturador con deflector	Grafito reforzado
6	Junta del conjunto obturador	Acero inox BS 1449 304 S11
7	Bulones del conjunto obturador	Acero inoxidable BS 6105 A4 - 80
8	Flotante y palanca	Acero inox BS 1449 304 S16
9	Ventoeo termostático	Acero inoxidable
10	Junta del asiento del ventoeo de aire	Acero inox. BS 1449 304 S11
11	SLR	Acero inox. BS 970 303 S21
12	Junta del SLR	Acero dulce BS 1449 CS4
13	Asiento SLR	Grafito
14	Marco soporte	Acero inox BS 1449 304 S16
15	Marco pivote	Acero inoxidable
16	Deflector	Acero inox BS 970 431 S29
17	Pivote	Acero inoxidable
18	Deflector de entrada	Acero inox BS 1449 304 S16

Fuente: Termodinámica control de fluidos. *Catálogo* [en línea]. <www.termodinamica.cl>. Consulta: 10 de mayo 2011.

Las trampas de vapor de línea son utilizadas en cada extremo del equipo que utiliza vapor, ya sea para esterilizadores, intercambiadores de calor y estaciones de limpieza. En la figura 32 se muestra la instalación de la trampa de vapor en los equipos, para este caso en el manifold de admisión.

Figura32. Posición de las trampas de vapor



Fuente: Termodinámica control de fluidos. *Catálogo* [en línea]. <www.termodinamica.cl>. Consulta: 10 de mayo 2011.

3.6. Cálculo del tanque de agua caliente

En los sistemas de agua caliente, comúnmente se emplea un tanque de almacenamiento que le da al sistema la capacidad de satisfacer los valores picos de las demandas: necesidad de emplear equipos con una capacidad exagerada.

Los sistemas de agua caliente pueden ser clasificados en dos categorías según el tipo de demanda que deban satisfacer. Existen los sistemas que deben satisfacer una demanda de agua caliente que se mantiene constante en caudal y en tiempo, este tipo de sistemas son aquéllos que no necesitan almacenamiento, ya que su operación se puede considerar estable.

Existen sistemas de agua caliente diferentes a los mencionados anteriormente, éstos deben de tener un sistema de almacenamiento, ya que deben satisfacer demandas grandes en cortos espacios de tiempos frente tiempos de desuso. Estos sistemas deben estar en la capacidad de cubrir los valores picos de demanda en un espacio corto de tiempo, y también deben tener la suficiente velocidad para recuperarse antes del siguiente consumo de agua caliente.

Los sistemas de almacenamiento de agua caliente están conformados, básicamente por un tanque de almacenamiento, tubería y bomba de recirculación entre el tanque de almacenamiento de agua y los calentadores de agua, accesorios e instrumentación como válvulas de cierre, válvulas de retención, manómetros, termómetros, equipos de control y automatización.

Para diseñar el sistema de almacenamiento de agua caliente se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- Para un correcto dimensionamiento del tanque de almacenamiento se debe considerar el volumen que éste debe tener.
- Considerar la presión y temperatura a la que se encontrará el agua dentro del tanque de almacenamiento.
- Todo el sistema debe estar aislado térmicamente con el material y espesores adecuados.
- Colocar suficientes puntos por purgar, y un sistema que permita realizar limpieza química de los calentadores de agua.

- Colocar manómetros y termómetros a la entrada y salida de los calentadores de agua.
- Colocar un termómetro a la salida del tanque de almacenamiento

El sistema de agua caliente que se empleará en este rastro, suministrará agua a las diferentes estaciones de limpieza, a las duchas de lavado de canal y para la limpieza de la planta después de finalizar el destace diario de las reses.

A continuación se desarrolla de forma detallada el proceso para dimensionar el tanque de agua caliente del sistema.

Para determinar la capacidad del tanque se debe multiplicar el valor máximo de la demanda por cada res por el número de reses destazadas diarias y por un factor de capacidad de almacenamiento, el resultado obtenido será en galones. Las tablas XIII y XIV muestran los valores necesarios para dimensionar el tanque de agua caliente y proporcionaran los factores de capacidad de almacenamiento para diferentes tipos de edificaciones, el cual el factor utilizado para este caso será de una planta industrial, también proporciona el caudal de agua utilizada en el proceso de producción de carne, información proporcionada por el MAGA y el rastro La Libertad Petén, administrado por Unión de Ganaderos de Petén (UNGAPESA).

Tabla XIII. **Factor de capacidad de almacenamiento de edificaciones**

Tipo de edificación	Factor de capacidad de almacenamiento
Apartamento o casa	1,03
Club	0,90
Gimnasio	1,00
Hospital	0,60
Hotel	0,80
Planta industrial	1,00
Edificio de oficinas	2,00
Residencia privada	0,70
Escuela	1,00

Fuente: Manual de calentadores de agua del fabricante Slant/Fin. p. 12.

Tabla XIV. **Consumo de agua y desechos sólidos del rastro La Libertad Petén**

Total de rastros autorizados en el departamento	No. de reses destazadas al día	Volumen de agua utilizada en litros/día	Desechos sólidos por libras/día
1	32	48,000	2,400

Fuente: Municipalidad de la Libertad Petén, con datos del MAGA.

El consumo de agua por res es de 1,500 litros pero éste implica agua potable y caliente sanitaria; el agua caliente utilizada es aproximadamente la mitad del consumo total por res, para este caso se utilizará como dato, 900 litros de agua caliente por res destazada, que es equivalente al 60% de agua del consumo total.

Si el tiempo de trabajo es 12 horas (720 min) y el número de reses destazadas será 50 entonces se puede decir que para el proceso de destace por res se utilizarán 14,4 min.

El caudal de agua que se utilizará por res será de 62,5 lts/min, y con este dato proceder a dimensionar el tanque de agua caliente. Como se trata de un rastro con capacidad de reses destazadas será de 50. Se debe emplear el caudal de 62,5 lts/min por cada res (16,5 gal/min por cada res) y un factor de capacidad de almacenamiento de 1 para una planta industrial, según se muestra en la tabla XIII; multiplicando los valores de 50, 16.5 y 1 se obtiene un resultado de 825 galones.

Por otra parte, se debe considerar que el tanque de agua caliente debe tener un volumen mayor a su capacidad de almacenamiento para evitar que el tanque se vacíe en las demandas pico y asegurar que siempre habrá agua, por lo tanto, se debe multiplicar por un factor de seguridad de 1,25 para tanques verticales y 1,50 para horizontales.

Dado que para evitar problemas de montaje e instalación en el sentido de espacio en el cuarto de máquinas, emplear un tanque vertical, por lo tanto el valor del volumen del tanque de almacenamiento debe ser igual al producto de 1,25 por los 825 galones anteriormente obtenidos; es decir, que el tanque debe tener un volumen de 1031 galones (3.90 m³).

Para la selección del tanque de agua caliente utilizar la marca Alstrom, la cual es distribuida por la empresa Sidasa en Guatemala, la información técnica proporcionada por la empresa Sidasa (anexo 10), proporciona los rangos de presión y temperatura de diseño, que por los requerimientos del rastro, utilizar una presión de diseño de 102 psi. Es decir, que el tanque de almacenamiento debe ser seleccionado para operar a una presión y temperatura de 102 psi y 80 °C y con una capacidad de 1,200 galones.

3.7. Tubería de agua caliente

Las tuberías de agua caliente más utilizadas en el sector industrial son las de hierro galvanizado, hierro negro y la tubería de cobre, siendo la última la que mejor características tiene para la distribución de agua caliente, pero debido al costo elevado tienden a ser menos utilizadas, por este motivo se recomienda utilizar tubería de hierro negro cédula 40 para el sistema de distribución y para el sistema de recirculación.

3.7.1. Dimensionamiento de la tubería de recirculación de agua caliente

Este sistema de recirculación tiene como objetivo mantener el agua que se encuentra en el tanque de almacenamiento a la temperatura apropiada. Se hará la selección del diámetro de la tubería y el aislamiento térmico adecuado.

El caudal de agua utilizado es 16,5 gal/min por cada res, pero considerando que el proceso de producción de carne es constante y no tiene paradas, entonces el valor total del caudal volumétrico que debe pasar por las tuberías de recirculación es de 66 gal/min que equivale al caudal de 4 reses destazadas a la vez en la planta de proceso.

La tabla XV indica los diferentes valores de diámetros recomendados con sus respectivas pérdidas de fricción, para un caudal de 70 gal/min. Se selecciona la una tubería de 2" cédula 40, ya que ésta resistirá la presión de operación y tienen pequeñas pérdidas por fricción.

Tabla XV. **Velocidades y pérdidas por fricción en tuberías cédula 40**

Caudal [GPM]	Diámetro	Velocidad [m/s]	Perdidas [m/100m]
70	1-1/4"	4,57	79,92
	1-1/2"	3,36	36,00
	2"	2,04	10,2
	2-1/2"	1,43	4,18

Fuente: Manual *Design of fluid systems* de Spirax Sarco. p. 77.

No se debe olvidar calcular la caída de presión a lo largo de la tubería, para lo cual hay que conocer las longitudes totales; es decir, las longitudes propias de las tuberías y la que corresponde a los accesorios.

Para determinar la longitud equivalente de los accesorios se deben emplear equivalencias, como la de accesorios en términos de codos mostrados en el material de apoyo del curso Instalaciones Mecánicas, la equivalencia se hace con la siguiente fórmula:

$L_{\text{equivalente}} = \text{longitud} + \text{accesorios expresados en términos de tubo recto}$

Donde: codo de 90° radio normal = 25 veces el diámetro nominal de la tubería

$L_{\text{equivalente}} = \text{longitud} + (25 * \text{No. de codos} * D \text{ tubería})$

Para ejemplificar lo anterior, a continuación se muestra la cantidad de tubería y accesorios que se podrían emplear, acorde al plano de la planta mostrado en la figura 27, en el sistema de recirculación; además la longitud equivalente de los accesorios.

Tabla XVI. **Longitud equivalente del sistema de recirculación de agua caliente**

Descripción	Cantidad	Equivalencia codos acero	Longitud equivalente [m]
Tubería [m]	25	----	25
Codos	10	1,0	6,35
Tes	2	1,8	2,29
Válvula compuerta	6	0,5	2,00
Válvula retención	1	2,0	1,3
Entrada recta	2	0,5	0,7
Salida recta	1	1	0,7
Total	-----	----	38,34 m

Fuente: elaboración propia.

Para determinar la caída de presión a través de la tubería de recirculación, hay que multiplicar el valor total de la longitud equivalente que es 38,34 m por las pérdidas de fricción para la tubería de 2" que son 10,2 m y dividir las entre 100. Finalmente se obtiene un valor de 3,91 m.

Teniendo estos datos seleccionar la bomba, se debe conocer el cabezal total que debe proporcionar, el cual lo determina sumando la caída de presión a través de la tubería de recirculación con la caída de presión a través del calentador de agua que toma un valor aproximado de 5 psi (3,51m de altura de una columna de agua), según las fichas técnicas de los proveedores de estos equipos. Sumando los valores antes mencionados, se obtiene un resultado de 7,42m.

Es decir, que para el sistema de recirculación se empleará tubería de 2" cédula 40, y una bomba centrífuga que sea capaz de proporcionar 70 gpm con un cabezal total de 7,42 m.

3.7.2. Aislante para tubería de agua caliente

Como en el caso de las tuberías de vapor, las tuberías que transportan el agua caliente deben ser aisladas, ya que así se evitará que cualquier persona que esté trabajando cerca del sector sufra alguna quemadura. Si no se aíslan las tuberías, ni el tanque de agua caliente, se perderá energía en los alrededores y por consiguiente sería ineficiente.

Respecto al aislamiento de la tubería de agua caliente se decidió utilizar cañuelas de lana de vidrio (anexo 8) de 2" de espesor y para el tanque de agua caliente se recomienda aislar con Flex Wrap en 1 1/2" de espesor y protegido con una cubierta de aluminio de 0.5mm.

4. ESPECIFICACIONES PARA MONTAJE DEL EQUIPO

4.1. Condiciones generales

Las condiciones para el montaje del equipo se refiere al espacio físico (cuarto de máquinas) en una fábrica o planta industrial previsto para la instalación y montaje de la (s) caldera (s), así como de sus equipos auxiliares, tales como: bombas de agua, tanque de petróleo, tanque de agua caliente, chimenea, equipo de tratamiento de agua para calderas, entre otros.

La sala de calderas se encuentra ubicada dentro de la planta como se puede ver en el plano mostrado en el anexo 11 y la estructura es dependiente a ésta. La estructura será metálica, techada con lámina galvanizada, tendrá una pared perimetral de block de 4 m de altura, una de las recomendaciones al momento de construir el cuarto de máquinas es que la parte frontal tenga suficiente amplitud hacia el ambiente, esto permite que aire fresco esté circulando siempre por el área, lo cual contribuye a que los equipos no se recalienten y que el aire para combustión sea bueno. La sala de calderas tiene la amplitud suficiente para permitir, en forma segura, todos los trabajos de operación, mantenimiento, inspección y reparación.

4.2. Dimensiones mínimas

Las dimensiones mínimas para una sala de calderas son determinadas físicamente de acuerdo a las características de la caldera misma y de los equipos auxiliares que en ella se encuentren, esto debido a la distribución de la maquinaria en el lugar. La sala de calderas debe tener los espacios necesarios

para que el personal se movilice sin mayor problema en sus labores cotidianas, así como brindar el mantenimiento a la caldera o realizar un paro prolongado.

Para las dimensiones de la sala de calderas del rastro se debe de tomar en cuenta lo siguiente:

- Para el largo de la sala de calderas se debe considerar el espacio para abrir la puerta trasera y espacio respectivo para sacar los tubos de la parte frontal, también considerar el espacio pertinente para futuras ampliaciones o reemplazo de tuberías.
- Para el ancho de la sala de calderas se debe tomar en cuenta la recomendación de Cleaver Brooks, la cual consiste en dejar, al menos entre la pared y la columna de agua de la caldera, un pasillo de 8 pies y 6 pulgadas. Además, considerar el espacio pertinente para la instalación del tanque de petróleo diario (secundario), bombas para el tanque de petróleo diario, y otros equipos.
- La altura de la sala de calderas se basa en la altura de la caldera, la cual se muestra en la tabla de características de las calderas (anexo 1).

Para soporte del cliente la fábrica de calderas Cleaver Brooks estandariza, el tamaño de sus equipos de acuerdo al caballaje de las mismas, esto ayudará a cumplir con las recomendaciones para dimensionar la sala de calderas. Para una caldera cuya capacidad sea de 250 BHP (caldera en estudio) las figuras 30 y 31, darán mayor detalle de las dimensiones y medidas de la caldera, tomando como referencia la letra del abecedario que aparece en el lado derecho de la descripción mostrada en las tabla XVIII, asimismo, dichas dimensiones se presentan en metros.

Tabla XVII. Dimensiones y medidas

LONGITUDES	LETRA	DIMENSIÓN
Total de la caldera	A	5,166 m
Del cuerpo entre bridas	B	3,677 m
Total de la base de la caldera	C	3,632 m
Extensión tapa frontal	D	0,864 m
Extensión tapa trasera	E	0,635 m
ANCHURAS		
Ancho total	I	2,451 m
Diámetro interno de la caldera	J	1,981 m
Del centro a la columna de agua	K	1,397 m
Del centro a la cubierta	L	1,054 m
Base exterior de la caldera	M	1,645 m
ALTURAS		
Total de la caldera	OO	2,664 m
De la base a la salida del respiradero	O	2,664 m
De la base a la salida de vapor	P	2,400 m
Altura de la base	Q	0,254 m

Fuente: Manual Cleaver Brooks Steam Boilers 15 a 700 HP, Dimensions and Ratings. p. 8.

4.3. Montaje y anclaje del generador

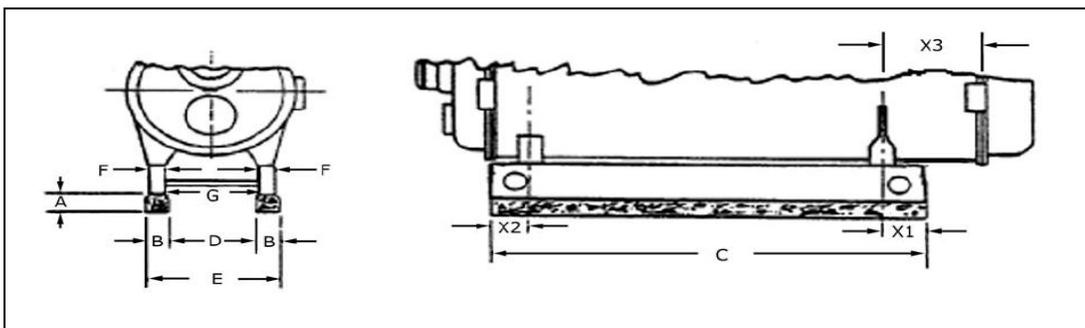
Cleaver Brooks recomienda que el montaje de la caldera sea sobre 2 rieles instalados debajo del marco de la base de la caldera, los cuales se alcanzan a 6" sobre el nivel del piso, esto se puede apreciar en la figura 32, las medidas de dichos rieles se muestran en la tabla XVIII. El piso sobre el cual se instala la caldera es un cemento preparado especialmente, para soportar las cargas que descansen sobre el mismo, las cuales son: peso de la caldera, el peso del agua de alimentación que se encuentra en la caldera y amortigua las vibraciones ocasionadas por la operación de la misma. La cimentación dependerá del tamaño de la caldera, la cual está relacionada con el peso de la misma y de ello dependerá el armado de la base, el cual es concreto armado.

Tabla XVIII. Dimensiones de rieles de soporte para montaje de la caldera

BHP	A	B	C	D	E	F	G	X1	X2	X3
250	6"	12"	131"	46"	70"	4"	56"	10"	22"	22-1/2"

Fuente: Cleaver Brooks Steam Boilers 125 a 800 HP, Dimensions and Ratings. p. 21.

Figura 35. Vista frontal y lateral de los rieles del soporte



Fuente: Cleaver Brooks Steam Boilers 125 a 800 HP, Dimensions and Ratings. p. 21.

La superficie sobre el cual descansa los rieles de soporte para el montaje de la caldera es concreto que contiene acero de refuerzo adecuado, en el que ambos materiales actúan juntos para resistir los esfuerzos a los que se ha sometido. El diseño de la cimentación toma como base ciertos parámetros tales, como:

- El cimiento debe ser el adecuado para soportar el peso de la caldera y el agua de alimentación.
- Se toma como referencia para las dimensiones del cimiento los incisos E y C de la tabla XVIII (dichos incisos determinarán el largo y el ancho del cimiento).

El terreno sobre el cual se realizará la cimentación debe ser preparado con anterioridad. Dicha preparación consistirá en un relleno compactado de tres capas, las cuales son:

- Primera capa: 12.7" (5 cm) de material selecto, material que se mezcla con cemento y agua para producir concreto.
- Segunda capa: 12.7" (5 cm) de roca triturada y deberá estar formado de partículas duras, resistentes, duraderas, limpias y sin recubrimiento de materiales extraños. Este agregado grueso debe estar libre de partículas delgadas, planas o alargadas. Se utiliza pedrín de 1/2".
- Tercera capa: 12.7" (5 cm) de material selecto.

Con base en las medidas de los incisos C y E de la tabla XVIII se obtienen las siguientes dimensiones de la cimentación: 131" y 70"; sin embargo, se recomienda adicionar 16" tanto al ancho como al largo, dejando un espacio de 8" de cada lado de las dimensiones, de manera que la cimentación no se realice donde terminen los rieles, ya que esto puede provocar concentración de esfuerzos en la orillas de la cimentación y dichas cargas sean transmitidas al piso que está alrededor de la misma, el piso de la sala de calderas, regularmente, no está diseñado para absorber grandes esfuerzos y soportar las cargas, la cimentación cumple este fin. Por tanto, las dimensiones de la cimentación son: ancho 78" (1,98 m) y largo 139" (3,53 m).

Para el montaje de la chimenea se sabe que está conectada a la caldera por medio del orificio donde se expulsan los gases, el cual tiene un diámetro de diseño, la instalación de la chimenea es vertical y perpendicular a la caldera. El material de construcción es de hierro regularmente, la altura de la chimenea no es la restricción para la construcción de la misma, sino el peso de ésta, las chimeneas no deben pesar más de 2,000 libras, esta medida incluye los efectos del viento y los alambres de suspensión.

4.4. Instalación del tanque de agua caliente

Para una correcta instalación del tanque de agua caliente se debe controlar los siguientes aspectos:

- El tanque se instale nivelado y protegido de agentes atmosféricos.
- El posicionamiento se realice sobre una base sólida.

- Considerar un espacio suficiente para que se pueda extraer las partes del calentador (serpentín y accesorios), para el mantenimiento.
- Si se superan los valores máximos admisibles de presión en el sistema de agua caliente, instalar un reductor de presión lo más lejos posible del tanque.
- Es recomendable instalar en la parte del agua de recirculación y alimentación una válvula de seguridad, un depósito de expansión y una válvula de bola.
- Asegurar que el tanque esté completamente aislado para no tener pérdidas de calor en el tanque y tuberías.

4.5. Instalación de tuberías

Antes del montaje, deberá comprobarse que la tubería no esté rota, doblada, aplastada o de cualquier manera dañada. Las tuberías serán instaladas de forma ordenada, utilizando, siempre que sea posible, tres ejes perpendiculares entre sí y paralelos a los elementos estructurales de la planta, salvo las pendientes que deban darse a las tuberías. Las tuberías se instalarán lo más próximo posible a los paramentos, dejando únicamente el espacio suficiente para manipular el aislamiento térmico, válvulas, dilatadores, etc. Las tuberías, cualquiera que sea el fluido que transportan, se recomienda que se instalen siempre por debajo de las canalizaciones eléctricas debido a que, si por alguna fuga de la tubería gotea, el líquido caerá sobre los cables conductores de electricidad y esto ocasionará algún problema. Las tuberías se instalarán siempre con el menor número posible de uniones; no se permitirá el aprovechamiento de recortes de tuberías en tramos rectos.

4.5.1. Tuberías de vapor

Un sistema de distribución de vapor dará mayores problemas que cualquier otro servicio de tuberías, ya que contiene vapor y agua. Desde que el vapor sale de la caldera, parte empieza a condensarse de acuerdo a la pérdida de calor a través de la tubería; esta cantidad de condensado puede formar una masa voluminosa fluyendo a la velocidad del vapor ocasionando el golpe de ariete, causando graves daños a la tubería y accesorios. El golpe de ariete será mayor si la tubería está muy inclinada. En codos hacia arriba la tubería puede llegar a inundarse acelerando la posibilidad de golpe de ariete, especialmente si no existe un drenaje de condensado con trampa en este punto; además, el área estrangulada de paso de vapor debido a la presencia de agua, origina una gran caída de presión.

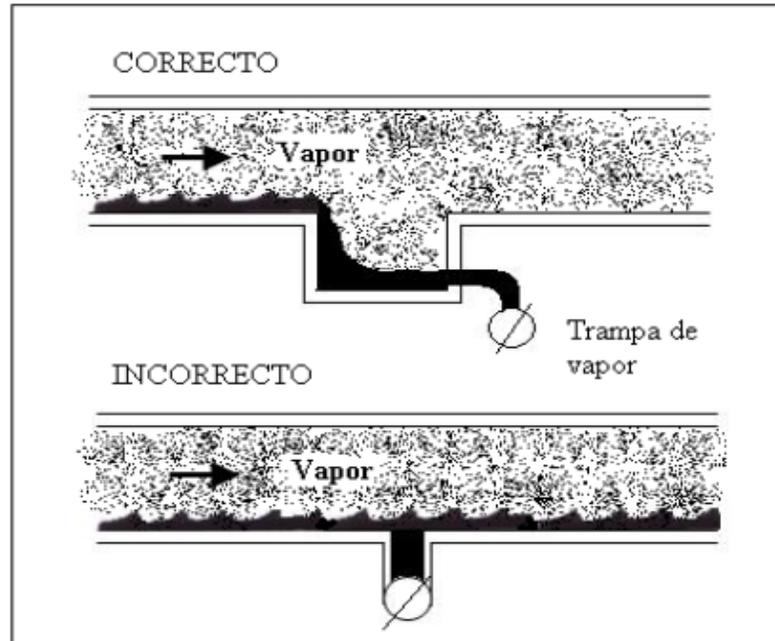
Para una inclinación y drenajes adecuados, deben tomarse en cuenta los siguientes pasos:

- Las líneas de vapor deberán ser colocadas con descenso en dirección del flujo. Un descenso de 1 ½" por cada 33 pies de longitud de tubería será suficiente, permitiendo esta inclinación que el condensado sea transportado fácilmente por el flujo de vapor hacia el punto de drenaje.
- En líneas de vapor saturado deberán colocarse drenajes e intervalos regulares. Las distancias entre estos drenajes dependerán del tamaño de la línea de vapor, localización y frecuencia de arranques, intervalos de 100 a 150 pies serán suficientes.
- Los drenajes son más efectivos donde la tubería cambia de dirección.

- En tuberías rectas deberá hacerse un depósito colector en el punto de drenaje como se muestra en la figura 33.
- Las líneas secundarias deberán tomarse en la parte de arriba de la tubería principal, de manera que sea transferido el vapor lo más seco posible. Cuando esta línea secundaria se envía a un nivel más bajo, deberá instalarse un drenaje con su respectiva trampa de vapor antes de utilizar este vapor en el equipo respectivo.

La instalación de la tubería se hace en obra, es decir que se cortan a la medida y se van empalmando en el lugar de la instalación, esto debido a que los fabricantes de tubería han estandarizado su longitud de 19,68 pies (6 metros). La tubería se une mediante bridas, la brida soldada es muy utilizada debido a que permite efectuar labores de mantenimiento y ampliaciones con facilidad. La fabricación de estos elementos está normada y es obligación del fabricante estampar la presión máxima de trabajo que soportan, de igual forma para permitir el intercambio de bridas de diferentes fabricantes el número de barrenos de las bridas son siempre múltiplos de cuatro. Las bridas utilizadas para unir los tubos fueron bridas deslizantes, se denomina así debido a que el diámetro interior de las mismas coincide con el diámetro exterior de la tubería con cierta holgura, lo que les permite deslizarse sobre la superficie exterior del tubo.

Figura 36. **Depósito colector de condensado**



Fuente: LÓPEZ, Mario. *Montaje, instalación, mantenimiento y principios de operación de una caldera pirotubular de 600 bhp, para la generación y suministro de vapor a una fábrica dedicada a la producción de sopas instantáneas.* p. 40.

Para instalaciones grandes y colectivas con grandes distancias, la red incorpora un circuito de retorno para evitar que el agua de las tuberías se enfríe y haya que esperar en cada uso del servicio, a que por las boquillas de agua llegue a fluir la caliente.

Para el tendido y montaje de los tubos se debe tener en cuenta la distancia máxima entre soportes, tanto para los trazados horizontales como verticales. También tomar en cuenta las dilataciones que deben ser objeto de control, respetando las especificaciones de montaje recomendados y haciendo uso de dilatadores allí donde resulten necesarios.

En el capítulo anterior se decidió utilizar para la tubería de retorno (recirculación) y de distribución, hierro negro cédula 40, debido al caudal de agua transportado ya la utilización en planta de producción (diámetros grandes), por la temperatura que se requiere (80 °C) y también por el costo que se adecúa a las necesidades de la planta. Debido a esto, para la instalación se utilizarán las especificaciones de instalación de tuberías de vapor (véase 4.5.1).

4.6. Diversos tipos de soportes para tuberías

La importancia de soportar la tubería correctamente es uno de los principales aspectos a considerar en el diseño de tuberías. El tema está relacionado con la dilatación y la flexibilidad de las tuberías, y los esfuerzos impuestos no deben exceder los valores admisibles para el tubo, ya que de otro modo pueden producirse atascos junto con deformaciones indebidas de las uniones. También, deben considerarse las estructuras locales desde las que han de ser soportadas las tuberías.

Para el diseño de soportes se debe considerar lo siguiente:

- Cuando las tuberías pasan a cielo abierto, el tipo de soporte depende del número de ellas. Las tuberías únicas se llevan de manera que puedan soportarse en edificios o estructuras locales, mientras que, cuando son varias las tuberías, se agrupan normalmente en un caballete para tubos especialmente diseñados. El método de instalar un tubo dentro de otro es relativamente barato, aunque no siempre aceptable.

- Situar los soportes próximos a las válvulas. Este método ofrece dos ventajas:
 - La válvula puede retirarse del servicio sin afectar a la conducción.
 - Los esfuerzos flectores en la tubería cercana a la válvula se limitan a un mínimo. Esta regla se aplica igualmente a otros elementos del equipo.
 - El soporte (parásito) se define como aquel que se emplea para soportar tubos pequeños en otros mayores, siendo el primero normalmente de tamaño nominal inferior o igual a 100 mm; tiene evidentes ventajas cuando se trata de vanos excesivamente grandes para el tamaño del tubo. Si no puede hacerse esto, deben disponerse soportes adicionales.
- Las tuberías no enterradas pueden colgarse o soportarse por debajo, generalmente, se prefiere lo primero; sin embargo, ciertas situaciones hacen obligada la elección.
- Cuando las tuberías han de tener pendiente, considerar el uso de soportes ajustables.
- Cuando los soportes son soldados, todas las soldaduras deben ser continuas.
- No deben colocarse soportes apoyados en el suelo sobre cubiertas de zanjas, bocas de hombre, etc.

- Se pueden soldar brazos de apoyo en forma de extensiones a la tubería para formar un soporte.
- Los soportes de tuberías deben diseñarse para ser lo más económicos posibles, empleando componentes normalizados.
- Los soportes de montaje son normalmente adecuados para la instalación definitiva.
- Debe ponerse cuidado al soldar orejas, etc., a elementos de acero.
- Deben evitarse los postizos sobre partes no sometidas a presión por soldaduras que se cruzan con otras principales existentes, o para los que la distancia nominal mínima entre el borde de la soldadura del postizo y el borde de la soldadura principal existente sea menor que cualquiera de los valores siguientes: dos veces el espesor de la parte sometida a presión o 40 mm.
- Los postizos soldados a las tuberías revestidas deben soldarse antes de aplicar el revestimiento.
- Aunque el aspecto es importante y las tuberías deben ser paralelas y formar ángulos rectos con las líneas del edificio, a veces es necesario que tuberías de materiales muy caros crucen en diagonal para reducir el coste de la instalación, si se da esta situación, no deben olvidarse las pérdidas por rozamiento adicionales y el consiguiente aumento de los costes de explotación.

- Aunque son preferibles los puntos de apoyo en los tramos rectos de tubería, puede ser aceptable colocar postizos en curvas o codos; sin embargo, debe considerarse detenidamente la colocación de postizos en secciones curvadas, porque las curvas están sometidas normalmente a elevados esfuerzos cuando la tubería está sujeta a dilatación térmica.

- Si ciertas secciones de la tubería tienen que montarse después con regularidad, es ventajoso disponer los soportes en tramos adyacentes. Los tipos de soportes que frecuentemente son más utilizados para este tipo de obra son:
 - Soporte de pie de pato: se emplea para apoyar el codo de un tubo vertical y transmitir directamente la carga de la tubería y los accesorios al suelo.

 - Soporte tubular simple.

 - Abrazadera para tubo vertical

Los soportes de tuberías tienen gran diversidad como se muestra en la figura 37, cada uno utilizado para las diferentes condiciones que presente el sistema de distribución. Otro aspecto importante es la distancia entre soportes del sistema de distribución, se debe utilizar la distancia correcta para que la instalación opere con un buen funcionamiento, la distancias recomendadas entre apoyos se muestran en la tabla XIX.

Las tuberías tienen que ser sostenidas entre los puntos que conectan. Cuando no hay problema de dilatación el montaje es sencillo pues se emplean soportes con abrazaderas, varilla y un tensor el cual sujeta a la tubería. La tubería requiere que la instalación sea flexible.

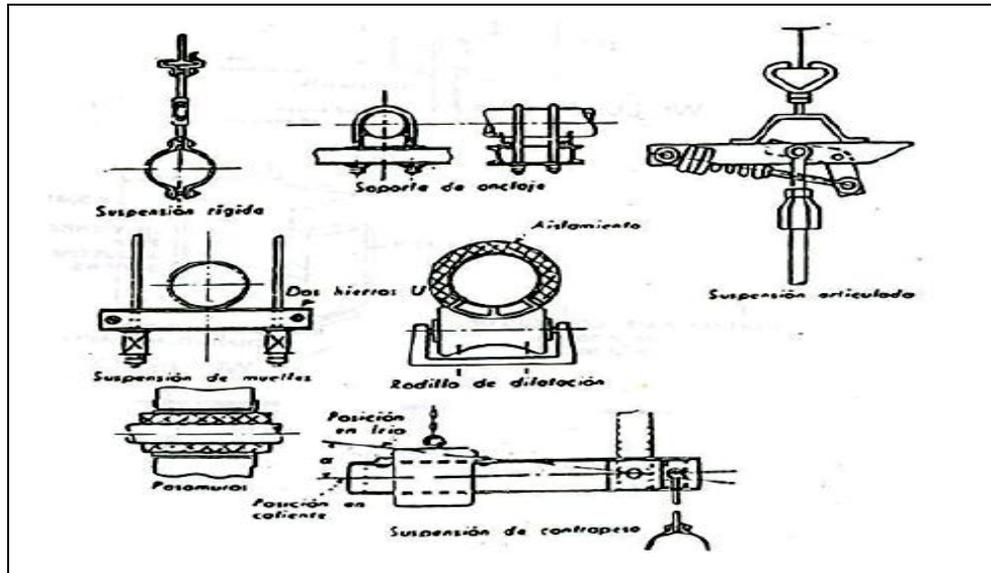
Una solución es dejar que la tubería que está suspendida por soportes tipo tirante, se acomode, aunque a veces este acomodamiento debe de ser confinado por condiciones particulares de la construcción para lo cual se ancla la tubería en ciertos puntos, con lo cual la diferencia de la dilatación se controla.

La recomendación del tipo de soporte para esta tubería tiene que ver con la dilatación de la tubería. La eficacia de las juntas de dilatación (para este sistema las juntas de brida o unión por flange) exige el anclaje de las tuberías en ciertos puntos, la solución es colocar un soporte formado de perfiles de acero y pernos en forma de U los cuales fijan la tubería sobre el soporte.

Cuando la tubería es soportada por debajo, para no dificultar la dilatación los soportes están provistos de rodillos. Para el esparcimiento entre soportes se considera el tubo como una viga simplemente apoyada con carga uniforme distribuida, la cual estará formada por el peso del propio tubo y su contenido, que en el caso de tuberías de vapor se consideran llenas con agua.

Lo recomendado para la distribución de los soportes es que cada 3,60 m se debe colocar un soporte en la red de vapor, como la tubería principal de vapor es de 3" y con los datos de la tabla XIX se obtiene la distribución adecuada de los soportes en la tubería.

Figura 37. **Diversos tipos de soportes**



Fuente: Material de apoyo, curso Instalaciones Mecánicas. p. 20.

Tabla XIX. **Espaciamientos adecuados entre soportes**

Diámetro de tuberías	Distancia recomendada
Hasta 1 ¼"	2,40 m
De 1½" a 2 ½"	3,00 m
De 3" a 3 ½"	3,60 m
De 4" a 6"	4,20 m
De 8" a 12"	4,80 m

Fuente: Material de apoyo, curso Instalaciones Mecánicas. p. 21.

4.7. Aislamiento para tuberías

Al tener que producir y conducir vapor y agua caliente, el aislamiento se convierte, en esta instalación, en uno de los elementos más importantes que es necesario cuidar con el objetivo de limitar a unos valores admisibles las pérdidas energéticas que, inevitablemente, se producen al estar siempre el vapor y el agua caliente a una temperatura superior a la del ambiente que lo rodea.

En las tuberías que discurren por el interior de las plantas, los espesores mínimos de aislamiento vienen determinados en función del diámetro de las tuberías y la temperatura del vapor y el agua circulando. Como recomendación para un diámetro de 2" el espesor mínimo a colocar es 1", para diámetros superiores el espesor mínimo debe ser 1 ¼".

El aislamiento térmico en la tubería de vapor y en la de agua caliente, el cual se seleccionó en el capítulo anterior, es fibra de vidrio y el mismo deberá:

- Reducir la transmisión de calor entre el fluido y el ambiente, con el fin de ahorrar energía.
- Evitar la formación de condensaciones, que podrán dañar la superficie sobre la que se producen.
- Proteger contra contactos accidentales con superficies a temperatura elevada.

Cuando la temperatura de algún punto de la masa del aislamiento térmico pueda descender por debajo del punto de rocío del aire del ambiente, con consecuente formación de condensaciones, la cara exterior del aislamiento deberá estar protegida por una barrera antivapor.

4.7.1. Tipos de aisladores

Los aislantes para sistemas de vapor más utilizados son los siguientes:

- **Reflectores o reflectantes:** existen sistemas aislantes que usan pantallas reflectantes para disminuir las pérdidas de radiación (láminas de aluminio brillantes).
- **Porosos (o esponjosos):** la mayoría de los materiales usados como aislantes son porosos, manteniendo aire atrapado en su interior. El aire encerrado en los poros queda casi absolutamente estático; esto ocurre en los materiales con poros cerrados (poliestireno y poliuretano expandido), o con muy poca movilidad en aislante con poros abiertos (lana mineral, cortinas gruesas).
- **Aire estanco o estático:** es un sistema de construcción que se basa en el mismo principio anterior: el aire quieto es un excelente aislante. Ejemplo: vidrio doble, doble pared, doble puerta, entre otros.

Los aislantes porosos o por aire estático pierden sus propiedades cuando se mojan, ya que el agua es un excelente conductor del calor. En el país los aislantes más comunes en el comercio son los materiales porosos, que se aplican en forma de colchonetas, planchas, granulados, caños premoldeados, ladrillos o bien en forma de una pasta plástica. El uso de éstos es de acuerdo a

la factibilidad financiera de la administración. Los materiales aislantes se identifican con base en las siguientes características:

- Conductividad térmica.
- Densidad aparente.
- Permeabilidad al vapor de agua.
- Absorción de agua por volumen o peso.
- Propiedades mecánicas; resistencia o compresión y flexión, módulo de elasticidad.
- Envejecimiento ante la presencia de humedad, calor y radiaciones.
- Coeficiente de dilatación.
- Comportamiento frente a parásitos, agentes químicos y fuego.

4.8. Instalación del tanque de condensado

Para la instalación del tanque de agua de alimentación (condensado) se debe hacer de tal forma, que el nivel del agua del tanque es el mismo que el nivel máximo de agua de la caldera. Esto se hace para evitar que la caldera se inunde de agua, porque esto lleva a un desperdicio de producto químico y de una pérdida de temperatura en el agua de la caldera. Estos dos problemas son costosos, porque se gasta más producto químico para mantener los parámetros y más combustible, porque el agua perdió el calor.

El agua para la caldera se almacena usualmente en este tanque, de manera que se tenga disponible un volumen de agua suficiente para demandas mayores a las acostumbradas. Se mantiene un nivel constante por medio de una válvula flotadora similar en principio al flotador de un tanque sanitario. Una bomba de alta presión saca el agua del tanque de relleno y la vacía en la caldera. Debido a que la caldera opera a una presión mayor que la de

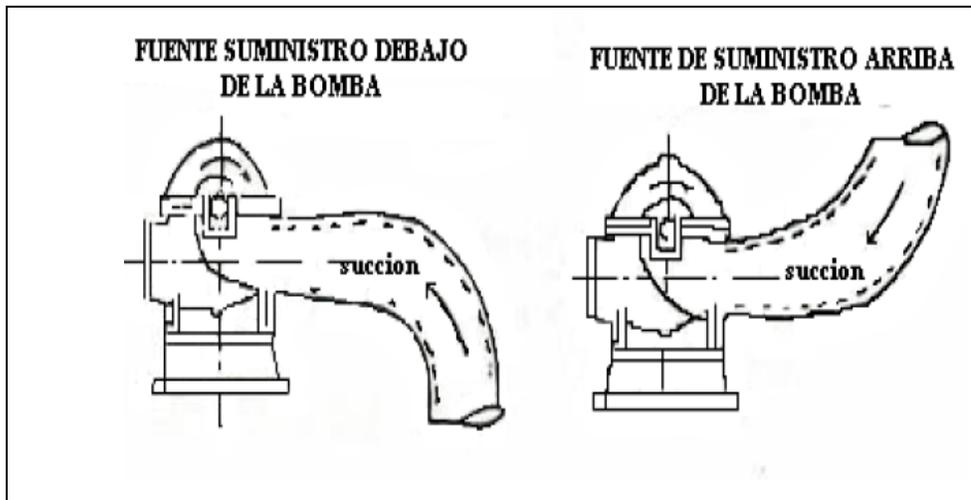
suministro de agua, la bomba debe elevar la presión del agua de alimentación un poco por encima de la presión de operación de la caldera.

Para instalar el tanque de condensado a la bomba de agua, utilizan tubería de hierro negro para servicio mediano, la dimensión de la misma es establecida por el orificio de succión. Nunca la tubería debe tener menor diámetro que el de entrada de la bomba; puede ser mayor y ocupar un reductor excéntrico cuidando no se hagan bolsas de aire. Para evitar esta situación deben colocarse como se indica a continuación:

- Si el tanque de condensado está debajo de la línea de centro de la bomba, la parte recta del reductor debe colocarse hacia arriba.
- Si el tanque de condensado está arriba de la línea del centro de la bomba, la parte del reductor debe colocarse hacia abajo.

Para evitar perturbaciones en el impulsor se necesita un tramo recto de por lo menos 8 veces el diámetro de la tubería. Los codos que se deben utilizar son de radio largo porque crean menos fricción y producen una distribución más uniforme del caudal que los codos estándar. La válvula de compuerta se coloca inmediata al tanque, este tipo es usado por tener menos pérdidas que las de globo y porque no se requieren restricción en el flujo. Además, se coloca un filtro Y para evitar la introducción de partículas extrañas que puedan obstruir la bomba y reducir el bombeo.

Figura 38. **Instalación correcta de la tubería de succión**



Fuente: LÓPEZ, Mario. *Montaje, instalación, mantenimiento y principios de operación de una caldera pirotubular de 600 bhp, para la generación y suministro de vapor a una fábrica dedicada a la producción de sopas instantáneas.* p. 57.

4.9. **Equipo de tratamiento de agua**

El tratamiento de agua por intercambio iónico a base de zeolita se usa un equipo compuesto por dos tanques, uno es en sí el ablandador y otro más pequeño que es el de la preparación de la salmuera empleada para la regeneración. Este equipo se diseña para operar, ya sea a flujo por gravedad o a presión si su control puede ser manual, semiautomático o automático. Sin embargo, las unidades que trabajan por gravedad sólo tienen un uso muy limitado por su flujo y el gran espacio que requieren, usándose generalmente los del tipo de presión, los cuales se instalan en baterías de dos o más unidades de manera que se pueda asegurar el flujo sin interrupciones de agua blanda cuando alguna de las unidades está en el ciclo de regeneración.

Las unidades se deben operar de manera que nunca necesite regeneración dos unidades al mismo tiempo. Las dimensiones varían dependiendo del volumen de agua a tratar y dureza, ya que con estos datos es fácil obtener el volumen de zeolita necesario, y por el tamaño del tanque.

Los ablandadores a presión son tanques metálicos cilíndricos verticales o en algunos casos horizontales, cuya altura es por lo general dos o tres veces su diámetro, y sus elementos constituyentes son los siguientes:

- Coraza: consiste en un cilindro metálico con tapas abombadas a un radio igual al diámetro del ablandador, construido de placas metálicas de espesor suficiente para la presión a la que se somete. El diámetro en las unidades verticales varía entre 1,65 y 10 pies y la altura depende del volumen necesario de zeolita. Los tanques horizontales se construyen cuando el espacio vertical es limitado, y pueden tener hasta 25 pies de longitud y de 7,9 a 11,8 pies de diámetro.
- Sistema colector: se encuentra colocado en la parte inferior o fondo del ablandador, y sirve para extraer el agua blanda durante el ciclo de ablandamiento, distribuir el agua de retrolavado, eliminar la sal y los lavados. Durante el ablandamiento este sistema debe recolectar uniformemente toda el agua que pase por el lecho, y durante el retrolavado distribuye perfectamente el agua, de manera que ésta fluya uniformemente hacia arriba. Debe construirse de materiales resistentes a la corrosión debido a la acción corrosiva de la salmuera y del agua con dureza cero. La práctica común ha sido usar un tubo múltiple central con ramales roscados a él en ángulo recto y espaciados a igual distancia sobre el piso del tanque.

- Grava y arena: sobre los sistemas colectores se colocan capas de grava graduada (gruesa abajo y fina arriba) seguida, usualmente, de una capa de arena gruesa todo lo cual sirve como soporte al intercambiador. El espesor del lecho de soporte varía según el diseño del tanque, tamaño de las unidades y otros factores, y generalmente tiene entre 11,8 y 23,62 pulgadas.
- Lecho de zeolita intercambiadora: se encuentra colocado sobre la capa de arena o grava fina. A medida que el lecho se clasifica hidráulicamente en las operaciones de retrolavado, las partículas mayores se van al fondo y las más finas quedan en la superficie, lo que asegura una perfecta distribución del agua a través del intercambiador. Sobre el lecho del intercambiador hay un espacio libre, lo suficientemente grande para absorber la expansión de la resma durante la operación de retrolavado.
- Colector del agua de lavado: en la parte superior del recipiente y un poco abajo de la parte recta de la coraza, hay un colector de agua de lavado, que sirve durante las operaciones de ablandamiento y de lavado para introducir y distribuir el agua que entra, y durante el retrolavado para coleccionar el agua y conducirla a las líneas de salida.
- Sistema de distribución de salmuera: éste está a poca distancia sobre la superficie del lecho de zeolita, y sirve para introducir y distribuir la salmuera diluida sobre el lecho, de manera que todo el intercambiador entre en contacto con ella.
- Medidores: se emplea un medidor de agua colocado en la línea de salida de agua blanda. En los ablandadores automáticos el medidor está equipado con contactos eléctricos que inician automáticamente el ciclo de

regeneración y lo vuelven al servicio. En los ablandadores manuales las manecillas del medidor se vuelven a cero al terminar cada ciclo de ablandamiento; cuando llega a pasar una cantidad determinada de agua hacen contacto eléctrico que suena una campana indicando que hay necesidad de regenerar el lecho.

- Válvulas de control: la regulación de los ablandadores se lleva a cabo por válvulas operadas manualmente, automáticas o semiautomáticas.

4.10. Otros componentes del sistema de vapor

- La chimenea

Está conectada a la caldera por medio del orificio donde se expulsan los gases, el cual tiene un diámetro particular para cada caldera, la instalación de la chimenea es vertical y perpendicular a la caldera. El material de construcción de la chimenea regularmente es de hierro, la altura de la chimenea no es la restricción para la construcción de la misma, si no el peso de esta, las chimeneas no deben pesar más de 2000 libras, ésta medida incluye los efectos del viento y los alambre de suspensión.

Normalmente, la temperatura del flujo de gas que sale de la caldera es de 125 °F más alta que la temperatura del vapor de agua en la caldera. El condensado en la chimenea ocurre cuando se dan condiciones de fuego intermitente o condiciones de chimenea fría, lo que da como resultado la condensación del vapor de agua en el flujo de gas, esta condensación del agua acelera la corrosión del metal de la chimenea y sus bifurcaciones. La cantidad de condensado en la chimenea varía según el tipo de combustible y la temperatura de los gases. Para mantener condensados en cantidades mínimas

la caldera debe ser utilizada según la presión y el caballaje para la cual fue diseñada, insular la chimenea ayuda a prevenir pérdidas de calor y la chimenea debe contar con la caja de registro para su limpieza y así evitar que el condensado vuelva hacia la caldera.

La chimenea cuenta con un sombrero colocado justo en la parte alta de la misma, éste cumple la función de evitar que partículas no deseadas entren en la chimenea y causen problemas en la misma, principalmente se coloca para evitar que en tiempo de invierno el agua ingrese a la chimenea.

- Tanque de purga

Es un recipiente a presión de alto riesgo, necesario en la operación de calderas de vapor. Un tanque que requiere de estricto apego a normas de fabricación por código. Recibe las purgas de la caldera, en alta presión, debiendo lograr su expansión en corto espacio. Bajar la presión, para poder expulsar los lodos y sedimentos al desagüe sin presión. Por su amplia salida superior, expande el vapor caliente, el cual debe ser guiado y expulsado a la atmósfera en un lugar alto y seguro, donde no exista peligro de contacto con seres vivientes o productos tóxicos o de peligro por calentamiento (altas temperaturas de vapor). El tanque de purga consta de un buque de presión soldado con patas y completo con conexiones de escape, de admisión y desagüe.

Este tanque recibe el agua a presión de la caldera, su diseño permite bajar la presión del agua purgada. Tiene un tubo vertical de 4" de diámetro, el cual sirve para venteo. Al fondo del tanque hay agua que se mantiene a una temperatura menor que el agua que ingresa cuando se purga la caldera, el agua con temperatura más baja sirve para que el agua que ingresa ceda su

temperatura lográndose un balance en la temperatura del agua que queda en el tanque, dicho tanque tiene un nivel y una tubería que comunica con el desagüe para expulsar el agua necesaria. De esta manera al desagüe ingresa agua con una temperatura más baja y a menor presión.

La caldera tiene una purga de fondo, en la cual se utilizan generalmente dos válvulas, una de cierre rápido ubicada cerca de la caldera y otra de cierre lento después de la anterior. Otro tipo de instalación es de colocar dos válvulas de cierre rápido en las descargas inferiores de la caldera, conectándose posteriormente ambas al drenaje a través de la válvula de cierre lento. El propósito de las líneas de purga es el de evacuar lodos y mantener dentro de la caldera ciertos parámetros químicos.

El control de nivel de agua debe tener su respectiva línea de purga para mantenerlo limpio y evitar que el flotador se quede pegado. Para esta línea se coloca una válvula de cierre rápido y se une con la línea de purga de fondo. La línea de purga descarga en el tanque de purgas con derrame al drenaje, tubo de ventilación y agujero para inspección y limpieza.

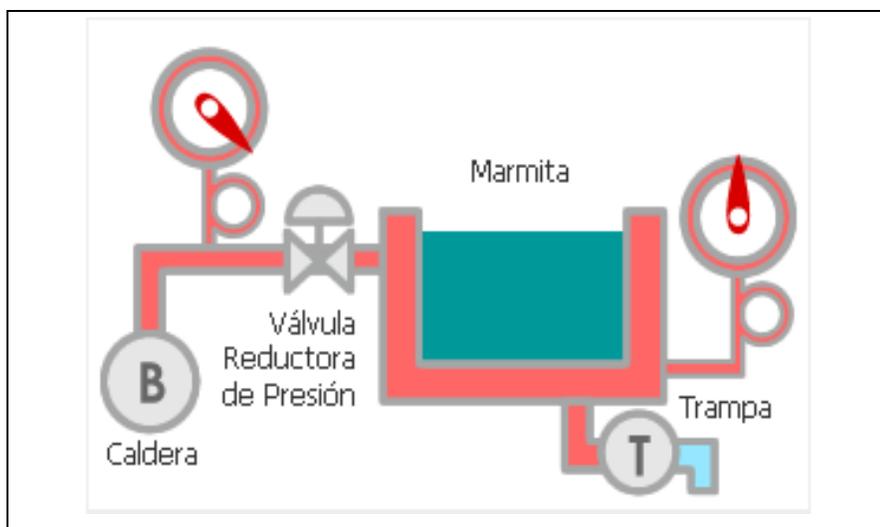
- Estación reductora de presión

En una planta usuaria de vapor, normalmente el vapor se genera a presiones elevadas y reducidas localmente para proveer calor para cada equipo de vapor. Generalmente, esto se realiza para minimizar el diámetro de la tubería de distribución de vapor y permitir un suministro de vapor con costo más eficiente. Una forma común de reducir la presión es al reducir el tamaño del pasaje del vapor. Para la reducción más básica de presión, es posible usar una simple válvula de globo en una posición fija de parcialmente abierta, o al insertar una placa con un orificio en el flujo de vapor. Sin embargo, cualquier

fluctuación en el flujo sería acompañado por una fluctuación correspondiente en la presión. Para evitar tales circunstancias, las válvulas reductoras de presión (PRV) pueden ser utilizadas para proveer un control más preciso de la presión aguas abajo. Automáticamente ajustan la cantidad de apertura de la válvula para permitir que la presión permanezca sin cambio alguno aun cuando el flujo tiene una fluctuación.

Si bien es posible mantener una presión constante mediante el uso de la combinación de una válvula de control, un sensor de presión y un controlador, una válvula reductora de presión ofrece la ventaja de ser capaz de controlar totalmente la presión a través de auto-operación completamente automática, que no requiere ningún tipo de energía motriz. Esto ofrece la ventaja adicional de una acción de respuesta extremadamente rápida, ya que funciona automáticamente censando la presión.

Figura 39. Estación reductora de presión



Fuente: Compañía especialista en vapor TLV. *Catálogo* [en línea] <<http://www.tlv.com>>. Consulta: 8 de agosto 2011.

5. MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

5.1. Rutinas de mantenimiento preventivo

Estas rutinas son el punto principal del mantenimiento preventivo, ya que éstas indican las actividades de mantenimiento que se deben realizar a los diferentes elementos que integran la red de distribución de vapor. Las rutinas de mantenimiento ayudan a evitar un mayor deterioro de los equipos o instalaciones que son de gran importancia para cualquier empresa.

5.1.1. Tarea a realizar diariamente

Las actividades que se indican, las realiza continuamente a lo largo del día el encargado de la caldera, dicha persona elabora la información de interés en una bitácora diaria que le permite llevar el control de ciertas variables, por ejemplo: presiones y temperaturas, control de purgas y algunas observaciones que a su criterio sean necesarias dejarlas indicadas. Los puntos básicos a realizar diariamente son:

- Ciclo de funcionamiento del quemador.
- Control de la bomba de alimentación y/o corte por bajo nivel.
- Control del programa de purgas: columna principal, columna auxiliar y de fondo.

- Verificación de mala combustión, desajustes de la relación aire – combustible: humo en la chimenea, temperatura de los gases, depósitos de hollín, etc.
- Verificación diaria de la presión de vapor, consumo de combustible, presión y temperatura del mismo, por medio de un registro de funcionamiento que lo acostumbre a notar anomalías.

5.1.2. Mantenimiento mensual

El mantenimiento mensual y general lo brinda la empresa Unión de Servicios Industriales (USI, por sus siglas), ya que dichos mantenimientos son servicios subcontratados. El encargado de la caldera supervisa las actividades realizadas por los técnicos de USI. Las actividades contempladas en el mantenimiento mensual son:

- Limpiar con cuidado el polvo de los controles eléctricos y revisar los contactos de los arrancadores. Verificar que el interruptor general esté desconectado antes de hacer limpieza, mantener siempre cerrada la puerta del gabinete de control a menos que se haga algún trabajo en los controles eléctricos.
- Limpiar todos los filtros en líneas de combustible y/o aire. Siempre que se limpie el filtro cerciorarse del estado de los mismos, el tipo de suciedad y la hermeticidad de las tapas o tapones.
- Limpiar los filtros de agua de alimentación de la caldera: filtro de la válvula de entrada de agua al tanque de condensado y el filtro de descarga a la bomba de alimentación. Comprobar el funcionamiento de las válvulas de

control de nivel. Revisar la bomba de alimentación, su lubricación, los empaques, ajustes de las conexiones. Verificar el alineamiento de la bomba de alimentación con su motor, si la bomba se ha desalineado causa vibraciones y posibles daños en acople y rodamiento.

- Efectuar mantenimiento del sistema de combustión: desmontar y limpiar el conjunto del quemador. Desmontar el conjunto de la boquilla, no se debe limpiar la boquilla con instrumentos metálicos, revisar el empaque de caucho interior de la boquilla y reemplazarlo si está desgastado. Revisar el electrodo del sistema de encendido y verificar que la apertura es correcta, limpiar el conjunto y revisar el aislamiento para ver si no está roto. Limpiar la fotocelda con un trapo seco al igual que el conducto en donde va colocada. Verificar el filtro del compresor de aire. Realizar análisis de gases de la combustión.
- Verificar los tornillos de anclajes de los motores, bombas y acoples.
- Verificar el estado de todas las trampas de vapor. Las trampas defectuosas no sólo malgastan el vapor sino que también, en los sistemas con retorno de condensados se presentan bloqueos.
- Efectuar revisión de la columna de agua. Realizar purga de columna principal.
- Limpiar la malla de entrada de aire al ventilador.
- Verificar todos los acoples, motores, la tensión de la correas en V.
- Verificar el funcionamiento de las válvulas de seguridad.

- Revisión de falla por bajo nivel de agua.
- Revisión de los controles de seguridad y operación: control de la presión de vapor, control de la presión de vapor auxiliar.
- Chequear el funcionamiento de los termómetros y manómetros.

5.1.3. Mantenimiento general

También llamado mantenimiento trimestral, ya que se realiza a cada tres meses, durante el año se realizan 4 de este tipo. Las actividades contempladas en el mantenimiento general son:

- Efectuar las actividades contempladas en el mantenimiento mensual.
- Revisar el lado de agua de la caldera: una vez la caldera está fría se debe drenar por completo, abrir las tapas de registros de mano y la tapa de registro de hombre y lavar bien con agua a presión, verificando que toda la incrustación y sedimentos sean removidos del interior de la caldera.
- Después de lavar la caldera, examinar con cuidado las superficies de evaporación, para ver si hay indicios de corrosión, picadura o incrustación. Cualquier indicio de estas condiciones denota la necesidad de dar mejor tratamiento de agua a la caldera.
- Utilizar empaque nuevos al volver a colocar las tapas de registros de mano y la tapa de registro de hombre. Antes de colocar los empaques, limpiar los residuos de las juntas viejas, los asientos de las tapas y el interior de la

caldera. Aplicar grafito en polvo a las juntas para facilitar su cambio la próxima vez que se destape la caldera.

- Si es necesario, cambiar las correas en V: antes de instalar un nuevo juego de correas, verificar la alineación de las poleas, los ejes deben estar paralelos y los centros de los canales de ambas poleas en perfecta alineación. Nunca usar correas nuevas y usadas en el mismo juego, se debe hacer el cambio total de las correas. Después de un funcionamiento inicial de 36 horas de las correas reemplazadas, se debe revisar la tensión de las mismas.
- Limpiar el lado de fuego de los tubos, la eficiencia de la caldera depende en gran parte de una superficie limpia de los tubos. El hollín actúa como aislador y evita la absorción del calor. Los tubos deben limpiarse adicionalmente cuando lo indique la alta temperatura de la chimenea o la baja producción de vapor.
- Al llenar la caldera para volver a ponerla en servicio, verificar la hermeticidad de las tapas de inspección y acceso, apretándolas con una llave a medida que calienta la caldera y suba la presión.
- Limpieza del flotador del control de nivel de agua: desmontar el Mc. Donnell, limpiar el flotador con cuidado y revisar que no tenga picaduras, si existen reemplazarlo por uno nuevo.
- Verificar el estado de la cámara de combustión y refractarios: revisar que el refractario de las puertas y tapaderas éste en buen estado, si presentan grietas biselarlas profundamente a todo lo largo, rellenarlas con concreto o cemento refractario.

- Limpiar la chimenea hasta donde sea posible, limpiar el interior de la chimenea para evitar posibles acumulaciones de hollín que podrían dañarla, revisar que no existan filtraciones de agua, si existen corregirlas de inmediato.
- Revisión de las válvulas de purga.

5.2. Mantenimiento correctivo del sistema de vapor

El mantenimiento correctivo se da cuando se presenta la falla en los equipos, en otras palabras, la máquina indica cuando debe de hacerse mantenimiento, ya que por la falla el equipo queda inoperable e infuncional. En todo tipo de maquinaria o instalaciones existe el mantenimiento correctivo, por lo cual en la red de distribución de vapor se llevará a cabo este tipo de mantenimiento.

5.2.1. Determinación de fallas que se dan con frecuencia

Es de gran importancia la determinación de fallas más frecuentes que pueden existir en la red de distribución de vapor, ya que a los operarios le ayudará a determinar el tipo de falla encontrado y el tipo de mantenimiento que deben de realizar, las fallas más frecuentes que pueden ocurrir en la red de vapor son las siguientes:

- Fallo por falta de estanqueidad: ocurre cuando la válvula tiene una fuga y provoca la pérdida del producto que pasa por ella. En las trampas de vapor de cubeta invertida suele ocurrir por la válvula de cierre, y en la trampa de vapor termodinámica suele ser por el desgaste del disco de ésta. La falta de estanqueidad suele ser debida a la corrosión y debilitamiento de los

materiales, a un diseño inadecuado o a la falta de mantenimiento y control de estos elementos.

- Fallo en operación: se considera cuando las válvulas, filtros, trampas de vapor, electroválvulas, no operan normalmente y este fenómeno se producen durante el funcionamiento normal de la instalación. Para este fallo se consideran aquellos elementos que no permiten que se ejecute la función propia de los equipos.
- Fallo bloqueo: éste suele ser cuando existe suciedad o sarro que pueden obstruir la sección de paso de cierre de la válvula, electroválvula, esto puede provocar cierre defectuoso que permite el paso de fluido cuando el cierre tendría que ser total.
- Actuaciones incontroladas: como apertura o cierre por vibraciones, por sobrepresiones, por estas razones se pueden producir reacciones incontroladas como cierre defectuoso.
- Obstrucción parcial o total: en una válvula, electroválvula, filtro, válvula reguladora, trampa de vapor, se puede provocar un cierre completo de los elementos que no permita; aunque no se desee, el paso de fluido a través de ellos. En el caso de una obstrucción total, al fluido le puede quedar completamente impedido el paso a través del elemento, aunque ésta haya recibido la orden de apertura, esto puede ser causado por la suciedad.
- Bloque de elementos: una de las causas más frecuentes del bloqueo de elementos es el mecanismo de accionamiento de los elementos queda agarrotado por la oxidación o suciedad, no pudiendo accionarse cuando es

necesario. El bloqueo puede ser ocasionado también por la polimerización de fluidos en los asientos de las válvulas.

- Fallo por rotura: éste consiste en el debilitamiento de las válvulas a causa de la corrosión o las vibraciones.
- Fallo a demanda: éste consiste en la falta de respuesta de la electroválvula cuando recibe la orden de apertura o cierre. Esto puede ser por la falta de respuesta frente a la demanda, y puede ser debida tanto a un fallo mecánico, a un fallo de transmisión de la señal o bien a alteraciones de las condiciones del sistema, como sobrepresiones.

5.2.2. Aislamientos del sistema

En la red de distribución de vapor se puede encontrar, comúnmente, dos tipos de aislamientos térmicos, que están compuestos de fibra de lana de vidrio. La diferencia entre los dos tipos es que uno de los aislamientos está recubierto por una lámina galvanizada especial para intemperies, y el otro aislante está recubierto por una tela el cual es para interiores. Estos aislantes térmicos pierden sus propiedades con el tiempo y empiezan a deteriorarse por las condiciones que están expuestas en el hospital o por falta de mantenimiento preventivo y por tal motivo necesario el cambio del aislamiento.

5.2.3. Otros elementos que presentan fallas

Para realizar mantenimiento correctivo es necesario que se corte la alimentación de vapor para el elemento que se trabajará, en electroválvulas se debe tener cuidado con la energía eléctrica, para evitar cualquier accidente y poder realizar una adecuada reparación.

5.3. Tratamientos de agua

El agua es el fluido de trabajo de los sistemas de vapor y una de las sustancias naturales más abundantes; sin embargo, nunca se encuentra en estado puro adecuado para la alimentación directa de una caldera.

Por lo común en estado natural, el agua se encuentra turbia, con materias sólidas en suspensión fina. Incluso cuando está clara, el agua natural contiene soluciones de sales y ácidos que dañan con rapidez el acero y los metales a base de cobre de los sistemas de vapor.

Según los elementos que la acompañan, se pueden considerar las mismas en dos grandes grupos: elementos disueltos y en suspensión, esto lo constituyen los minerales finamente divididos, como las arcillas y los restos de organismos vegetales o animales; y la cantidad de sustancias suspendidas, que son mayor en aguas turbulentas que en aguas quietas y de poco movimiento.

El ablandamiento es un tratamiento externo del agua que será utilizada en las calderas, debido a que éstas son equipos de generación de vapor muy costoso, es por eso que hay que preservarlas y darle el mantenimiento adecuado para que funcionen con eficiencia y tengan una larga vida.

El ablandamiento tiene como objetivo evitar la presencia de impurezas provenientes de sales de calcio y magnesio, éstas producen incrustaciones en las calderas. En algunos casos, los iones de hierro también causan dureza en el agua y pueden ser eliminados durante el proceso de ablandamiento. La mejor solución para ablandar el agua es usar una unidad de ablandamiento de aguas y conectarla directamente con el suministro de agua de entrada a la caldera.

5.3.1. Causas del tratamiento químico del agua

Las principales razones de los tratamientos químicos para el agua de calderas es remover los problemas de incrustación, corrosión, gases disueltos, fragilidad caústica y arrastre que ocasionan pérdidas de energía y por consiguiente eficiencias de caldera no deseadas. Por todas estas consideraciones, se ve como método más económico y lógico de mantenimiento de calderas, efectuar sobre el agua de aporte a las mismas los procedimientos preventivos que la misma requiera, en este caso tratamientos químicos, evitando así costos de mantenimiento innecesarios y paradas imprevistas en plena etapa de producción.

5.3.1.1. Incrustaciones

La incrustación es indeseable, ya que al formar una capa en los tubos y demás componentes del equipo, evitan la transmisión efectiva del calor. Esto conduce a una baja eficiencia en la producción de vapor, disminuyendo la cantidad de vapor producido por unidad de calor generado, y también causa desgaste del tubo y accesorios por fatiga térmica, ya que se requiere de mayor temperatura del metal en la parte expuesta a la flama, que cuando no existe incrustación y este desgaste térmico afecta también la vida útil del equipo.

Los depósitos se producen por sólidos suspendidos que el agua pueda contener y principalmente por formación de depósitos de sulfatos y carbonatos de calcio y magnesio, en mezclas complejas con otros componentes como sílice, bario, etc.

Para evitar la formación de incrustaciones se deben remover los sólidos coloidales y materia suspendida que el agua contenga y ablandamiento o suavización del agua cruda antes de integrarla a la caldera.

5.3.1.2. Corrosión

Los principales componentes de la caldera son metálicos. Los agentes que atacan el fierro y lo disuelven son los gases corrosivos como oxígeno y bióxido de carbono. También la acidez del agua causa corrosión, por lo que el pH debe mantenerse entre 9,0 y 11,5.

El control del oxígeno disuelto es uno de los puntos críticos en la operación de la caldera. Las picaduras o áreas de desgaste localizadas en ciertas partes de los tubos de la caldera ocurren por la acción corrosiva del oxígeno. En el condensador del sistema, el bióxido de carbono se suma a la acción corrosiva del oxígeno y destruyen en poco tiempo el tanque del condensador si no son removidos estos gases.

5.3.1.3. Remoción de gases disueltos

Los gases que deben ser eliminados del agua de alimentación son el oxígeno y el dióxido de carbono. La eliminación del oxígeno es imperativa debido a su presencia disuelta en la solución, la presencia de oxígeno causa corrosión de la tubería y metales de la caldera.

5.3.1.4. Fragilidad caustica

Si la alcalinidad a la fenolftaleína, que es la que se encuentra en forma de carbonatos es muy alta, pueden presentarse problemas de fragilización del metal. Esta pérdida de elasticidad, también puede ocurrir por frecuentes *shocks* térmicos en la caldera, al complementar sin calentamiento previo el agua de repuesto para compensar por las pérdidas por fugas de vapor o por purgas de la caldera.

5.3.1.5. Espumeo y arrastre

Esto ocurre cuando hay presencia de materia orgánica o de una gran cantidad de sólidos disueltos en el agua de la caldera.

Para evitar la formación de espumas, se purga la caldera cuando en el agua se alcanza un cierto nivel preestablecido de sólidos disueltos. Otra acción preventiva consiste en tener un tratamiento externo del agua de alimentación para evitar la presencia de sólidos suspendidos de naturaleza orgánica, así como de grasas y aceites del equipo de proceso que puedan contaminar el agua.

5.3.2. Tratamiento externo

El tratamiento externo de agua para caldera es el procedimiento aplicado al agua de alimentación antes que ésta ingrese al interior de la caldera, con la finalidad de evitar los depósitos de lodos e incrustación y la corrosión de las superficies internas de la caldera. El tratamiento externo se logra a través de un procedimiento llamado proceso de intercambio iónico.

5.3.2.1. Proceso de intercambio iónico

Para obtener agua con dureza esencial cero existe un método llamado Proceso de Intercambio Iónico. Este procedimiento para el tratamiento de ablandamiento del agua deriva su nombre del hecho de que ciertos materiales tienen el poder de intercambiar sus iones por los de agua con la que entran en contacto, y se conocen con el nombre de intercambiadores iónicos.

5.3.3. Limpieza del generador y componentes

El nivel interior de la caldera debe mantenerse libre de grasa, sedimento y materiales extraños. Tales depósitos, de haberlos, reducen la duración del recipiente de presión e interfieren con la operación eficiente y funcionamiento de los dispositivos de control y de seguridad, también pueden hacer necesario reparaciones y paralizaciones, las cuales son innecesarias y costosas. Debe removerse con lavado a presión cualquier cantidad de grasa, lodo o sedimento que se encuentre.

El recipiente de presión y las líneas de vapor y retorno representan un sistema cerrado. La tubería de vapor conectada a la caldera puede contener aceite, grasa o materia extraña, hay que eliminar estas impurezas para evitar daño a las superficies interiores del recipiente de presión.

5.3.4. Purga

La purga de agua de la caldera es la eliminación de agua concentrada en el recipiente de presión y su reemplazo con agua de alimentación, a fin de disminuir la concentración de sólidos en el agua de la caldera.

Los sólidos penetran con el agua de alimentación, aunque ésta haya sido tratada previamente, los sólidos se hacen menos solubles en el agua más caliente de la caldera y se acumulan en las superficies caloríficas formando incrustaciones y sedimentos perjudiciales. Las incrustaciones tienen un bajo coeficiente de transferencia de calor y actúan como barreras aisladoras. Esto retrasa el traspaso de calor, lo cual provoca menor eficiencia de operación, mayor consumo de combustible y el recalentamiento del metal.

Las incrustaciones son causadas principalmente por sales de calcio y magnesio, sílice y aceite. Cualquier cantidad de sales de calcio y magnesio en el agua de la caldera, generalmente se precipitan por el uso de fosfatos sódicos, junto con materias orgánicas, para mantener estos precipitados o sedimento en una forma fluida. Los sólidos tales como las sales de sodio y el polvo disperso no forman incrustaciones fácilmente pero, tan pronto se evapora el agua de la caldera, al agua sobrante es más condensada con los sólidos. Si se permite que esta concentración se acumule, producirá espuma y arrastre de agua y el sedimento puede causar depósitos perjudiciales, originando el recalentamiento del metal. La disminución o eliminación de esta concentración requiere que el agua de la caldera sea purgada.

5.3.4.1. Tipos de purga

- Purga continua: remueve sedimento y aceite de la superficie del agua, junto con una cantidad prescrita de sólidos disueltos. La purga continua se usa conjuntamente con una toma de enrosque hembra para tubo de escape y sirve para la eliminación continua de agua concentrada. El orificio de drenaje se encuentra en la línea central superior del recipiente de presión, y un tubo colector interno que termina un poco más abajo del nivel de agua de operación, para el propósito de eliminar el sedimento superficial, aceite u

otras impurezas en la superficie del agua del recipiente de presión. Una válvula de orificio regulada se usa para permitir el flujo continuo, pero controlado, del agua concentrada, la válvula se ajusta periódicamente para aumentar o disminuir la cantidad de purga.

- Purga manual: se utiliza principalmente para eliminar sólidos suspendidos o sedimento. Los orificios de purga o drenaje están localizados en la parte más baja de la caldera, de forma que, además de bajar la concentración de sólidos disueltos en el agua del recipiente de presión, también remueven una parte del sedimento acumulado en la parte más baja del recipiente.
 - Tiempo de la purga manual: es necesario purgar la caldera a cierto tiempo dependiendo del análisis químico del agua de alimentación. Asimismo, es necesario purgar la columna de agua varias veces al día, de manera que se realice una vez por turno. La purga en la columna de agua se logra abriendo la válvula de ésta, aproximadamente por cuatro segundos, esto mantendrá las conexiones de la columna de agua libre de lodos y sedimentos que pueden ocasionar fallas en dicho control, es importante que nunca se deje que desaparezca el agua del nivel visible.

5.4. Importancia de la seguridad industrial

En el concepto moderno significa más que una simple situación de seguridad física, ésta involucra una situación de bienestar personal, un ambiente de trabajo idóneo, una economía de costos importante y una imagen de modernización y filosofía de vida humana en el marco de la actividad laboral contemporánea.

Si el accidente como resultado obedece a ciertos elementos dentro de un sistema de determinada estructura, el primer paso en la investigación, consiste en el estudio del accidente y sus consecuencias. Para dar una idea bastante clara de la gran trascendencia del problema de la seguridad industrial, se pueden presentar los siguientes aspectos relacionados con los accidentes industriales.

- Pérdida de salarios
- Gastos médicos
- Costos de seguros

5.5. Seguridad industrial

La seguridad industrial se define como un conjunto de normas y procedimientos para crear un ambiente seguro de trabajo, a fin de evitar pérdidas personales y/o materiales. Asimismo, es el proceso mediante el cual el hombre tiene como fundamento su conciencia de seguridad, minimiza las posibilidades de daño de sí mismo, de los demás y de los bienes de la empresa.

La adopción de un sistema de seguridad industrial mejora los ambientes de trabajo, lo que repercute directamente en la productividad del personal, y por otra parte, reduce y controla los riesgos relacionados con la operación de la planta, disminuyendo la posibilidad de que se presenten accidentes por lo general vienen acompañados de emisiones o vertimientos no controlados de residuos.

5.5.1. Causas de los accidentes

Los accidentes no son casuales, sino que se causan. Creer que los accidentes son debidos a la fatalidad es un grave error, sería tanto como considerar inútil todo lo que se haga a favor de la seguridad en el trabajo y aceptar el fenómeno del accidente como algo inevitable. Sin embargo, los accidentes de trabajo se pueden evitar y para ello se identifican los actos inseguros, luego corregir, asimismo, analizar las condiciones inseguras, luego proponer medidas para erradicar dichas condiciones.

5.6. Normas generales de prevención de accidentes

Como recomendación general, todos los empleados tanto de la planta como el personal asignado a la sala de calderas, deben estar conscientes de seguir las normas de seguridad, conocer las salidas en caso de emergencia y saber manejar los elementos de seguridad.

A continuación se listan algunas recomendaciones a seguir:

- Fumar solamente en aquellas zonas en las que esté expresamente indicado. Esta norma debe cumplirse por todos los empleados y hacerse cumplir a los visitantes.
- Las cerillas y cigarrillos deben depositarse en los ceniceros y asegurar que queden completamente apagados; nunca depositarlas en papeleras, cubos de basura o donde se recicle papel.
- No sobrecargar la toma de corriente: si es necesario solicitar una toma de corriente fija.

- Al terminar la jornada de trabajo, asegurar que todos los aparatos eléctricos que no se utilicen estén apagados.
- En la bodega o en zonas potencialmente peligrosas no hay que utilizar electrodomésticos que tengan piezas incandescentes.
- En las bodegas y archivos en los cuales no permanezcan personas por mucho tiempo, desconectar los aparatos eléctricos que se encuentren conectados.
- Nunca cambiar de sitio un extintor.
- No colocar materiales o aparatos, de forma que pueden entorpecer la accesibilidad a los medios de protección. El pasillo debe estar siempre libre.
- En caso de utilizar agua como agente extintor, es preciso asegurar que el suministro eléctrico a la zona se encuentre desconectado.
- Para realizar reparaciones o mantenimiento a cualquier motor de combustión o eléctrico, eje de transmisión o similar, máquinas con motor u otras, hay que comprobar que nadie los pueda poner a funcionar sin que sea autorizado.
- Nunca se ha de llevar herramientas en los bolsillos.
- Mantener los pisos despejados y bien barridos. La limpieza, en general, hace un ambiente agradable y seguro de trabajo.

5.7. Equipo y elementos de protección personal del grupo de trabajo

El servicio de higiene y seguridad en el trabajo debe determinar la necesidad de uso de equipos y elementos de protección personal, como también, las condiciones de utilización y vida útil. La necesidad de utilizar un determinado equipo de protección personal, depende de las atribuciones de cada empleado y el nivel de seguridad que debe tener para desarrollarlas. Los equipos y elementos de protección personal, serán ser proporcionados a los trabajadores por la persona que tenga bajo su responsabilidad la seguridad industrial del rastro, el equipo deberá ser utilizado por éstos, mientras se agotan todas las instancias científicas y técnicas tendientes al aislamiento o eliminación de los riesgos.

A continuación se detallan los diferentes equipos de protección para el personal que laborará dentro de la planta del rastro:

- Faenadores: uniforme, botas y guantes, cofia, mascarilla y protectores auditivos.
- Lavadores de vísceras: uniforme, botas, guantes y mandil impermeables, cofia y mascarilla.
- Personal de limpieza: uniforme, botas y guantes, cofia, mascarilla y mandil.
- Jornaleros: uniforme, botas y guantes de caucho.
- Médico veterinario: uniforme, botas y guantes, cofia, casco, mascarilla, protectores auditivos.

- Técnico de mantenimiento: uniforme, botas, casco, mascarilla, protectores auditivos.

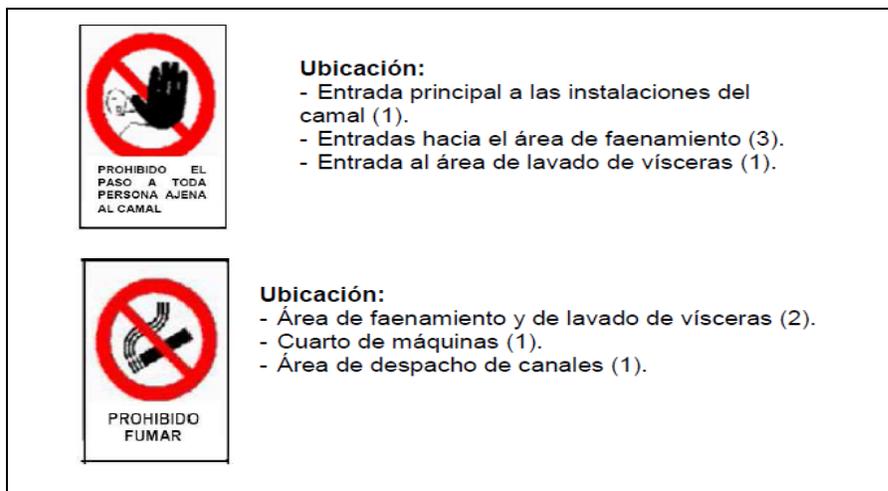
Como medidas de seguridad industrial se deben ubicar extintores en áreas críticas como en la de tanques de almacenamiento de combustible, elaborar un plano de evacuación y uno de ubicación de extintores, señalar y delimitar las áreas de la planta. Las señales utilizadas en una planta de producción de carne se muestran en las figuras 40, 41, 42, 43, y 44..

Figura 40. **Señales de salvamento**



Fuente: GARZÓN, Isabel. *Diagnóstico ambiental del camal municipal de la ciudad de Santo Domingo y mejora de su gestión.* p. 80.

Figura 41. **Señales de prohibición**



Fuente: GARZÓN, Isabel. *Diagnóstico ambiental del camal municipal de la ciudad de Santo Domingo y mejora de su gestión*. p. 79.

Figura 42. **Señales de peligro o advertencia**



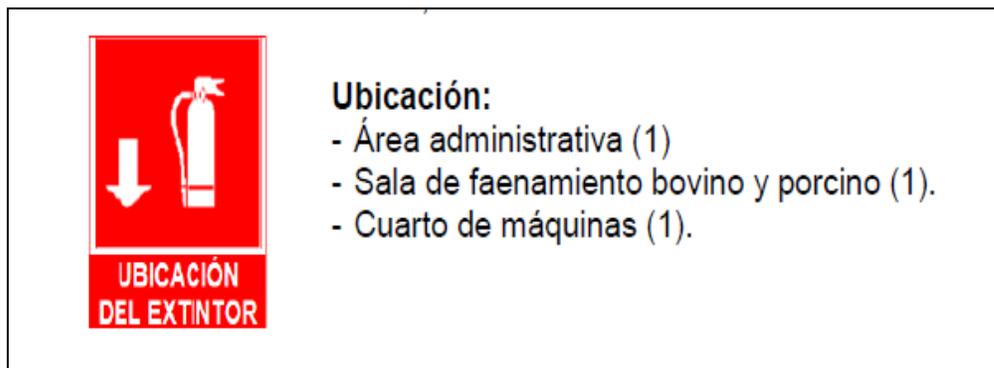
Fuente: GARZÓN, Isabel. *Diagnóstico ambiental del camal municipal de la ciudad de Santo Domingo y mejora de su gestión*. p. 80.

Figura 43. **Señales de obligación**



Fuente: GARZÓN, Isabel. *Diagnóstico ambiental del camal municipal de la ciudad de Santo Domingo y mejora de su gestión.* p. 80.

Figura 44. **Señal contra incendios**



Fuente: GARZÓN, Isabel. *Diagnóstico ambiental del camal municipal de la ciudad de Santo Domingo y mejora de su gestión.* p. 81.

5.8. Señalización para los sistemas de vapor

La señalización industrial es de gran importancia en cualquier instalación, ya que gracias a ésta se pueden evitar accidentes por causa de ignorar cualquier riesgo de peligro que pueda provocar un accidente. Es necesario señalar los lugares donde las personas puedan tener contacto con la tubería de vapor, ya que a ésta se encuentra a una elevada temperatura y puede causar graves quemaduras a una persona si la llega a tocar. También es necesario identificar el revestimiento y la tubería que no tiene revestimiento con franjas de colores amarillo y anaranjado que indiquen que la tubería es de vapor, con esta medida se evitará que los operarios que dan mantenimiento a otra tuberías puedan tener accidentes, por tocar o razón sin intención la tubería de la red de distribución de vapor.

Para evitar estos accidentes se debe colocar al revestimiento calcomanías que indiquen que es tubería de vapor y pintar las franjas de color a la tubería sin revestimiento, utilizando un código de color que se disponga en el departamento de mantenimiento cuando se instale el equipo, regularmente rojo para tubería de vapor y agua caliente, y anaranjado para tubería de condensado.

CONCLUSIONES

1. Se desarrollaron distintos procedimientos de cálculo con sus respectivos pasos para la correcta selección del generador de vapor y sus accesorios.
2. El trabajo de graduación especifica cómo realizar el montaje y anclaje de la caldera, asimismo, las consideraciones a seguir para el montaje de los diferentes equipos complementarios del sistema.
3. El tener el conocimiento de la caldera y los equipos, le facilitará al operador conocer las fallas frecuentes y cómo evitarlas, en este documento se ofrece una guía para el correcto mantenimiento, rutinas y tareas a realizar para el buen funcionamiento de la caldera.
4. El desarrollo del trabajo de graduación permitió definir una propuesta y una guía para la instalación del sistema de generación de vapor para el rastro Municipal Zaragoza, Chimaltenango.
5. La propuesta hecha en este documento del sistema de generación de vapor será de utilidad para las autoridades municipales, para facilitar su implementación.

RECOMENDACIONES

1. Tener la correcta instalación de los instrumentos de medición, que estén perfectamente calibrados para la ayuda de mejorar los controles diarios de los equipos y así mejorar la eficiencia.
2. Tomar en cuenta que las tuberías y equipos deben estar siempre aislados, para evitar las pérdidas de energía, debido a que éstas ocasionan eficiencias bajas en los equipos, lo que conlleva también, problemas en el ámbito económico.
3. Desarrollar formatos para la documentación de los mantenimientos tanto diarios como mensuales, y así tener un perfecto control y los equipos funcionando en óptimas condiciones de trabajo, para evitar paros innecesarios en la planta.
4. El equipo debe estar instalado en un lugar donde tenga suficiente ventilación y así evitar sobrecalentamientos que pueden proveer fallas, montar los equipos de una buena manera y evitar vibraciones no deseadas.
5. Es importante la capacitación al personal sobre la Seguridad e Higiene Industrial, ya que es una planta de alimentos que debe cumplir con regímenes claros de inocuidad, como también la prevención de accidentes dentro del sitio de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALVARADO, Javier. *Cálculo del sistema de vapor para la industria del concentrado de maracuyá*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral Guayaquil, Ecuador, 2001. p. 192.
2. Design of fluid systems Hooks-Ups Spirax/Sarco, *Catálogo* [en línea]. [ref. 20 julio de 2011]. Disponible en Web: <<http://www.spiraxsarco.com/us/pdfs/training/ hookup.pdf>>.
3. ESCOBAR, José. *Centro de destace de ganado bovino y porcino Mataquesquintla, Jalapa*. Trabajo de graduación de Arquitecto. Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009. p. 25-40.
4. FAO. *Estructura y funcionamiento de mataderos medianos de países en desarrollo* [en línea]. [ref. 4 abril 2011]. Disponible en Web: <<http://www.fao.org/DOCREP/004/T0566S/T0566S00.htm#TOC>>.
5. GOTERA, Edwin. *Guía para el diseño de tuberías* [en línea]. [ref. 15 julio de 2011]. Disponible en Web: <<http://www.unprg.edu.pe/bounprg/blogs/media/blogs/rsamillanri/DMe canico/disenio-tuberias.pdf>>.

6. HERRERA, Manuel. *Selección de equipos y diseño del sistema para calentamiento de agua en un hotel cinco estrellas*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral Guayaquil Ecuador, 2009. 206 p.
7. Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. *Operador de calderas de vapor*. Guatemala: INTECAP 2001. p. 8-20.
8. Interacumuladores Elbi. *Catálogo* [en línea]. [ref. 30 julio de 2011]. Disponible en Web: <<http://www.euro-cobil.com/Pdf/interacumuladores.pdf>>. 64 p.
9. LÓPEZ RAMIREZ, Mario. *Montaje, instalación, mantenimiento y principios de operación de una caldera pirotubular de 600BHP, para la generación y suministro de vapor a una fábrica dedicada a la producción de sopas instantáneas*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. 202 p.
10. PINELO CAMBRANES, José. *Readecuación de la red de distribución de vapor y retorno de condensado en el Hospital Regional de San Benito, Petén*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 70 p.
12. VÁZQUEZ, Rafael; VANACLOCHA, Ana. *Tecnología de los mataderos*. México: Mundi Prensa, 2004. 434 p.

ANEXOS

Anexo 1. Características de las calderas Cleaver Brooks

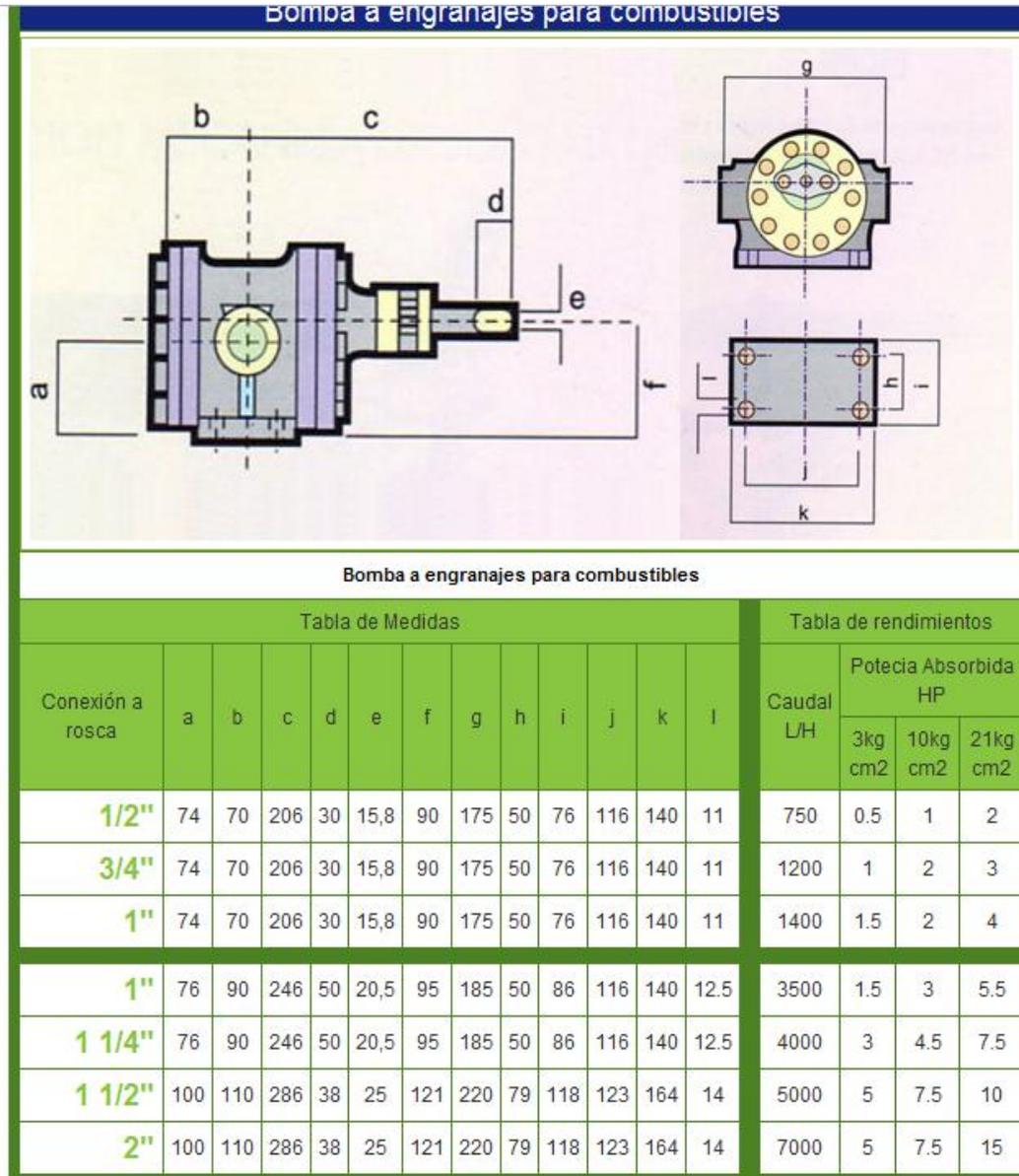
	60	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700
Capacidad en caballos caldera	899	1232	1555	1956	2347	3130	3912	4685	5477	6260	7825	9890	10955
Capacidad Nominal kg / h vapor a 100°C	0.507	0.845	1.05	1.26	1.69	2.11	2.53	2.95	3.38	4.22	5.07	5.91	5.91
Capacidad de Salida kcal / h x 10 ⁶	27.9	37.2	46.5	58.12	66.7	93	116.2	139.5	162.7	186	232.5	279	353.3
Superficie de calefacción m ²													
Eficiencia Total (Relación Combustible-Vapor a Plena Carga con Pre-Operación de 8.8 kg / cm ² (125 lb / pulg ²))	82.0%	82.5%	83.0%	82.5%	83.5%	84.0%	82.0%	82.5%	83.5%	83.0%	84.0%	84.5%	84.5%
Consumo de Combustible Diesel	67	89	110	140	166	220	279	333	384	442	546	651	759
Consumo de Combustible Gas Natural	61	84	100	127	150	199	254	302	349	401	495	591	689
Consumo de Combustible Gas Natural	72	96	119	151	179	236	300	358	415	478	590	703	821
Longitud Total (m m)	3540	4531	5013	4505	5115	5902	5166	5851	6613	5423	6287	7201	8039
Longitud Cuerpo Entre Bridas	2346	3337	3819	3185	3794	4582	3677	4353	5115	3873	4737	5652	6490
Longitud Base de la Caldera	2305	3778	3778	3150	3759	4547	3632	4318	5080	3835	4689	5613	6452
Extensión Tapa Frontal	696	686	686	813	813	813	864	864	864	813	813	813	813
Extensión Tapa Trasera	508	508	508	508	508	508	635	635	635	737	737	737	737
Ancho Total	1771	1772	1921	1921	1921	1921	2451	2451	2451	2972	2972	2972	2972
Diámetro Interno del Cuerpo	1219	1219	1524	1524	1524	1981	1981	1981	1981	2438	2438	2438	2438
Centro a Exterior Columna de Nivel	1098	1098	1098	1098	1098	1397	1397	1397	1397	1676	1676	1676	1676
Centro a Exterior Cubierta	673	673	673	829	829	829	1054	1054	1054	1295	1295	1295	1295
Exterior Bases de la Caldera	933	933	933	1308	1308	1308	1645	1645	1645	1923	1923	1923	1923
Altura Base Caldera a Brieda Chimenea	1864	1864	1864	2210	2210	2210	2664	2664	2664	3258	3258	3258	3258
Altura Base Caldera a Salida Vapor	1699	1699	1699	1957	1957	1957	2400	2400	2400	3004	3004	3004	3004
Altura Total del Piso a Brieda Chimenea	2016	2016	2016	2362	2362	2362	2816	2816	2816	3410	3410	3410	3410
Altura de la Base	305	305	305	305	305	305	254	254	254	457	457	457	457
Salida de Vapor (m m)	76	76	102	102	102	102	152	152	152	203	203	203	203
Alimentación de Agua	32	32	32	38	38	38	51	51	51	64	64	64	64
Ducto Salida de Gases (Diámetro)	254	305	305	406	406	406	508	508	508	610	610	610	610
Purga de Fondo Frontal y Posterior	32	32	32	38	38	38	38	38	38	51	51	51	51
Indicador de Temperatura-Caldera	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Purga Continua	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Longitud Mínima para Mantenimiento Espacio si los Tubos se Sacan por el frente	2150	3150	3650	2950	3550	4350	3350	4050	4800	3460	4320	5250	6100
Longitud Mínima para Mantenimiento Espacio si los Tubos se Sacan por el frente	1397	1397	1397	1397	1397	1397	1600	1600	1600	1854	1854	1854	1854
Longitud Mínima para Mantenimiento Espacio si los Tubos se Sacan por el frente	1397	1397	1397	1702	1702	1702	2261	2261	2261	2743	2743	2743	2743
Longitud Mínima del Cuerto de Puerta o Ventana Cambiar Flujos:	8625	7843	8625	7497	8706	10294	8592	9968	11480	9149	10873	12717	14406
Por la parte Frontal de la Caldera (m m)	5099	6090	6572	6249	6658	7646	7493	8342	8941	8432	9296	10210	11049
Por la Parte Trasera de la Caldera Cambiar Flujos:	5852	7843	8625	7802	9011	10599	9243	10629	12141	10038	11762	13666	15295
Peso de la Caldera (Con- sidérese la Máquina sin Vibraciones)	2971	3719	4218	5624	6123	7212	10297	11521	12700	16329	18597	21001	24176
Requerimientos Eléc- tricos	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1
Motor Bomba de Combustible Diesel	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3
Motor Bomba de Combustible Pesado	5	5	5	5	5	5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
Calefactor Eléctrico	2	2	2	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
Compresor de Aire (espesor, cuerpo, Pí)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Motor del Ventilador (a Nivel del Mar)	5	5	5	7.5	7.5	15	10	10	15	10	15	20	30
Utilizando Gas	5	5	5	7.5	7.5	15	10	10	15	10	15	20	30
Utilizando Aceite	5	5	5	7.5	7.5	15	10	10	15	10	15	20	30

Dimensiones Generales y Capacidades

Capacidad en caballos caldera	
Capacidad Nominal kg / h vapor a 100°C	
Capacidad de Salida kcal / h x 10 ⁶	
Superficie de calefacción m ²	
Eficiencia Total (Relación Combustible-Vapor a Plena Carga con Pre-Operación de 8.8 kg / cm ² (125 lb / pulg ²))	
Consumo de Combustible Diesel	
Consumo de Combustible Gas Natural	
Consumo de Combustible Gas Natural	
Longitud Total (m m)	
Longitud Cuerpo Entre Bridas	
Longitud Base de la Caldera	
Extensión Tapa Frontal	
Extensión Tapa Trasera	
Ancho Total	
Diámetro Interno del Cuerpo	
Centro a Exterior Columna de Nivel	
Centro a Exterior Cubierta	
Exterior Bases de la Caldera	
Altura Base Caldera a Brieda Chimenea	
Altura Base Caldera a Salida Vapor	
Altura Total del Piso a Brieda Chimenea	
Altura de la Base	
Salida de Vapor (m m)	
Alimentación de Agua	
Ducto Salida de Gases (Diámetro)	
Purga de Fondo Frontal y Posterior	
Indicador de Temperatura-Caldera	
Purga Continua	
Longitud Mínima para Mantenimiento Espacio si los Tubos se Sacan por el frente	
Longitud Mínima para Mantenimiento Espacio si los Tubos se Sacan por el frente	
Longitud Mínima para Mantenimiento Espacio si los Tubos se Sacan por el frente	
Longitud Mínima del Cuerto de Puerta o Ventana Cambiar Flujos:	
Por la parte Frontal de la Caldera (m m)	
Por la Parte Trasera de la Caldera Cambiar Flujos:	
Peso de la Caldera (Con- sidérese la Máquina sin Vibraciones)	
Requerimientos Eléc- tricos	
Motor Bomba de Combustible Diesel	
Motor Bomba de Combustible Pesado	
Calefactor Eléctrico	
Compresor de Aire (espesor, cuerpo, Pí)	
Motor del Ventilador (a Nivel del Mar)	
Utilizando Gas	
Utilizando Aceite	

Fuente: Cleaver Brooks. *Catálogo* [en línea] <www.Cleaverbrooks.com>. Consulta: 25 de abril 2011.

Anexo 2. Características de la bomba de combustible



Fuente: Repuestos y accesorios para calderas Penberthy. *Catálogo* [en línea] <<http://www.penberthy.com.ar>>. Consulta: 17 de abril 2011.

Anexo 3. **Tabla de dimensiones para el tanque de agua de alimentación (condensado)**

Tanque tamaño (gal)	largo A	Ø B	C	D	E	baja presión/succión F	venteo G	alta presión/succión H	retorno I
50	3'-10"	1'-8"	1'-6"	1'-0"	8"	3"	¾"	2"	1"
90	3'-10"	2'-0"	1'-11"	1'-4"	8"	3"	¾"	2"	1"
150	4'-1"	2'-6"	2'-½"	1'-4"	8"	4"	1"	2"	1"
210	5'-0"	2'-8"	2'-6"	1'-6"	8"	4"	1 ½"	2"	1"
260	6'-3"	2'-8"	3'-1 ½"	2'-0"	8"	4"	1 ½"	2"	1 ¼"
315	5'-4"	3'-2"	2'-8"	2'-0"	8"	4"	1 ½"	2"	1 ¼"
400	5'-6"	3'-6"	2'-9"	2'-0"	8"	4"	2"	2"	1 ¼"
500	7'-0"	3'-6"	3'-6"	2'-0"	12"	4"	2"	2 ½"	2"
650	7'-0"	4'-0"	3'-6"	2'-0"	12"	4"	2 ½"	2 ½"	2"
750	8'-0"	4'-0"	4'-0"	2'-6"	12"	4"	2 ½"	3"	2"
1050	11'-3"	4'-0"	6'-½"	4'-0"	12"	4"	2 ½"	3"	2 ½"
1250	8'-6"	5'-0"	4'-3"	3'-0"	12"	4"	2 ½"	3"	2 ½"
1400	9'-6"	5'-0"	4'-9"	3'-0"	12"	4"	2 ½"	3"	2 ½"
1650	11'-2"	5'-0"	5'-7"	4'-0"	12"	6"	2 ½"	3"	3"

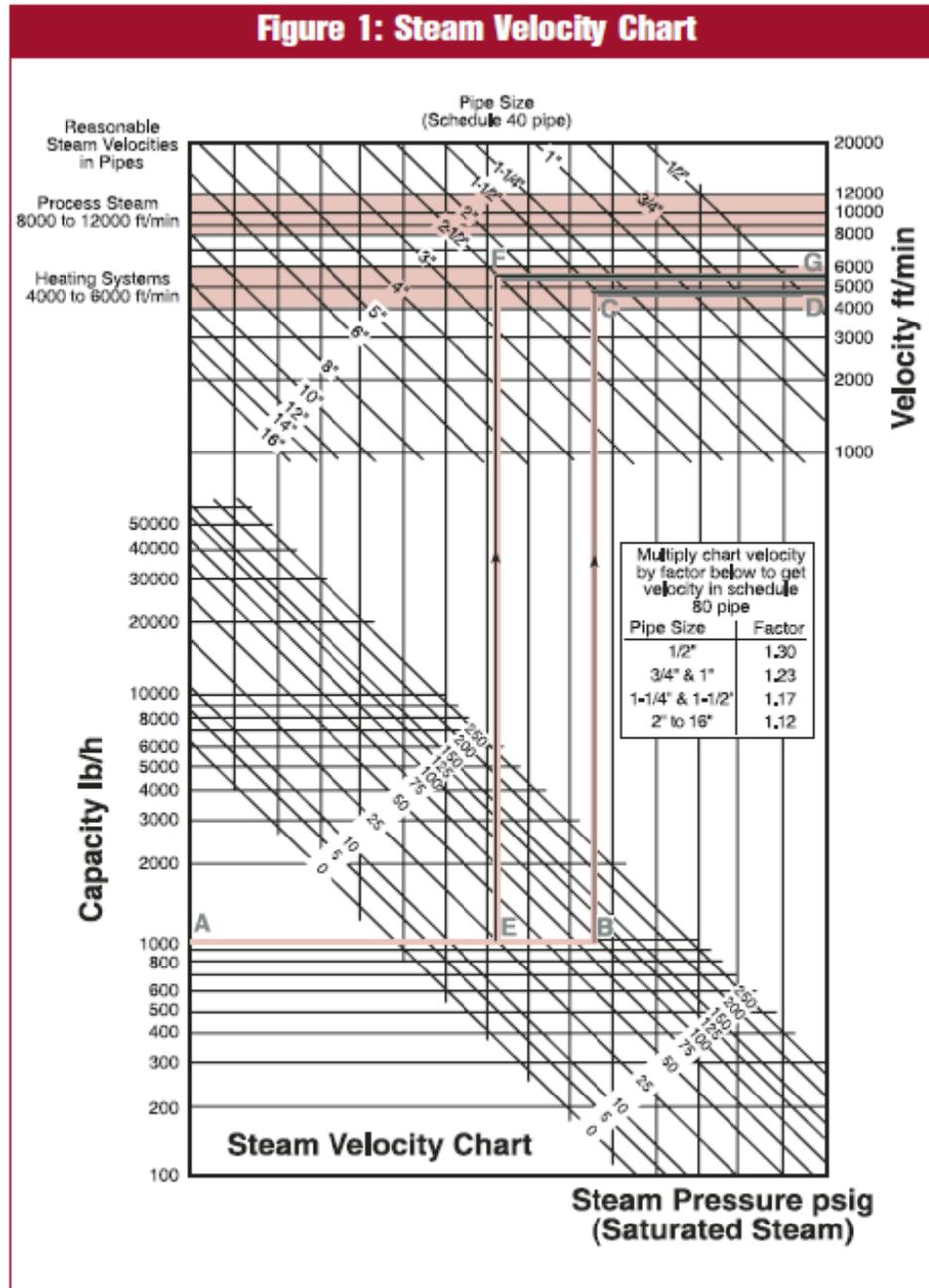
Fuente: DIAZ, Dennys. *Selección e Instalación de vapor para una fábrica de yogurt y de crema de leche*. p. 208.

Anexo 4. Características de la bomba de agua de alimentación

MATERIALES:		
Cuerpo: Fundición semi acero		Por pedido se construyen totalmente en:
Caras: Fundición semi acero		Bronce, Fundición semi acero, Aleaciones
Eje: Acero inoxidable AISI 410		Anticorrosivas.
Turbina: Bronce fosforoso		Bajo especificación del comprador se
Rodamientos: A bolillas blindados		equipan con: Sello mecánico, pintura Epoxi, tratamiento anticorrosivo.
MODELOS:		
Actualmente fabricamos los siguientes modelos de bombas según las necesidades a cubrir:		
Bombas para Calderas:		
Modelo	Caudal y Presión Nominal	Motor Tipo
PBSA	800 lts. @ 7 Kg/cm ²	380/50 HP : 1 @ 2845
PBA	900 lts. @ 8 Kg/cm ²	380/50 HP : 1 @ 2845
PBB	2.000 lts. @ 10 Kg/cm ²	380/50 HP : 2 @ 2845
PBC	3.000 lts. @ 10 Kg/cm ²	380/50 HP : 3 @ 2845
PBD	4.000 lts. @ 10 Kg/cm ²	380/50 HP : 4 @ 2845
PBK	5.000 lts. @ 10 Kg/cm ²	380/50 HP : 5,5 @ 2845
PB-1	3.300 lts. @ 10 Kg/cm ²	380/50 HP : 5,5 @ 2845
PB-2	5.000 lts. @ 10 Kg/cm ²	380/50 HP : 7,5 @ 2845
PB-3	6.000 lts. @ 10 Kg/cm ²	380/50 HP : 10 @ 2845
PB-4	11.000 lts. @ 10 Kg/cm ²	380/50 HP : 15 @ 2845
PA-1	1.600 lts. @ 10 Kg/cm ²	380/50 HP : 3 @ 1440
PA-2	3.200 lts. @ 10 Kg/cm ²	380/50 HP : 4 @ 2845
PA-3	4.200 lts. @ 10 Kg/cm ²	380/50 HP : 5,5 @ 1440
PA-4	7.800 lts. @ 10 Kg/cm ²	380/50 HP : 10 @ 1440
PH-1	Consultar	Consultar
PH-2	Consultar	Consultar
PH-3	Consultar	Consultar
PH-4	Consultar	Consultar
PH-5	Consultar	Consultar
PH-B	Consultar	Consultar
PH-C	Consultar	Consultar
PH-D	Consultar	Consultar

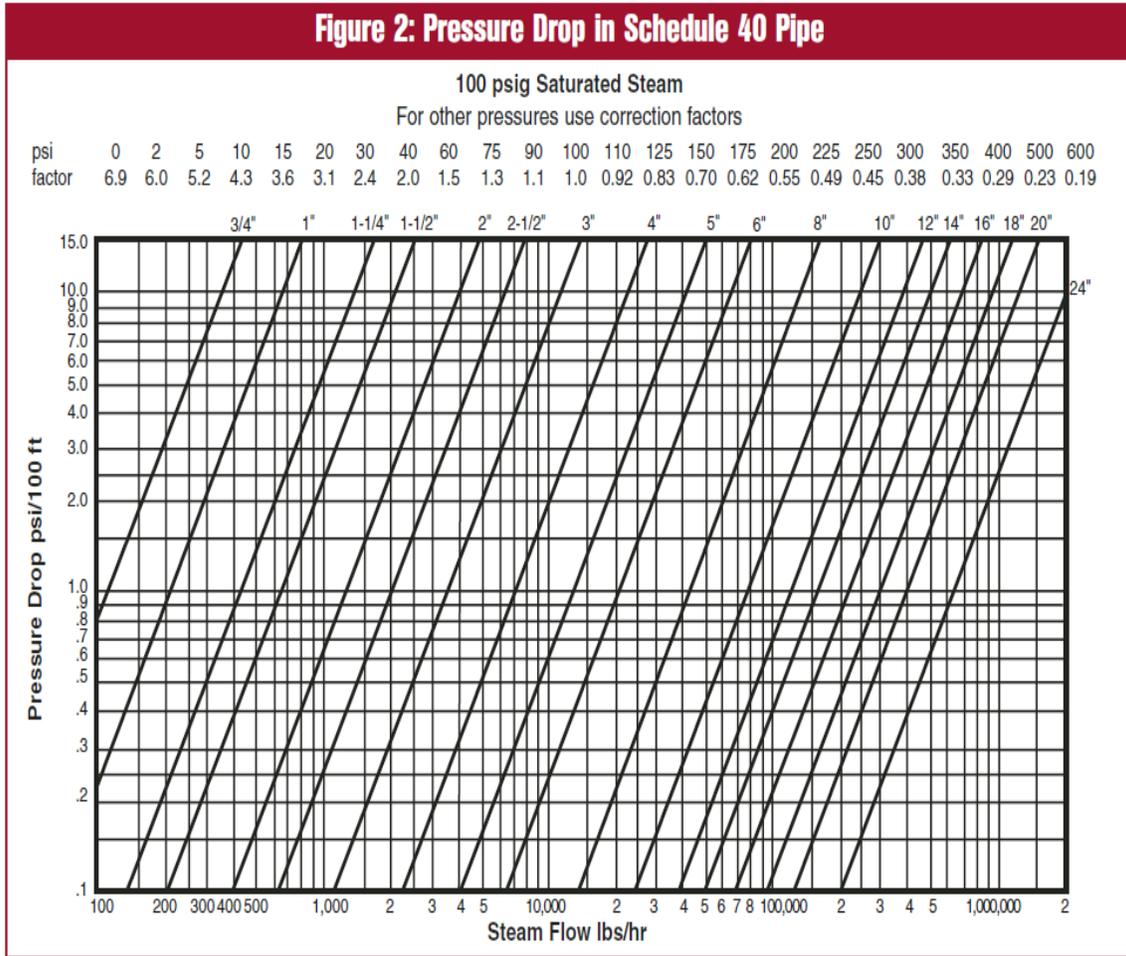
Fuente: Bombas de turbina Pelton. *Catálogo* [en línea] < <http://www.pelton.com.ar/esp/bombas.htm>>. Consulta: 22 de abril 2011.

Anexo 5. Diagrama para dimensionar tuberías de vapor



Fuente: Manual *Design of fluid systems* de Spirax Sarco.

Anexo 6. Diagrama para calcular caídas de presión



Fuente: Manual *Design of fluid systems* de Spirax Sarco.

Anexo 7. Características e instalación del aislamiento

✓ CAÑUELA AMPLIO RANGO

DESCRIPCIÓN

Lána de vidrio rígida, preformada en forma de medias cañas para aislar tuberías calientes y frías, con temperaturas hasta 454°C (850°F) y con diámetro nominal desde ½" hasta 12".

Disponible con y sin laminado de foil de aluminio FRK.

USO

Para aislar sistemas de tuberías, incluyendo las de transporte de vapor, calefacción, enfriamiento, agua para uso doméstico caliente, fría, sistemas sanitarios y tuberías especializadas en plantas de potencia y procesos industriales.

DIMENSIONES

Diámetro: Desde ½" hasta 12" en espesores de aislamiento desde 1" a 3".

Para especificar mayores espesores, diferentes a los nominales: Hasta 4", se puede usar 1 ó varias capas anidadas.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Conductividad térmica

0,035 W/°C.m². Valor típico (0,24 BTU.in/h.°F.ft²) a 75°F ASTM C518.

Temperatura máxima de aplicación

hasta 454 °C(850 °F) ASTM C411

Características de quemado superficial

Sin recubrimiento: FS/SD = 25/50
Con foil expuesto: FS/SD = 5/0

ABSORCIÓN DE LA HUMEDAD

Máximo 0,2% en volumen en 96 horas a 49°C (120°F) y 95% de humedad relativa.

EMPAQUE

Tapas de cartón con termoencogible



Continuación anexo 7

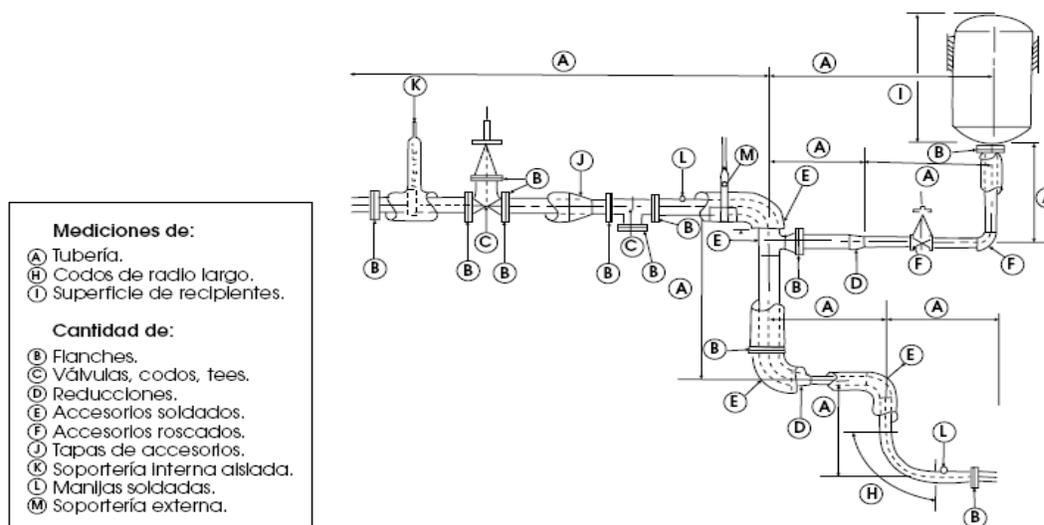
DIVISIÓN: **AISLAMIENTOS**
Febrero de 2000

INSTALACIÓN DE AISLAMIENTOS

Aislamiento sobre tubería

Los aislamientos sobre tuberías, representan la mayor parte de los trabajos de aislamiento comerciales e industriales.

Elementos de un aislamiento sobre tuberías

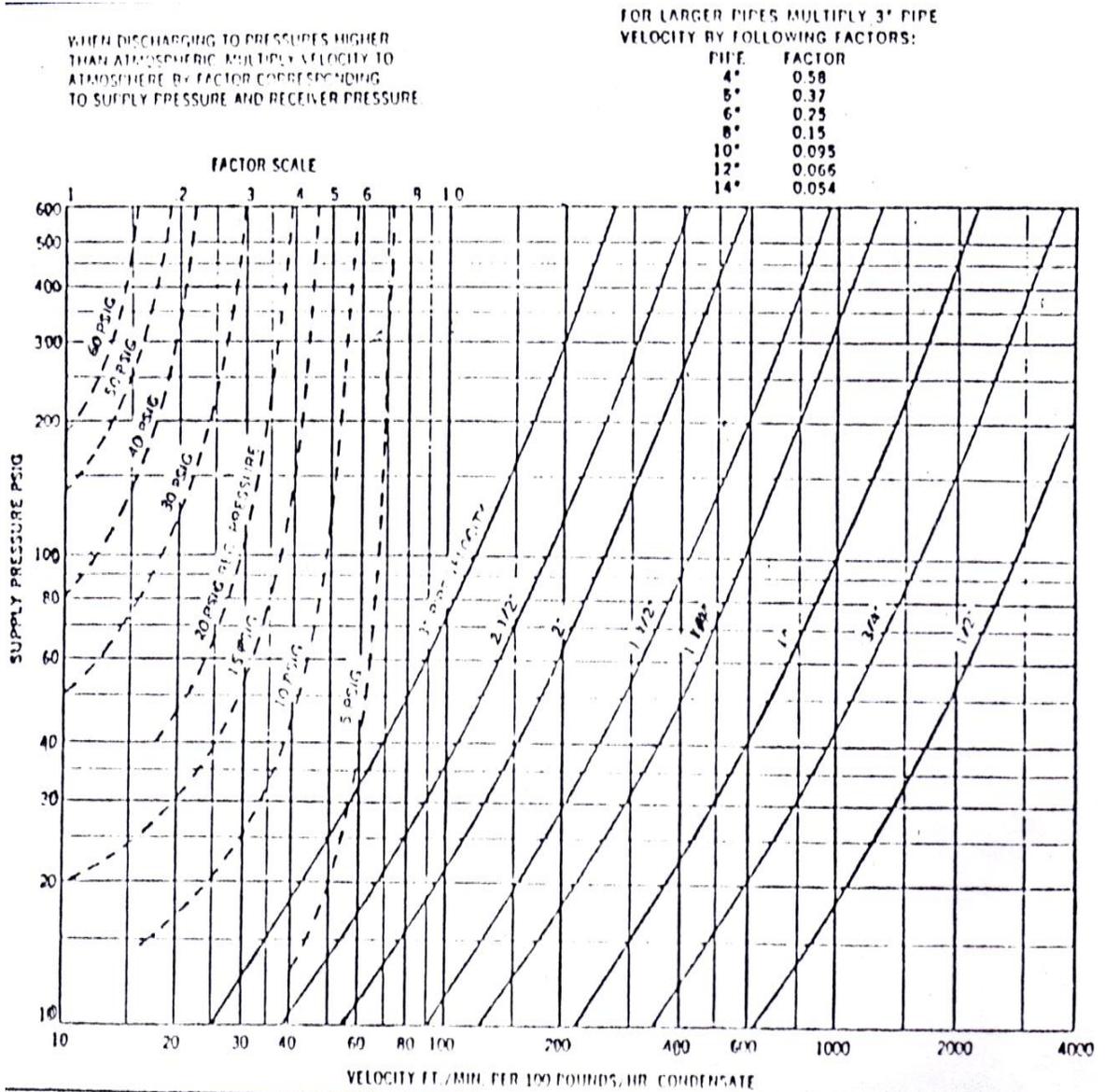


La mayoría de los sistemas de tuberías que requieren aislamiento están en un rango de temperaturas entre 32°F (0°C) hasta 1000°F (538°C), incluye las tuberías de sistemas comerciales de calefacción / ventilación / enfriamiento, sistemas sanitarios, agua doméstica caliente y fría, además las tuberías especializadas de plantas de potencia y procesos industriales.



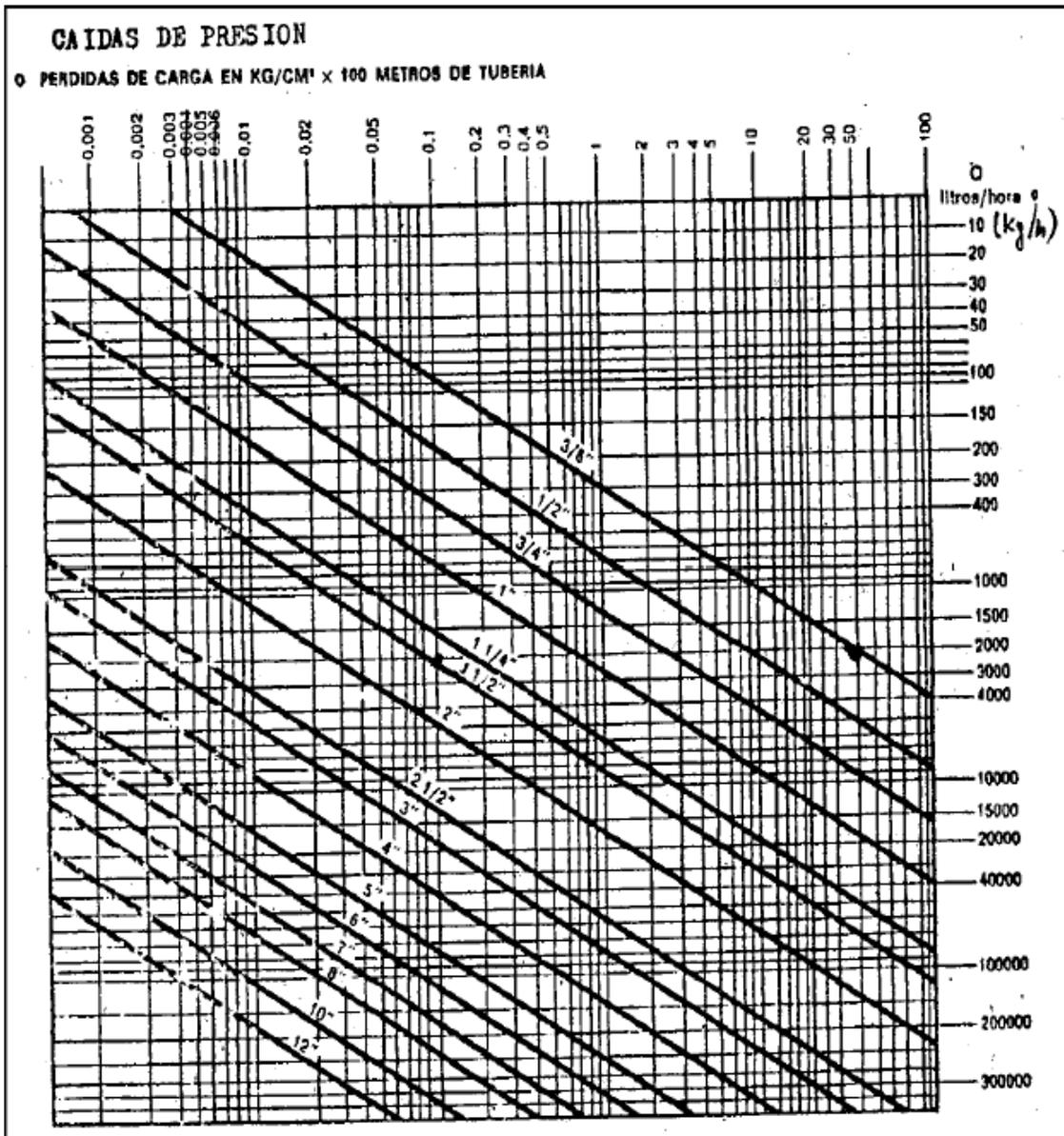
Fuente: Fiberglass. *Catálogo* [en línea] <www.fiberglasscolombia.com>. Consulta: 3 de mayo de 2011.

Anexo 8. Diagrama para dimensionar tuberías de retorno de condensado



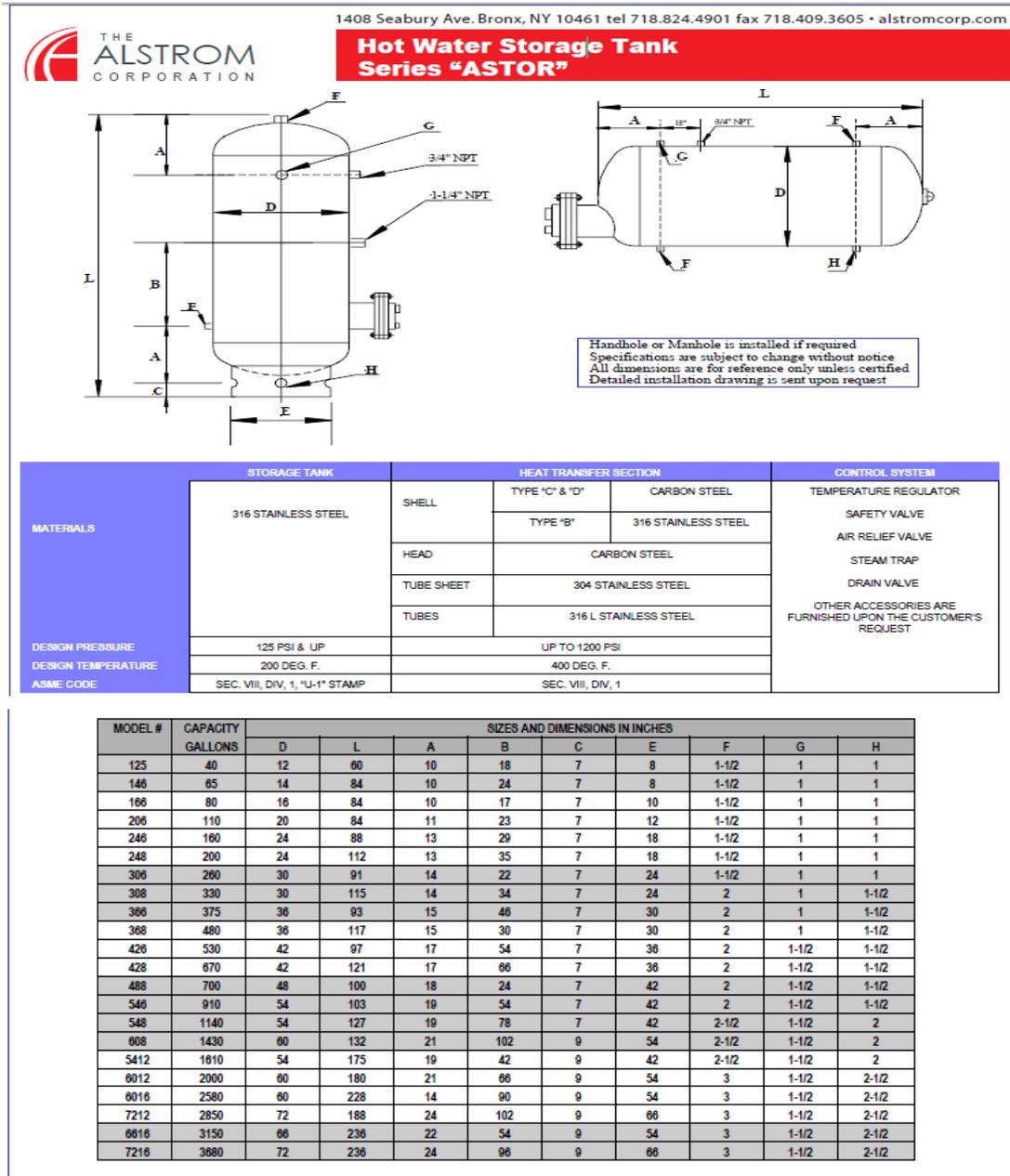
Fuente: Manual *Design of fluid systems* de Spirax Sarco.

Anexo 9. Diagrama caudal vrs. caída de presión (pérdidas de carga)



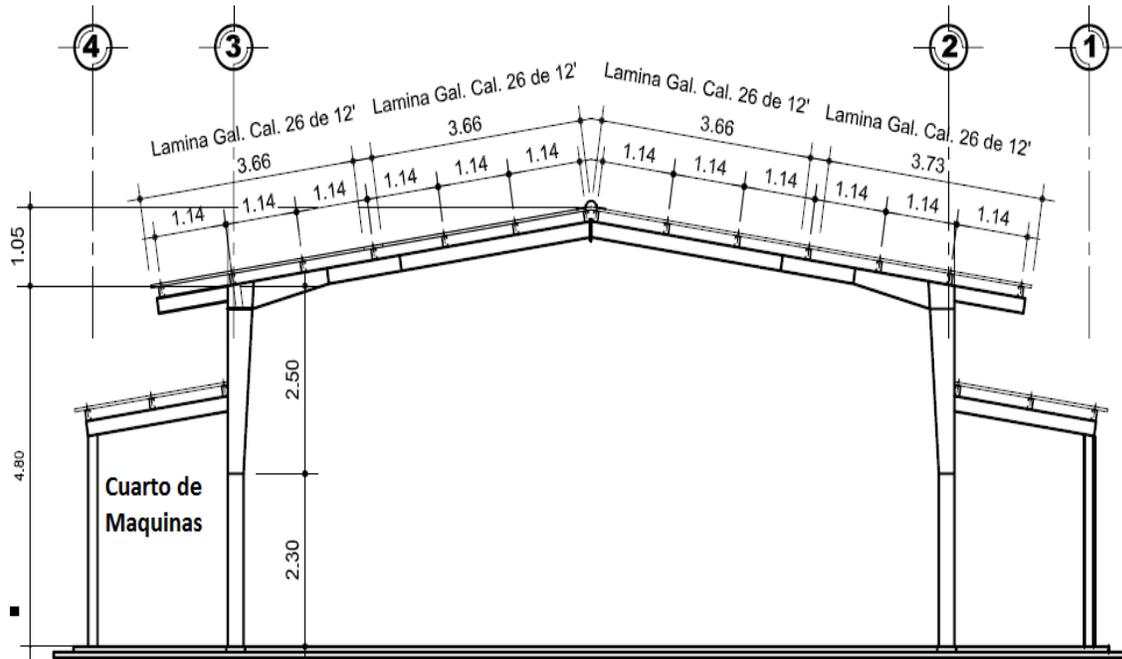
Fuente: Manual *Design of fluid systems* de Spirax Sarco.

Anexo 10. Tanque de almacenamiento de agua caliente



Fuente: Intercambiadores de calor Sidasa. *Catálogo* [en línea] <www.sidasa.com>. Consulta: 8 de mayo de 2011.

Anexo 11. Elevación lateral de la planta de destace



ELEVACIÓN ARMADO DE MARCO Esc: 1/100

Fuente: Municipalidad de Zaragoza, Chimaltenango.